

UCH MEZONLI DETERMINISTIK CHIZIQLI DASTURLASH MASALASI UCHUN DASTURIY MAJMUA ISHLAB CHIQLASH

N.U.Uteuliev – fizika-matematika fanlari doktori, professor

A.B.Orinbaev – texnika fanlari bo'yicha falsafa doktori

Nukus davlat texnika universiteti

Z.B.Madreyeva – tayanch doktorant

Berdaq nomidagi Qoraqalpog' davlat universiteti

Tayanch so'zlar: chiziqli dasturlash, dasturiy majmua, ko'p mezonli optimallashtirish, Pareto tahlili.

Ключевые слова: линейное программирование, программный комплекс, многокритериальная оптимизация, анализ Парето.

Key words: linear programming, software package, multi-objective optimization, Pareto analysis.

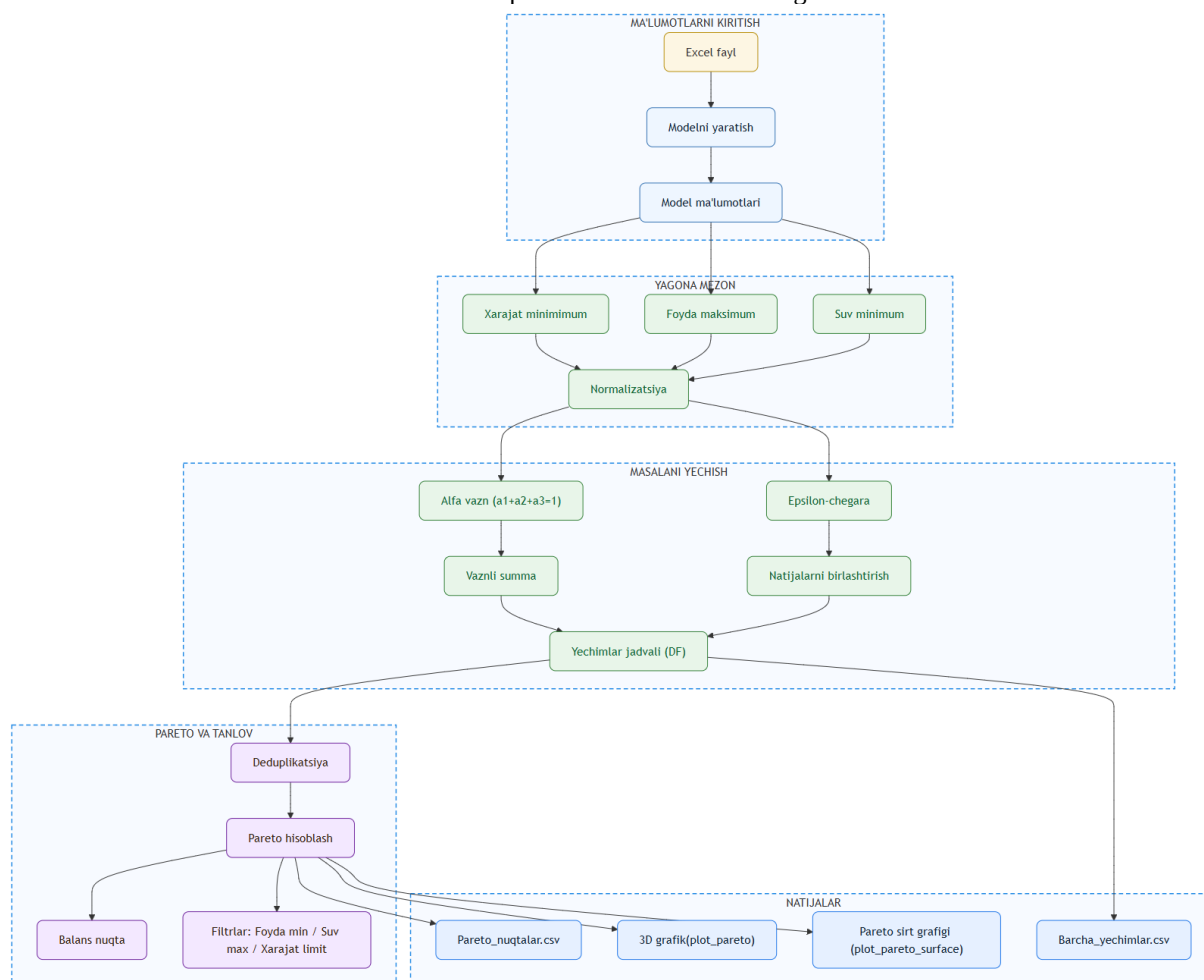
Kirish. Qishloq xo'jaligida, xususan chuchuk suvdan oqilona foydalanish iqtisodiy va ekologik barqarorlikni ta'minlash uchun ustuvor masalalardan biridir. Chunki dunyo miqyosida chuchuk suv sarfining qariyb 70 foizi mazkur sohaga to'g'ri keladi [1]. Shu bois qarama-qarshi maqsadlarni muvozanatlashtiruvchi ko'p mezonli optimallashtirish yondashuvlari keng qo'llanilmoqda. Ekin tarkibini rejalashtirishda suv sarfini minimallashtirish va daromadni maksimallashtirish ko'p maqsadli chiziqli dasturlash (ChD) modeli hamda vazn koeffitsiyentlari orqali tahlil qilinadi [2]. Noaniqlik sharoitida stoxastik cheklovli va noravshan intervalli ChD barqaror yechimlar beradi [3]. Ko'p yillik almashlab ekish muammolari uchun ko'p mezonli aralash butun-chiziqli dasturlash masalasi [4], shuningdek ekin-chorvachilik integratsiyasi uchun resurslarni kompleks taqsimlash samarali ekanligi ko'rsatilgan [5].

Keltirilgan adabiyotlar tahlili shuni ko'rsatadiki, qishloq xo'jaligi rejalashtirishida ko'p mezonli ChD modellari – xarajatlarni minimallashtirish, foydani maksimallashtirish va suv sarfini minimallashtirish kabi maqsadlarni

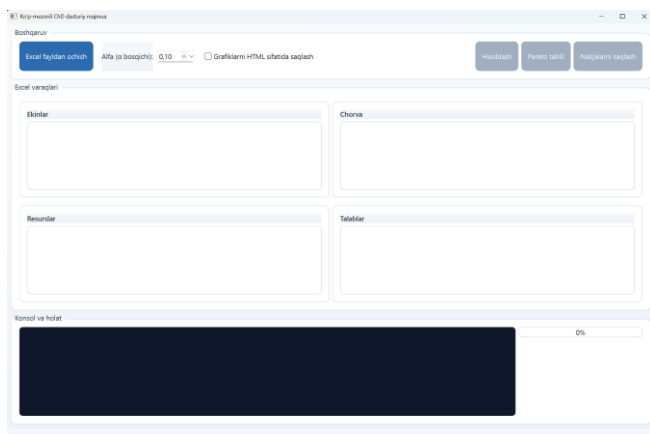
birlashtirishda – tushunarli, hisoblash jihatidan samarali hisoblanadi. Shu bois mazkur maqolada aynan uch mezonli ChD masalasi asosida dasturiy majmua ishlab chiqilib, real cheklovlar ostida tejamkor va iqtisodiy jihatdan maqbul yechimlarni olish bo'yicha yondashuv taklif etiladi.

Masalaning qo'yilishi. Mazkur tadqiqotda [6] ishda taklif etilgan qishloq xo'jaligi uchun uch mezonli deterministik ChD modeli qaratiladi. Qaror o'zgaruvchilari ekin turlari bo'yicha yer taqsimoti va chorvachilik bosh sonlari bilan ifodalanadi. Model uch maqsad funksiyasidan iborat: xarajatlarni minimallashtirish, daromadni maksimallashtirish, suv sarfini minimallashtirish. Ushbu maqolaning farqli jihati shundaki, [6] da keltirilgan matematik model asosida foydalanuvchi uchun dasturiy majmua ishlab chiqiladi va sonli tajribalar o'tkazilib, Pareto tahlili amalga oshiriladi.

Dasturiy majmua va funksional tuzilma. Dasturiy majmua python dasturlash tilida ishlab chiqilgan bo'lib, uning funksional tuzilmasi 1-rasmda, asosiy oynasi 2-rasmda keltirilgan.



1-rasm. Dasturiy majmuaning funksional tuzilmasi



2-rasm. Dasturiy majmuaning asosiy oynasi

1-rasmda keltirilgan funksional tuzilma quyidagicha ishlaydi: avvalo Excel fayldan ma'lumotlar olinib, "Modelni yaratish" bosqichida indekslar, cheklovlar va uch maqsad vektorlari – xarajat, foyda hamda suv (ya'ni "Model ma'lumotlari") shakllantiriladi. So'ng "Yagona mezon" bosqichida ketma-ket "xarajatni minimallashtirish", "foydani maksimallashtirish" va "suv sarfini minimallashtirish" masalalari yechilib, mezonlar diapazoni normalizatsiya qilinadi. "Masalani yechish" bosqichida α -vazn koeffitsiyentlari asosida vaznli summa (yoki ε -chegara) usuli qo'llanib, barcha yechimlar "Yechimlar jadvali (DF)" ko'rinishida jamlanadi. Keyingi "Pareto va tanlov" bosqichida takrorlanuvchi yechimlar deduplikatsiya qilinadi, Pareto samarali nuqtalar ajratib olinadi, ulardan balans nuqta aniqlanadi hamda amaliy filtrlar (masalan, foyda minimal chegarasi, suv maksimal limiti, xarajat bo'yicha cheklov) orqali yechimlar to'plami qisqartiriladi. "Natijalar" bosqichida esa umumiy yechimlar "Barcha yechimlar.csv", Pareto to'plami "Pareto nuqtalar.csv" ko'rinishida saqlanadi va vizualizatsiya uchun 3D nuqta grafik hamda Pareto sirt grafigi hosil qilinadi.

Hisoblash tajribalari. Tajriba ma'lumotlari fermer xo'jaliklari kesimida ekinlar va chorvachilik parametrlaridan, shuningdek resurs cheklovlari va talab ko'rsatkichlaridan iborat bo'lib, quyida keltirilgan to'rt jadvalda taqdim etiladi.

1-jadval. Fermer xo'jaliklaridagi ekin ma'lumotlari

Fermer	Ekin	Hosildorlik (t/ga)	Narx (so'm/t)	Tan-narx (so'm/t)	Suv (m ³ /ga)	Mehnat (soat/ga)	Yem xa-shak (kg)
F1	Bug'doy	5,2	3 000 000	1 100 000	6500	1000	200
F1	Paxta	2,6	7 500 000	2 200 000	7200	600	200
F2	Bug'doy	4,8	3 000 000	1 080 000	6450	1000	200
F2	Kartoshka	25,0	6 000 000	1 500 000	6000	150	80

2-jadval. Fermer xo'jaliklaridagi chorva ma'lumotlari

Fermer	Chorva	Daromad (so'm/bosh yil)	Tannarx (so'm/bosh yil)	Suv (m ³ /bosh yil)	Mehnat (soat/bosh yil)	Yem – DM (t/bosh yil)
F1	Sigir	7 500 000	3 300 000	55,0	50	7,5
F1	Qo'y	550 000	120 000	2,5	3	0,6
F2	Sigir	7 500 000	3 300 000	55,0	50	7,5
F2	Qo'y	550 000	120 000	2,5	3	0,6

3-jadval. Fermer xo'jaliklaridagi yer va mehnat resurslari

Fermer	Yer (ga)	Mehnat fondi (soat/yil)
F1	400	25 000
F2	300	30 000

4-jadval. Ekin va chorva mollariga bo'lgan talablar

Fermer	Kategoriya	Nomi	Talab	Birlik
Fermer1	Ekin	Bug'doy	108	Tonna
Fermer1	Ekin	Paxta	20	Tonna
Fermer1	Chorva	Sigir	40	Bosh
Fermer1	Chorva	Qo'y	120	Bosh
Fermer2	Ekin	Bug'doy	100	Tonna
Fermer2	Ekin	Kartoshka	40	Tonna
Fermer2	Chorva	Sigir	35	Bosh
Fermer2	Chorva	Qo'y	100	Bosh

1-jadvalda har bir fermer uchun ekin hosildorligi, sotuv narxi, tannarxi, suv normasi, mehnat sarfi keltirilgan. 2-jadvalda har bir fermer uchun chorva turi bo'yicha daromad, tannarx, suv sarfi, mehnat sarfi hamda yem ozuqa talabi berilgan. 3-jadvalda har bir fermer uchun yer resursi va yillik mehnat fondi keltirilgan. 4-jadvalda esa ekin va chorva mahsulotlariga tegishli talab miqdorlari va birliklari ko'rsatilgan.

Natijalar va tahlil.

Har bir maqsadni alohida yechish. Natijalarni bazaviy tahlil qilish uchun model har bir maqsad bo'yicha alohida optimallashtirildi. 5-jadvalda uchta ekstremal yechim va tanlangan vaznlar bilan olingan yechimlar keltirilgan.

5-jadval. Har bir maqsad funksiyani yechishdan olingan natijalar

Yechimlar	f_1 : xarajat (mln so'm)	f_2 : daromad (mln so'm)	f_3 : Suv (m ³)
Xarajat-min	168.2	1 032	193 002
Daromad-maks	447.1	28 920	1 308 815
Suv-min	168.2	1 032	193 002
Vaznli (0.4,0.3,0.3)	168.2	1 032	193 002

Bunda 5-jadvaldan ko'rinadiki, Xarajat-min va suv-min yechimlari bir xil reja bilan chiqdi: $f_1 = 168.2$ mln so'm, $f_3 = 193 002$ m³. Bu suv va xarajat rejası yuqori darajada mos ekanini bildiradi, ya'ni suvni tejovchi tanlov xarajatni ham minimal qiladi. Daromad-maks yechimida foyda $f_2 = 28.92$ mlrd so'mga yetadi, biroq suv $f_3 = 1 308 815$ m³ va xarajat $f_1 = 447.1$ mln so'mga keskin oshadi. Vaznli yechimda ($\alpha = 0.4, 0.3, 0.3$) normalizatsiyalangan yig'indi $F \approx 0.28-0.30$ bo'ldi, yechim Xarajat-min/Suv-min bilan ustma-ust tushdi. Ekstremal yechimlar o'rtasidagi farq suv va foyda o'rtasida keskin savdoni ko'rsatadi. Ya'ni foydani 28.9 mlrd so'mgacha oshirish uchun suv sarfi 7 marta, xarajat 2.7 marta ko'tariladi.

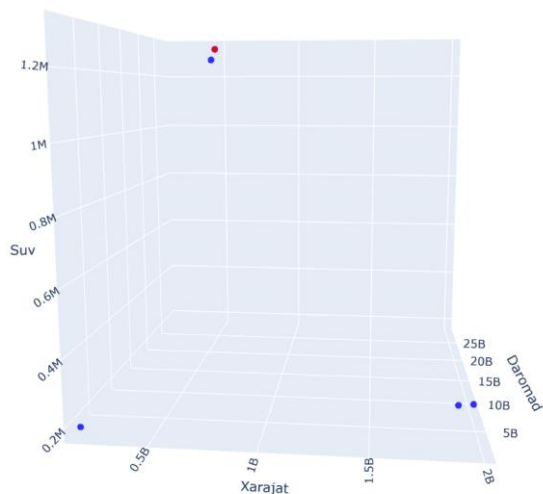
Yagona mezon va Pareto tahlili. Vaznlar $\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3$ 0.1 qadam bilan $\alpha_1 + \alpha_2 + \alpha_3 = 1$ shartga mos 66 ta kombinati-siyada qaraldi. Ushbu to'plamdan 6 ta namuna nuqtaning 5 tasi Pareto-samarali (dominant bo'lmagan) bo'ldi. 6-jadval mazmunli to'rtta Pareto nuqtani ko'rsatadi.

6-jadval. Pareto nuqtalaridan namunalar

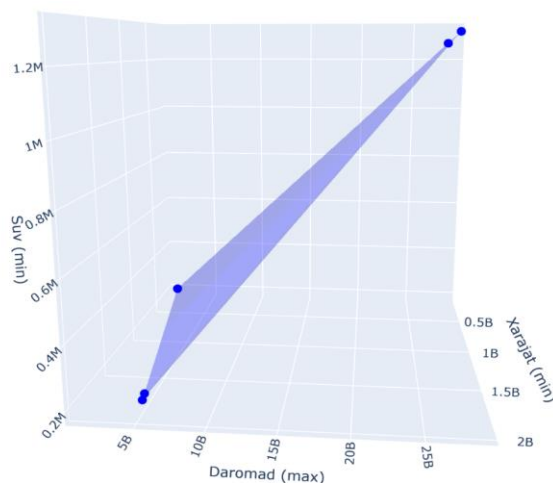
α_1	α_2	α_3	Xarajat (mln so'm)	Daromad (mln so'm)	Suv (m³)
0.0	0.0	1.0	168.2	1 032	193 002
0.0	0.2	0.8	1 919	5 303	231 409
0.0	0.3	0.7	1 992	5 476	233 173
0.6	0.4	0.0	447.1	28 920	1 308 815

6-jadvalda suv-ustuvor zonada (α_3 yuqori) suv ~200-230 ming m³ diapazonda bo'ldi, lekin foyda 1.0 mlrd dan 5.3-5.5 mlrd so'mgacha ko'tariladi, buning evaziga xarajat 0.17 mlrd dan 2 mlrd so'mgacha oshadi. Iqtisodiy zonada (α_2 yuqori) foyda 28-29 mlrd so'mga yetadi, biroq suv 1.26-1.31 mln m³ va xarajat ham yuqori. Burchak yechimda (α_1 yoki α_3 ustun) xarajat va suv minimal bo'lganda foyda eng ko'rsatkichga ega bo'ldi.

3D fazodagi nuqtalar yoyilmasini 3-rasm (a) da, shu nuqtalardan hosil qilingan qavariq sirt (Pareto sirti) esa 3-rasm (b) da keltirilgan.



a) Ekstremal va vaznli nuqtalar



b) Maqsadlar fazosida Pareto sirti

3-rasm. Xarajat-Daromad-Suv fazosidagi yechimlar

3-rasmdan ko'rish mumkinki, Daromad-maks yechimida ekin-yem va chorvachilik miqyosi kengayishi hisobiga foyda keskin oshadi, shu bilan birga suv sarfi ham eng yuqori qiymatga chiqadi. Aksincha, Xarajat/Suv-min rejada ekin tarkibi tejankor kombinatsiyaga to'planadi, chorvachilik darajasi talabni qondirish bilan chegaralanadi, natijada foyda past bo'ldi. Siyosiy yoki iqlimiy suv cheklovi kuchli bo'lsa, α_3 – ustuvor tanlov (masalan, 0; 0.2; 0.8) maqsadga muvofiq: suvni +20% atrofida oshirish evaziga foyda 5 karra ko'payadi (xarajatlarni ham 10 karra ortishini inobatga olish zarur). Iqtisodiy maqsad ustun bo'lsa, α_2 – ustuvor tanlovda, suv boshqaruvi (kvotalar, tariflar) bilan muvofiqlik talab etiladi.

Xulosa. Maqolada qishloq xo'jaligi uchun uch mezonli deterministik ChD masalasini yechishga mo'ljallangan dasturiy majmua va uning funksional tuzilmasi ishlab chiqildi hamda hisoblash tajribalari o'tkazildi. Natijalar shuni ko'rsatadiki, suv tanqis hududlarda suv mezonini ustuvorlashtirish va tejankor texnologiyalarni qo'llash maqsadga muvofiq. Iqtisodiy o'sish ustuvor bo'lgan holatlarda esa daromad mezonini ustuvor qilish, suv samaradorligi bo'yicha minimal talablarni belgilash hamda ekin-chorva tarkibini mahalliy sharoitga mos ravishda qayta tuzish tavsiya etiladi.

Adabiyotlar

1. Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO). Water and One Health. // One Health: Areas of work. [Elektron resurs].
2. Hacısüleyman V., Özger M. Multi-objective cropping pattern optimization and comparative assessment with the food-energy-water nexus. // Water Supply. 2024. Vol. 24. –P. 4077-4093.
3. Yin R., Jin L., Fu H., Fan Y., Zhang X., Wang L. Integrated multi-objective chance-constrained fuzzy interval linear programming model with principal component analysis for optimizing agricultural water resource management under uncertainties. // Water Supply. 2024. Vol. 24. –P. 2427-2450.
4. Pontes R.D.S.G., Brandão D.N., Usberti F.L., de Assis L.S. Multi-objective models for crop rotation planning problems. // Agricultural Systems. 2024. Vol. 219. –P. 104050.
5. Chen X., He Z., Wu H., Wen C., Tao T., Yang X., Tang Y., Guo H., Yu H. Multi-Objective Optimization of Integrated Crop–Livestock Systems: Exploring Resource Allocation Based on Emergy Evaluation. // Sustainability. 2023. Vol. 15. –P. 8771.
6. Uteuliev N.U., Orinbaev A.B., Madreymova Z.B. Qishloq xo'jaligidagi uch mezonli optimallashtirish masalasining matematik modeli va uning sifatli tahlili. // Muhammad al-Xorazmiy avlodlari. 2025. Vol. 2 (32). 183-186-b.

REZYUME. Ushbu maqola qishloq xo'jaligida xarajat-daromad-suv mezonlari bo'yicha uch mezonli chiziqli dasturlash masalasi uchun dasturiy majmua ishlab chiqish va uni hisoblash tajribalari orqali baholashga bag'ishlangan. Olingan yechimlar Pareto tahlili asosida baholandi.

РЕЗЮМЕ. Данная статья посвящена разработке программного комплекса для задачи трёхкритериального линейного программирования в сельском хозяйстве по критериям затраты-доход-вода и его оценке посредством вычислительных экспериментов. Полученные решения были оценены на основе анализа Парето.

SUMMARY. This article is devoted to developing a software package for a three-objective linear programming problem in agriculture based on the cost-profit-water criteria and to evaluating it through computational experiments. The obtained solutions were evaluated using Pareto analysis.