

Ushbu ishlab chiqilgan parallel hisoblash algoritmi asosida Python dasturlash tizimida dastur tuzilgan va hisoblash tajribalari o'tkazilgan. Hisoblashda sonli usulda olingan natijalar aniq yechimlar bilan taqqoslangan. MATLAB tizimida tuzilgan ushbu paralel hisoblash algoritmi va dasturni barcha matematik modeli yuqorida keltirilgan parabolik tipdagi chegaraviy masalalarga keluvchi masalalarni yechishda qo'llash mumkin. Masalan, issiqlik tarqalish va diffuziya, suyuqlik va gazlarning bo'shliq qatlamlarida filtratsiya masalasini yechishda ham qo'llash mumkin.

Foydalanilgan adabiyotlar

1. К.Г.Жаббаров, Ф.А. Рахманов «Анализ эффективности производства и реализации сельскохозяйственной продукции АПК» М. ИУСЭР .ISSN 2225-1545. "Экономика и социум" №2(117) 2024 www.iupr.ru
2. Жаббаров К.Г. Моделирование развития производства и распределения сельскохозяйственной продукции АПК региона. Диссертации.- Тошкент- 1991
3. Жаббаров, К. Г. (2020). экономическое-математическое моделирование в экономических исследований. академическая публицистика, (8), 49-52.
4. Юсупбеков Н.Р. Математическое моделирование технологических процессов.-Учебное пособие. ТашГТУ, 1989.
5. Ибрагимов, З. З., & Ибрагимова, Н. А. (2021). Создание лазерного фотограмметрического сканера с дополнительным геометрическим порядком. *Экономика и социум*, (11-1 (90)), 1032-1035.
6. Комиссаров Ю.А., Глебов М.Б., Гордеев Л.С., Вент Д.П. Химико-технологические процессы. Теория и эксперимент. - М.: Химия, 2002.
7. Кафаров В.В. Методы кибернетики в химии и химической технологии: Учебное пособие. -4-изд. -М.: Химия, 1984.
8. Юсупбеков Н.Р., Маннанов У.В., Гулямов Ш.М. Моделирование совмещенных реакционно-разделительных процессов-Ташкент: ТашГТУ, 1999.
9. Ахназарова С.Л., Кафаров В.В. Оптимизация эксперимента в химии и химической технологии.-М.-Химия,1985.
10. Ануфриев И.Е., Смирнов А.Б., Смирнова Е.Н. MATLAB 7.- СПб:БХВ-Петербург,2005.
11. Дьяконов В.П., MATLAB + Simulink 4/5. Основы применения. Полное руководство пользователя-М:
12. Данилов А.И. Компьютерный практикум по курс «Теория управления». Simulink-моделирование в среде MATLAB-М:МГУИЭ, 2002.
13. Дьяконов В.П., Луралов В. MATLAB. Анализ, идентификация и моделирование систем. Специальный справочник.-Спб. Питер, 2002.

SUV TANQISLIGI SHAROITIDA FERMERLAR UCHUN ADOLATLI LIMIT SHAKLLANTIRUVCHI EKSPERT TIZIM ALGORITMI

Qudaybergenov A.A.¹,

¹PhD, dotsent, Mirzo Ulug'bek nomidagi O'zbekiston Milliy universiteti doktranti,
adilbaygm@gmail.com

Qazimbetova M.M.²

²PhD, Berdax nomidagi Qoraqalpoq davlat universiteti doktranti, Nukus, O'zbekiston
qazimbetovamuxabbad@gmail.com

Ispanova J.P.³

³Berdax nomidagi Qoraqalpoq davlat universiteti tayanch doktranti, Nukus, O'zbekiston
paraxatovna1996@gmail.com

Annotatsiya. Maqolada suv tanqisligi sharoitida fermerlar uchun adolatli limit shakllantirishga mo'ljallangan ekspert tizim algoritmi taklif etilgan. Kirish qismida suv taqsimlash masalasining dolzarbligi va mavzuga oid ilmiy yondashuvlar tahlil qilingan. Metodlar blokida mezonlar, qoidalar bazasi va matematik ifodalar asosida qaror qabul qilish tartibi berilgan. Natijalar qismida algoritmnining limitni avtomatik, izchil va shaffof tarzda belgilash imkoniyati ko'rsatilgan.

Kalit so'zlar: suv tanqisligi, suv taqsimlash, adolatli limitlash, ekspert tizim, algoritim, fermer xo'jaliklari.

ALGORITHM OF AN EXPERT SYSTEM FOR FORMING FAIR LIMITS FOR FARMERS UNDER WATER SCARCITY CONDITIONS

Kudaybergenov A.A.¹,

¹PhD, Associate Professor, Doctoral Student of the National University of Uzbekistan named after Mirzo Ulugbek, Tashkent, Uzbekistan

Kazimbetova M.M.²,

²PhD, Doctoral Student of Berdakh Karakalpak State University, Nukus, Uzbekistan

Ispanova J.P.³

³Basic Doctoral Student of Berdakh Karakalpak State University, Nukus, Uzbekistan

adilbaygm@gmail.com; gazimbetovamuxabbad@gmail.com; paraxatovna1996@gmail.com

Abstract. The article proposes an expert system algorithm designed to form fair water limits for farmers under conditions of water scarcity. The introduction analyzes the relevance of the water allocation problem and reviews scientific approaches related to the topic. The Methods section presents the decision-making procedure based on criteria, a rule base, and mathematical expressions. The Results section demonstrates the algorithm's ability to determine limits automatically, consistently, and transparently.

Keywords: water scarcity, water allocation, fair limiting, expert system, algorithm, farms

АЛГОРИТМ ЭКСПЕРТНОЙ СИСТЕМЫ ФОРМИРОВАНИЯ СПРАВЕДЛИВЫХ ЛИМИТОВ ДЛЯ ФЕРМЕРОВ В УСЛОВИЯХ ДЕФИЦИТА ВОДЫ

Кудайбергенов А.А.¹,

¹PhD, доцент, докторант Национального университета Узбекистана имени Мирзо Улугбека, Ташкент, Узбекистан

Казымбетова М.М.²,

²PhD, докторант Каракалпакского государственного университета имени Бердаха, Нукус, Узбекистан

Испанова Ж.П.³

³Базовый докторант Каракалпакского государственного университета имени Бердаха, Нукус, Узбекистан

adilbaygm@gmail.com; gazimbetovamuxabbad@gmail.com; paraxatovna1996@gmail.com

Аннотация. В статье предложен алгоритм экспертной системы, предназначенный для формирования справедливых лимитов для фермеров в условиях дефицита воды. Во введении проанализированы актуальность задачи распределения воды и научные подходы, относящиеся к данной тематике. В разделе «Методы» представлен порядок принятия решений на основе критериев, базы правил и математических выражений. В разделе «Результаты» показана возможность алгоритма автоматически, последовательно и прозрачно определять лимиты.

Ключевые слова: дефицит воды, распределение воды, справедливое лимитирование, экспертная система, алгоритм, фермерские хозяйства.

Kirish. Hozirgi sharoitda irrigatsiya tarmoqlarida suv resurslarini taqsimlash masalasi faqat gidravlik yoki dispatcherlik vazifasi emas, balki iqtisodiy samaradorlik, energetik xarajatlar, ekinlarning biologik ehtiyoji va fermerlar o'rtasidagi adolat tamoyilini bir vaqtda hisobga oladigan ko'p omilli

boshqaruv masalasiga aylandi. Ayniqsa suv tanqisligi kuchaygan davrlarda mavjud suvni kimga, qancha va qaysi mezon asosida ajratish kerakligi amaliyot uchun hal qiluvchi ahamiyatga ega bo'ladi. Shu bois suv taqsimotini shaffof, tushuntiriladigan va qoidaga asoslangan shaklda tashkil etishga qaratilgan yondashuvlarga ehtiyoj ortib bormoqda [1–4].

Ushbu yo'nalishdagi mavjud tadqiqotlar orasida, avvalambor, nasos stansiyalari darajasida suv yetkazib berish jarayonlarini modellash va optimallashtirishga bag'ishlangan ishlar muhim o'rin tutadi. Rakhimov va hammualliflar yirik nasos stansiyalarida suv uzatish jarayonlarini algebraik model asosida ifodalab, nasos agregatlari ish rejimi, bosim va samaradorlik ko'rsatkichlarini hisobga olgan holda optimal boshqaruv g'oyasini ilgari surgan. Bu ish suv taqsimotining manba tomonidagi shakllanish bosqichini tushunish uchun muhim bo'lsa-da, unda fermer darajasidagi adolatli limitlash masalasi alohida qo'yilmagan [1].

Kabulov va hammualliflar esa magistral kanallarda suvni optimal taqsimlash masalasini Sen-Venan tenglamalari va chekli ayirmalar usuli orqali ko'rib chiqqan. Mualliflar diskret suv yetkazib berish sharoitida kanal uchastkalari bo'yicha oqim va suv sathining beqaror dinamikasini hisobga olish zarurligini ko'rsatadi. Mazkur yondashuv gidravlik reallikni ta'minlaydi va kanal bo'ylab taqsimotni fizik jihatdan asoslashga xizmat qiladi, ammo amaliyotda qaror qabul qiluvchi shaxs uchun oddiy va tushunarli limitlash qoidalarini tuzish masalasi ochiq qoladi [2].

Rakhimov va hammualliflar suv omborining mavsumiy tartibga solish imkoniyatlari bilan bog'langan holda katta magistral kanallar va nasos stansiyalari kaskadi uchun suv resurslarini boshqarish algoritmlarini taklif qilgan. Ushbu ishda ombor–kanal–nasos zanjiri darajasida optimal boshqaruv mezonlari va algoritmlari ishlab chiqilgan bo'lib, u tizimning yuqori darajadagi boshqaruv konturini ifodalaydi [3]. Demak, [1–3] ishlar suv taqsimlash masalasining manba, tashish va tartibga solish bosqichlarini yaxshi yoritadi; ammo ulardan fermerlar uchun defitsit sharoitida tushuntiriladigan va adolatli limit shakllantiruvchi ekspert qoidalar tizimi to'g'ridan-to'g'ri kelib chiqmaydi.

Suv taqsimotida adolat va samaradorlik o'rtasidagi ziddiyat masalasi klassik adabiyotlarda ham ko'tarilgan. Kalu, Paudyal va Gupta irrigatsiya suvini taqsimlash siyosati bir vaqtning o'zida ham samarali, ham adolatli bo'lishi kerakligini ko'rsatgan va bosh qismi hamda oxirgi qismida joylashgan iste'molchilar manfaatlarini bir xil emasligini ta'kidlagan [4]. Keyingi tadqiqotlarda bu g'oya amaliy modellar bilan boyitildi. Kanooni va Monem kanal va dala tizimlarini birgalikda ko'ruvchi bosqichma-bosqich optimal taqsimlash yondashuvini taklif qildi [5]. Kamal va hammualliflar yirik sholi sug'orish tizimi uchun suv taqchilligida teng ulushda qisqartirish emas, balki ekin rivojlanish bosqichlari va kamchilik darajasini hisobga olgan holda adolatli yetkazib berishni optimallashtirish zarurligini ko'rsatgan [6].

Irrigatsiyani boshqarishda qaror qabul qilishni qo'llab-quvvatlovchi tizimlar ham muhim ilmiy yo'nalishlardan biri hisoblanadi. Khadra va Lamaddalena irrigatsiya tizimini tahlil qilish uchun geoaxborot muhitiga integratsiya qilingan qaror qabul qilishni qo'llab-quvvatlovchi tizimni ishlab chiqqan hamda ishonchlilik va bosim yetishmovchiligi kabi ko'rsatkichlarni makon va vaqt kesimida baholashni taklif etgan [7]. Mazkur ish qaror qabul qilishni qo'llab-quvvatlash vositalarining amaliy ahamiyatini namoyon etadi, biroq fermerlar kesimida limitni qanday shakllantirish lozimligi, ya'ni qoidaviy baza va ustuvorlik mezonlarining mazmunini yetarlicha ochib bermaydi.

So'nggi yillarda irrigatsiya suvini taqsimlashda noaniqlik, ko'p bosqichlilik va ko'p mezonlilikni hisobga oluvchi optimallashtirish modellari jadal rivojlanmoqda. Jiang va hammualliflar ikki darajali optimallashtirish modelini agrogidrologik SWAP-EPIC modeli bilan bog'lab, fermer va tuman darajalarida suv resurslari hamda ekin maydonlarini birgalikda optimallashtirgan [8]. Ren, Yang va Zhang ko'p sonli noaniqliklar sharoitida irrigatsiya suv resurslarini optimal taqsimlash uchun noaniq kasrli dasturlash modelini taklif etgan [9]. Wu va hammualliflar esa kanal tarmoqlari uchun genetik algoritmgaga asoslangan optimal taqsimlash modelini ishlab chiqib, suv sarfi va talabning o'zgaruvchanligi sharoitida tarmoq samaradorligini oshirish mumkinligini ko'rsatgan [10]. Ushbu ishlar hisoblash nuqtai nazaridan kuchli ilmiy

asosga ega bo'lsa-da, ularning aksariyatida dispatcher yoki suv boshqaruvchisi amaliyotda bevosita qo'llay oladigan, izohlanuvchi ekspert qoidalari tizimi markaziy o'rin egallamaydi.

Shu tariqa, adabiyotlar tahlilidan ko'rinadiki, mavjud ishlar asosan to'rt yo'nalishga bo'linadi: manba va nasos stansiyalari rejimi [1], kanal gidravlikasi va beqaror taqsimot [2], ombor va yuqori darajali boshqaruv algoritmlari [3], hamda optimallashtirish yoki DSS asosidagi taqsimlash modellari [4–10]. Biroq suv tanqisligi sharoitida fermerlar uchun limitni shakllantirishda ekinning suvga sezgirligi, oldingi davrdagi defitsit, alternativ manba mavjudligi, maydon ulushi va iqtisodiy-agrotexnik ahamiyat kabi mezonlarni birlashtirgan, shu bilan birga qarorni tushuntirib bera oladigan ekspert tizim algoritmiga ehtiyoj saqlanib qolmoqda.

Ushbu ishning maqsadi suv tanqisligi sharoitida fermerlar uchun adolatli limit shakllantiruvchi ekspert tizim algoritmini ishlab chiqishdan iborat. Bunda ustuvorlik mezonlariga asoslangan qoida bazasini shakllantirish, minimal kafolatlangan limit ajratish va qolgan suv hajmini ustuvorlik indeksiga mutanosib taqsimlash orqali tushuntiriladigan, amaliy va qo'llashga qulay limitlash mexanizmini taklif etish ko'zda tutiladi.

Metodlar. Taklif etilgan yondashuv suv tanqisligi sharoitida fermerlar uchun limit shakllantirishni ekspert tizim tamoyili asosida amalga oshiradi. Metodning asosiy g'oyasi shundan iboratki, limitlash jarayonida faqat jami mavjud suv hajmi emas, balki ekinning suvga sezgirligi, oldingi davrdagi defitsit, alternativ manba mavjudligi, maydon ulushi va iqtisodiy-agrotexnik ahamiyat ham birgalikda hisobga olinadi. Shu maqsadda hisoblash jarayoni kirish ma'lumotlarini normallashtirish, ustuvorlik indeksini hisoblash, minimal kafolatlangan limitni ajratish va qolgan suvni ustuvorlik darajasiga mutanosib taqsimlash bosqichlariga ajratiladi.

3.1. Masalaning qo'yilishi

Tarmoqda m ta fermer xo'jaligi mavjud deb qaraladi. Har bir fermer uchun netto suv talabi N_i , ajratilishi lozim bo'lgan limit L_i , tarmoq bo'yicha mavjud suv hajmi esa W_{avail} orqali belgilanadi. Limitlash

masalasining maqsadi har bir fermer uchun shunday L_i qiymatlarni aniqlashdan iboratki, ular bir tomondan suv taqchilligi sharoitiga mos bo'lsin, ikkinchi tomondan esa biologik va xo'jalik nuqtai nazaridan muhim iste'molchilarni nisbatan himoya qilsin. Ushbu umumiy resurs cheklovi va fermerlar bo'yicha individual chegaralar (1) tenglamada berilgan.

$$\sum_{i=1}^m L_i \leq W_{avail}, \quad 0 \leq L_i \leq N_i, \quad i = 1, \dots, m \quad (1)$$

Agar jami talab mavjud resursdan oshsa, defitsit hajmi va defitsit ulushi mos ravishda (2) va (3) formulalar bilan aniqlanadi. Bu ko'rsatkichlar keyingi qoidalarni faollashtirish va kafolatlangan minimum parametrlarni tanlashda ishlatiladi.

$$W_{def} = \max \left(0, \sum_{i=1}^m N_i - W_{avail} \right) \quad (2)$$

$$\delta = \frac{W_{def}}{\sum_{i=1}^m N_i} \quad (3)$$

3.2. Baholash mezonlarini shakllantirish va normallashtirish

Ekspert tizimda har bir fermer beshta asosiy mezon bo'yicha baholanadi: S_i - ekinning suvga sezgirligi, C_i - iqtisodiy-agrotexnik ustuvorlik, D_i - oldingi davrdagi defitsitni kompensatsiya qilish

darajasi, H_i - alternativ manba mavjud emasligi, A_i - maydon ulushi. Barcha mezonlar $[0,1]$ oralikka keltirildi, chunki ekspert tizimda turli tabiatga ega ko'rsatkichlarni birgalikda qo'shish uchun ularni qiyoslanadigan shaklga o'tkazish zarur.

Miqdoriy ko'rsatkichlar uchun chiziqli normallashtirish ishlatildi. Masalan, maydon bo'yicha F_i ma'lum bo'lsa, maydon ulushining normallashtirilgan bahosi (4) formula orqali aniqlanadi.

$$A = \frac{F_i}{\sum_{j=1}^m F_j} \quad (4)$$

Oldingi davrdagi defitsit darajasi esa oldin so'ralgan va amalda olingan suv miqdori asosida aniqlanadi. Agar N^{prev} - oldingi davrdagi talab, L^{prev} - amalda ajratilgan suv bo'lsa, kompensatsiya meizoni

(5) formula orqali hisoblanadi.

$$D_i = \max \left(0, 1 - \frac{L_i^{prev}}{N^{prev}} \right) \quad (5)$$

(i)

Sifat ko'rsatkichlari ekspert bahosi asosida uch yoki besh pog'onali shkalada belgilandi. Masalan, ekinning suvga sezgirligi uchun past, o'rta va yuqori toifalar mos ravishda \$0.3\$, \$0.6\$ va \$1.0\$ qiymatlar bilan ifodalanishi mumkin. Alternativ manba mavjudligi ikkilik belgi sifatida berildi: agar qo'shimcha manba mavjud bo'lmasa $H_i = 1$, aks holda $H_i = 0$.

1-jadval. Ustuvorlik indeksini hisoblashda qo'llanilgan mezonlar va vaznlar

Belgi	Mezon mazmuni	Qiymatlar	Vazni
S_i	Ekinning suvga sezgirligi	[0,1]	0,35
C_i	Iqtisodiy-agrotexnik ustuvorlik	[0,1]	0,25
D_i	Oldingi davr defitsitini kompensatsiya qilish darajasi	[0,1]	0,2
H_i	Alternativ manba mavjud emasligi	[0,1]	0,1
A_i	Maydon ulushi	[0,1]	0,1

3.3. Ustuvorlik indeksi va ekspert qoidalari

Taklif etilgan metodda qoidalar bazasi ikki vazifani bajaradi. Birinchidan, u sifat ko'rsatkichlarini raqamli bahoga o'tkazadi; ikkinchidan, u vaznlar orqali umumiy ustuvorlik indeksini shakllantiradi. Shu tadqiqotda ustuvorlik indeksi quyidagi vaznli yig'indi ko'rinishida olindi.

$$P_i = 0.35S_i + 0.25C_i + 0.20D_i + 0.10H_i + 0.10A_i \quad (6)$$

Bu yerda katta vazn S_i va C_i mezonlariga berilishi ekinni biologik saqlash va xo'jalik samaradorligini bir vaqtda hisobga olishga xizmat qiladi. D_i mezonini orqali oldingi davrda kam suv olgan

iste'molchilar uchun kompensatsion adolat ta'minlanadi. H_i esa qo'shimcha manba yo'q fermerlarni himoya qiladi. Qoida bazasi amaliy jihatdan quyidagi tipdagi xulosalardan iborat: agar ekin suvga juda sezgir bo'lsa va alternativ manba mavjud bo'lmasa, ustuvorlik yuqori deb qabul qilinadi; agar oldingi davrdagi defisit katta bo'lsa, kompensatsiya mezonini oshiriladi; agar ekin kam sezgir va alternativ manba mavjud bo'lsa, ustuvorlik pasaytiriladi.

Mazkur ishda qoidalarining ta'siri bevosita mezon ballarini shakllantirish orqali hisobga olindi. Shu bois alohida tuzatish koeffisienti kiritilmadi; barcha ekspert S_i , C_i , D_i , H_i va A_i qiymatlarida xulosalari mujassamlashtirildi.

3.4. Adolatli limitlash algoritmi

Limitlash algoritmi ikki bosqichli sxema asosida qurildi. Birinchi bosqichda barcha fermerlar uchun minimal kafolatlangan limit ajratiladi. Ikkinchi bosqichda qolgan suv hajmi ustuvorlik indeksiga mutanosib taqsimlanadi. Bu yondashuv defisit sharoitida har bir fermerga kamida biologik minimumni saqlab berish va ayni vaqtda eng himoyaga muhtoj iste'molchilarni qo'shimcha qo'llab-quvvatlash imkonini beradi.

Minimal kafolatlangan limit netto talabning belgilangan ulushi sifatida qabul qilindi. Ushbu ishda ssenariy tahlili uchun $\beta = 0.5$ qiymat olindi, ya'ni har bir fermerga netto talabning 50 foizi miqdorida dastlabki limit (7) formula bo'yicha ajratildi.

$$L_i^{min} = \beta N_i, \quad 0 < \beta < 1 \quad (7)$$

Shundan so‘ng taqsimlanmay qolgan suv hajmi (8) formula orqali aniqlanadi.

$$W_{rem} = W_{avail} - \sum_{i=1}^m L_i^{min} \quad (8)$$

Qolgan suv ustuvorlik indeksiga mutanosib ravishda taqsimlanadi. Natijaviy oraliq limit (9) formula bilan hisoblanadi.

$$L_i = L_i^{min} + W_{rem} \frac{P_i}{\sum_{j=1}^m P_j} \quad (9)$$

Agar ayrim fermerlarda hisoblangan limit netto talabdan oshib ketsa, limit yuqori chegara bilan kesiladi. Bu amal (10) formula bilan ifodalanadi.

$$L_i^{(1)} = \min(L_i, N_i) \quad (10)$$

Kesishdan keyin ortiqcha suv hosil bo‘lsa, u qondirilmagan talabga mutanosib tarzda qayta taqsimlanadi. Bu yerda $W_{extra} = \sum_{i=1}^m (L_i - L_i^{(1)})$ — yuqori chegara bo‘yicha kesilgan ortiqcha suv hajmi,

$(x)_+ = \max(x, 0)$ esa musbat qismi funksiyasi. Yakuniy limit (11) formula orqali aniqlanadi.

$$L_i^{final} = L_i^{(1)} + W_{extra} \frac{(N_i - L_i^{(1)})_+}{\sum_{j=1}^m (N_j - L_j^{(1)})_+} \quad (11)$$

Shunday qilib, algoritm bir vaqtning o‘zida uchta talabni ta’minlaydi: umumiy resurs chekloviga rioya qiladi, har bir fermer uchun minimal kafolatni saqlaydi va qo‘shimcha suvni ustuvorlik indeksiga ko‘ra adolatli taqsimlaydi.

3.5. Hisoblash algoritmini amalga oshirish ketma-ketligi

- 1) fermerlar bo‘yicha N_i , F_i , N_i^{prev} , L_i^{prev} va sifat mezonlari uchun ekspert baholari qabul qilinadi;
- 2) S_i , C_i , D_i , H_i va A_i ko‘rsatkichlari $[0,1]$ oraliqqa keltiriladi, bunda A_i (4) formula va D_i (5) formula bo‘yicha hisoblanadi;
- 3) ustuvorlik indeksi P_i (6) formula bo‘yicha aniqlanadi;
- 4) minimal kafolatlangan limit L_i^{min} (7) formula bilan ajratiladi;
- 5) qolgan suv hajmi W_{rem} (8) formula asosida topiladi;
- 6) oraliq limit L_i (9) formula bo‘yicha hisoblanadi;
- 7) zarur holatda yuqori chegara bo‘yicha kesish (10) formula bilan va qayta taqsimlash (11) formula bilan bajariladi;
- 8) yakunda har bir fermer uchun L_i^{final} limiti va umumiy taqsimot tuzilmasi shakllantiriladi.

Natijalar. Taklif etilgan ekspert tizim algoritmining amaliy samaradorligi namunaviy hisoblash ssenariysida baholandi. Sinov uchun 5 ta fermer xo‘jaligi bo‘yicha ekin turi, netto suv talabi, oldingi davrdagi suv tanqisligi holati, alternativ manba mavjudligi va maydon ulushi qabul qilindi. Hisoblashda jami suv talabi 100 ming m³, mavjud suv hajmi esa 70 ming m³ deb olindi. Demak, algoritm 30 foiz defisit sharoitida limit shakllantirish vazifasini bajardi.

Har bir fermer uchun ustuvorlik indeksi P_i ekinning suvga sezgirligi S_i , iqtisodiy-agrotexnik ustuvorlik C_i , oldingi davrdagi defisitni kompensatsiya qilish darajasi D_i , alternativ manba mavjud emasligi H_i va maydon ulushi A_i mezonlarining vaznli yig'indisi orqali aniqlandi.

$$P_i = 0,35S_i + 0,25C_i + 0,20D_i + 0,10H_i + 0,10A_i$$

Limit quyidagi ifoda asosida hisoblandi:

$$L_i = L_{\min,i} + \frac{\left(W_{\text{avail}} - \sum_{i=1}^n L_{\min,i} \right) P_i}{\sum_{i=1}^n P_i}$$

Algoritm ikki bosqichda ishladi: avval har bir fermerga netto talabning 50 foizi miqdorida minimal kafolatlangan limit ajratildi, so'ng qolgan suv hajmi ustuvorlik indeksiga mutanosib ravishda taqsimlandi. Bu yondashuv kafolatlangan minimumni saqlagan holda biologik va iqtisodiy jihatdan sezgir iste'molchilarni qo'shimcha himoya qilish imkonini berdi.

4.1. Boshlang'ich ma'lumotlar va ustuvorlik indeklari

1-jadval. Boshlang'ich ma'lumotlar va ustuvorlik indeklari

Fermer	Ekin turi	Maydon, ga	Talab, ming m ³	O'tgan davr defisiti	Alternativ manba	P _i
F1	G'o'za	26	26,0	Bor	Yo'q	0,90
F2	Sabzavot	18	18,0	Bor	Yo'q	0,80
F3	Bug'doy	24	24,0	Yo'q	Bor	0,60
F4	Bog'dorchilik	14	14,0	Bor	Yo'q	0,95
F5	Ozuqabop ekin	18	18,0	Qisman	Bor	0,75

Hisoblash natijalariga ko'ra, eng yuqori ustuvorlik indeksi F4 fermer xo'jaligi uchun aniqlandi. Bu holat bog'dorchilik ekinlarining ko'p yillik xususiyati, namlik rejimiga yuqori sezgirliги va alternativ manba mavjud emasligi bilan izohlanadi. F1 va F2 xo'jaliklari ham oldingi davrda suv yetishmovchiligi kuzatilgani sababli yuqori ustuvor toifaga kiritildi.

4.2. Qoidalar bazasining ishlashi

Sinov ssenariysida quyidagi asosiy ekspert qoidalari faollashdi.

2-jadval. Faollashgan asosiy ekspert qoidalari

Qoida	Shart	Natija
R1	Agar ekin suvga yuqori sezgir bo'lsa va alternativ manba bo'lmasa	Ustuvorlik oshiriladi
R2	Agar oldingi davrda suv tanqisligi kuzatilgan bo'lsa	Kompensatsion koefitsient qo'shiladi
R3	Agar ekin nisbatan kam sezgir bo'lsa va alternativ manba mavjud bo'lsa	Ustuvorlik pasaytiriladi
R4	Agar defisit yuqori bo'lsa	Minimal limit saqlanadi va qolgan suv reyting bo'yicha taqsimlanadi

4.3. Limitlash natijalari

Ekspert tizim algoritmi bo'yicha shakllangan limitlar oddiy mutanosib taqsimlash usuli bilan taqqoslandi. Mutanosib taqsimlashda mavjud 70 ming m³ suv jami talabga proporsional ravishda taqsimlanadi, ekspert tizimda esa biologik sezgirlik, kompensatsiya va minimal kafolat tamoyillari hisobga olinadi.

3-jadval. Mutanosib taqsimlash va ekspert tizim algoritmi bo'yicha limitlash natijalari

Fermer	Talab, ming m ³	Mutanosib taqsimlash	Ekspert tizim limiti	Qoplanish, %	Defisit, ming m ³
F1	26,0	18,2	17,50	67,3	8,50
F2	18,0	12,6	13,00	72,2	5,00
F3	24,0	16,8	15,00	62,5	9,00
F4	14,0	9,8	11,75	83,9	2,25
F5	18,0	12,6	12,75	70,8	5,25
Jami	100,0	70,0	70,00	70,0	30,00

3-jadvaldan ko'rinib turibdiki, ekspert tizimi biologik va iqtisodiy jihatdan muhimroq iste'molchilarni nisbatan ko'proq himoya qildi. Xususan, F4 bog'dorchilik xo'jaligi uchun limit mutanosib usuldagi 9,8 ming m³ o'rniga 11,75 ming m³ etib belgilandi. F2 sabzavotchilik xo'jaligi ham qo'shimcha himoya oldi. Shu bilan birga, F3 bug'doy xo'jaligida alternativ manba mavjudligi tufayli limit nisbatan kamaytirildi.

Demak, taklif etilgan algoritim suv tanqisligi sharoitida limitlash jarayonini faqat arifmetik taqsimlash emas, balki tushuntiriladigan qoidalar va ustuvorlik mezonlari asosida bajaradi. Bu qaror qabul qilish jarayonining shaffofligini oshiradi, dispatcher uchun izohlanadigan tavsiya beradi va turli fermerlar o'rtasida nizoli holatlarni kamaytirishga xizmat qiladi.

Xulosa. Suv tanqisligi sharoitida fermerlar uchun adolatli limit shakllantirishga qaratilgan ekspert tizim algoritmi ishlab chiqildi. Taklif etilgan yondashuv mezonlar, qoidalar bazasi va hisoblash tartibi asosida limitni avtomatik belgilash imkonini berdi. Natijada suv taqsimotida shaffoflik, izchillik va qaror qabul qilish samaradorligi oshishi ko'rsatildi.

Foydalanilgan adabiyotlar

1. Rakhimov S., Seytov A., Kudaybergenov A. Modeling and optimization of water supply processes at large pumping stations // Global and Stochastic Analysis. T. 8, № 3. S. 55–59.
2. Kabulov A., Seytov A., Kudaybergenov A. Optimal water distribution in large main canals of irrigation system // Global and Stochastic Analysis. 2021. T. 8, № 3. S. 45–53.
3. Rakhimov S. i dr. Algorithms for solving the problems of optimizing water resources management on a reservoir seasonal regulation // 2021 Asia-Pacific Conference on Applied Mathematics and Statistics. Chiangmai, Thailand, 2022. S. 060023.
4. Lal Kalu I., Nidhi Paudyal G., Das Gupta A. Equity and efficiency issues in irrigation water distribution // Agricultural Water Management. 1995. T. 28, № 4. S. 335–348.
5. Kanooni A., Monem M. J. Integrated stepwise approach for optimal water allocation in irrigation canals // Irrigation and Drainage. 2014. T. 63, № 1. S. 12–21.
6. Rowshon Kamal M. i dr. Optimization of equitable irrigation water delivery for a large-scale rice irrigation scheme // International Journal of Agricultural and Biological Engineering. 2018. T. 11, № 5. S. 160–166.
7. Khadra R., Lamaddalena N. Development of a Decision Support System for Irrigation Systems Analysis // Water Resour Manage. 2010. T. 24, № 12. S. 3279–3297.
8. Jiang Y. i dr. Optimizing regional irrigation water use by integrating a two-level optimization model and an agro-hydrological model // Agricultural Water Management. 2016. T. 178. S. 76–88.
9. Ren C., Yang J., Zhang H. An inexact fractional programming model for irrigation water resources optimal allocation under multiple uncertainties // PLoS ONE / pod red. Xin B. 2019. T. 14, № 6. S. e0217783.

10. Wu S.-J. i dr. Modeling GA-derived optimization analysis for canal-based irrigation water allocation under variations in runoff-related and irrigation-related factors // Agricultural Water Management. 2023. T. 290. S. 108588.

CONTEMPORARY DIAGNOSTIC CONCEPTS IN VITILIGO: CLINICAL EVALUATION, BIOMARKER IDENTIFICATION AND ADVANCED IMAGING TECHNOLOGIES

Klebleeva G.D.

Head of Department Dermatovenereology and cosmetology SamSMU, Samarkand,
Republic of Uzbekistan PhD, docent

Khamidova M.A.

1-course Master's Resident of Department Dermatovenereology and cosmetology
SamSMU Samarkand State Medical University, Samarkand, Republic of Uzbekistan
khamidovamanzurakhon@gmail.com

Annotation: Vitiligo is a multifactorial depigmenting skin disorder characterized by the progressive disappearance of melanocytes resulting in sharply defined hypopigmented or depigmented lesions. Increasing knowledge about autoimmune mechanisms, oxidative stress pathways, and genetic susceptibility has significantly transformed diagnostic approaches during the last decade. Modern dermatological practice emphasizes early detection of disease activity and differentiation from similar pigmentary abnormalities through non-invasive imaging techniques, laboratory biomarker evaluation, and digital analytical systems. This review discusses current diagnostic principles, clinical manifestations, prognostic determinants, and emerging technological solutions used for accurate evaluation of vitiligo.

Keywords: Vitiligo, melanocyte dysfunction, depigmentation disorders, dermoscopy, ultraviolet examination, confocal microscopy, autoimmune biomarkers, dermatologic imaging, disease progression.

СОВРЕМЕННЫЕ ДИАГНОСТИЧЕСКИЕ КОНЦЕПЦИИ ВИТИЛИГО: КЛИНИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА, ИДЕНТИФИКАЦИЯ БИОМАРКЕРОВ И ПЕРЕДОВЫЕ ТЕХНОЛОГИИ ВИЗУАЛИЗАЦИИ

Клеблеева Г.Д.

Заведующая кафедрой дерматовенерологии и косметологии
СамГМУ, г. Самарканд, Республика Узбекистан, PhD, доцент

Хамидова М.А.

Магистрант 1 курса кафедры дерматовенерологии и косметологии
СамГМУ Самаркандский государственный медицинский университет,
г. Самарканд, Республика
Узбекистан

khamidovamanzurakhon@gmail.com

Аннотация: Витилиго — многофакторное депигментирующее заболевание кожи, характеризующееся прогрессирующим исчезновением меланоцитов, что приводит к появлению чётко очерченных гипопигментированных или депигментированных очагов. Углубление знаний об аутоиммунных механизмах, путях оксидативного стресса и генетической предрасположенности существенно изменило диагностические подходы за последнее десятилетие. Современная дерматологическая практика акцентирует внимание на раннем выявлении активности заболевания и его дифференциации с другими пигментными нарушениями с использованием неинвазивных методов визуализации, лабораторной оценки биомаркеров и цифровых аналитических систем. В обзоре рассматриваются современные принципы диагностики, клинические проявления,