

**YERDAN SAMARALI FOYDALANISHNI TASHKIL ETISHDA YER TUZISHNI MAJMUAVIY
BAHOLASHNING GIBRID STAT–AHP–GIS MODELINI TAKOMILLASHTIRISH****Ochilova Muxayyo Shakar qizi***Buxoro davlat texnika universiteti tayanch doktoranti*

E-mail: liardimetra6336@gmail.com | ORCID: 0009-0001-7452-1955



Annotatsiya. Maqolada sug‘oriladigan yerlardan samarali foydalanishni tashkil etishda yer tuzish obyektlarini tabiiy-tuproq, ekologik-meliorativ, suv-vegetatsion, iqtisodiy va fazoviy ko‘rsatkichlar asosida majmuaviy baholashning gibrid STAT–AHP–GIS modeli taklif etilgan. Modelda indikatorlar 0–1 diapazonda normalizatsiya qilinib, statistik vaznlar standartlashtirilgan regressiya koeffitsiyentlari, ekspert vaznlari esa AHP juftlik taqqoslash matritsasi orqali aniqlanadi. Yakuniy vazn $w_i = \lambda \cdot w_i(\text{stat}) + (1-\lambda) \cdot w_i(\text{AHP})$ ko‘rinishida shakllantirilib, λ parametrini validatsiya asosida optimallashtirish taklif etiladi. Majmuaviy yer samaradorligi indeksi (MLI), yer tuzish ustuvorlik indeksi (LPI) va dominant cheklovchi omil D_{ij} orqali baholash natijasini GIS muhitida differensial yer tuzish qaroriga aylantirish mexanizmi ishlab chiqilgan. Demonstratsion hisoblash modelning MLI–LPI– D_{ij} zanjiri orqali integral holat, boshqaruv ustuvorligi va cheklovchi omilni izchil ajratish imkonini ko‘rsatadi; sonli misollar real hududiy empirik natija sifatida talqin qilinmaydi.

Kalit so‘zlar: yer tuzish, sug‘oriladigan yer, majmuaviy baholash, STAT, AHP, GIS, sho‘rlanish, regressiya, gibrid vazn, MLI, LPI, meliorativ ustuvorlik.

Аннотация. В статье разработана усовершенствованная гибридная модель STAT–AHP–GIS комплексной оценки землеустройства, не привязанная к конкретной административной территории. Модель объединяет природно-почвенные, экологико-мелиоративные, водно-вегетационные, экономические и пространственно-антропогенные показатели. Исходные данные нормализуются в диапазоне 0-1; статистические веса определяются по стандартизированным коэффициентам регрессии, экспертные – методом АHP. Итоговые веса формируются по гибридной зависимости, после чего рассчитываются MLI, LPI и показатель доминирующего ограничения. Результаты предназначены для GIS-зонирования и дифференцированного выбора землеустроительных решений.

Ключевые слова: землеустройство, орошаемые земли, комплексная оценка, STAT, AHP, GIS, засоление, гибридный вес, MLI, LPI.

Abstract. The article proposes a hybrid STAT–AHP–GIS model for integrated land-management assessment in organizing efficient use of irrigated land. Indicators are normalized to a 0–1 scale; statistical weights are derived from standardized regression coefficients and expert weights from AHP pairwise comparisons. Final weights are integrated through $w_i = \lambda w_i(\text{stat}) + (1-\lambda)w_i(\text{AHP})$, with λ proposed for validation-based optimization. The model links the Integrated Land Efficiency Index (MLI), Land-management Priority Index (LPI), dominant limiting factor, and GIS zoning to differentiated land-management decisions. A demonstrative calculation illustrates how the MLI–LPI– D_{ij} chain separates integrated condition, management priority, and the dominant limiting factor; the numerical example is methodological rather than a real territorial empirical result.

Keywords: land management, irrigated land, integrated assessment, STAT, AHP, GIS, salinity, hybrid weighting, MLI, LPI.

1. KIRISH

Sug'oriladigan yerlarning ekologik va iqtisodiy barqarorligi tuproq sifati, sho'rlanish, sizot suvlari, drenaj, sug'orish suvi bilan ta'minlanganlik, vegetatsiya holati va ishlab chiqarish natijalarining o'zaro ta'siri bilan belgilanadi. Shu sababli yer tuzish jarayonida alohida ko'rsatkichlar bo'yicha tavsifiy baholashdan ularni yagona fazoviy-matematik modelda integratsiyalashga o'tish zarur.

Yer resurslarini ko'p mezonli baholash masalalari xalqaro ilmiy tadqiqotlarda GIS, AHP, masofadan zondlash va statistik modellashtirish usullarini integratsiyalash asosida keng o'rganilgan. FAO tomonidan ishlab chiqilgan yerlarni baholash konsepsiyalarida yerning tabiiy xususiyatlari, foydalanish talablari va cheklovchi omillarni o'zaro taqqoslash asosiy metodologik tamoyil sifatida qaraladi. T. Saaty tomonidan ishlab chiqilgan AHP usuli ko'p mezonli qaror qabul qilish jarayonida mezonlarning nisbiy ahamiyatini ekspert baholari asosida aniqlash imkonini bergan. J. Malczewski tadqiqotlarida esa ko'p mezonli baholash usullarini GIS bilan integratsiyalash fazoviy qarorlarni ilmiy asoslashning samarali vositasi sifatida rivojlantirilgan.

Biroq mavjud yondashuvlarning aksariyatida indikator vaznlari yoki ekspert baholariga, yoki statistik bog'liqliklarga alohida tayangan holda shakllantiriladi. Ekspert yondashuvi mutaxassis tajribasini hisobga olsa-da, subyektivlikka sezgir; statistik yondashuv esa empirik bog'liqlikni aks ettiradi, biroq boshqaruv va hududiy xususiyatlarni har doim ham to'liq ifodalaymaydi. Shu sababli statistik va ekspert vaznlarini yagona matematik mexanizmida birlashtirish hamda olingan natijani GIS asosida yer konturi darajasida fazoviy differentsiatsiyalash masalasi metodik jihatdan dolzarbligicha qolmoqda.

Mavjud ilmiy ishlarda GIS–AHP va statistik baholash usullari alohida yoki qisman integratsiyalashgan holda qo'llanilgan bo'lsa-da, regressiya asosida shakllantirilgan obyektiv vaznlarni AHP ekspert vaznlari bilan optimallashtiriladigan λ parametri orqali birlashtirish, so'ngra natijani MLI–LPI– D_{ij} diagnostik tizimi yordamida yer konturi darajasidagi differensial yer tuzish qaroriga transformatsiya qilish masalasi metodik jihatdan yetarlicha tizimlashtirilmagan. Mazkur ilmiy bo'shliq statistik dalil, ekspert bilimlari va fazoviy qaror mexanizmini yagona hisoblash zanjirida uyg'unlashtiruvchi yondashuvni ishlab chiqish zaruratini belgilaydi.

Shundan kelib chiqib, mazkur tadqiqotda mavjud yondashuvlardan farqli ravishda statistik regressiya asosida aniqlangan STAT vaznlari bilan AHP ekspert vaznlarini optimallashtiriladigan λ koeffitsiyenti orqali birlashtirish, integral bahoni MLI, boshqaruv ustuvorligini LPI hamda dominant cheklovchi omilni D_{ij} orqali aniqlash va natijalarni GIS muhitida differensial yer tuzish qarorlariga transformatsiya qilish taklif etiladi.

Yer tuzish qarori faqat yer maydoni yoki tuproq bonitetiga emas, balki tabiiy, ekologik-meliorativ, suv, vegetatsion, iqtisodiy va fazoviy cheklovlarning kompleks ta'siriga tayangan holda shakllanishi kerak.

Tadqiqot gipotezasi - statistik ma'lumotlardan aniqlangan STAT vaznlari va ekspert baholariga asoslangan AHP vaznlarini optimallashtiriladigan λ **koeffitsiyenti** orqali gibridlashtirish, ularni MLI–LPI– D_{ij} diagnostik tizimi bilan integratsiyalash hamda natijalarni GIS muhitida fazoviy differentsiatsiyalash yer konturlarining holati, boshqaruv ustuvorligi va dominant cheklovchi omillarini bir vaqtning o'zida aniqlash imkonini beradi; natijada **differensial yer tuzish qarorlarini shakllantirishning obyektivligi, fazoviy aniqligi va ilmiy asoslanganligi oshadi**, degan ilmiy farazga asoslanadi.

Tadqiqotning maqsadi — sug'oriladigan yerlardan samarali foydalanishni tashkil etishda tabiiy-tuproq, ekologik-meliorativ, suv-vegetatsion, iqtisodiy va fazoviy-antropogen indikatorlarni integratsiyalash, STAT va AHP vaznlarini gibridlashtirish hamda GIS asosida fazoviy differentsiatsiyalash orqali yer tuzishni majmuaviy baholash modelini takomillashtirishdan iborat.

Taklif etilgan model yer konturlarining majmuaviy holatini, boshqaruv ustuvorligini va dominant cheklovchi omillarini aniqlash asosida differensial yer tuzish qarorlarini shakllantirishga yo'naltirilgan.

Modelning konseptual farazi shundan iboratki, yerning samaradorligi bitta dominant ko'rsatkich bilan emas, balki o'zaro bog'langan cheklovlar majmuasi bilan shakllanadi. Shu bois integral baho faqat reyting vazifasini emas, diagnostika va boshqaruv vazifasini ham bajarishi kerak.

2. MATERIAL VA METODLAR

2.1. Ma'lumotlar tizimi va baholash birligi

Majmuaviy modelning asosiy fazoviy birligi sifatida yer konturi C_j qabul qilinadi. Har bir kontur n ta indikator bilan tavsiflanadi:

$$X_j = (x_{1j}, x_{2j}, \dots, x_{nj})$$

1-jadval. Boshlang'ich ma'lumotlar manbalari

Ma'lumot turi	Ko'rsatkich	O'lchov birligi	Ma'lumot manbasi	Modeldagi yo'nalish
Tuproq	Bonitet	ball	yer-kadastr ma'lumotlari	benefit
Tuproq	Gumus	%	agrokimyoviy ma'lumot	benefit
Meliorativ	Sho'rlanish	daraja/%	meliorativ ma'lumot	cost
Meliorativ	Sizot suvi	m	kuzatuv ma'lumotlari	aralash/cost
Suv	Suv bilan ta'minlanganlik	%	suv xo'jaligi ma'lumotlari	benefit
Vegetatsiya	NDVI	indeks	Sentinel-2/Landsat	benefit
Iqtisodiy	Hosildorlik	t/ga	xo'jalik/statistik ma'lumot	benefit
Iqtisodiy	Sof daromad	so'm/ga	iqtisodiy hisob	benefit
Iqtisodiy	Rentabellik	%	iqtisodiy hisob	benefit
Fazoviy	Infratuzilmaga masofa	km	GIS tahlil	cost

Modelni GIS muhitida amaliy joriy etish jarayonida yer tuzishni majmuaviy baholash uchun shakllantirilgan tabiiy-tuproq, ekologik-meliorativ, suv-vegetatsion, iqtisodiy va fazoviy ko'rsatkichlar yagona geoma'lumotlar bazasiga integratsiyalanadi. Bunda sho'rlanish darajasi, sizot suvlari sathi va minerallashuvi, drenaj bilan ta'minlanganlik, sug'orish suvi bilan ta'minlanganlik, tuproq boniteti, masofadan zondlash asosida aniqlangan NDVI hamda iqtisodiy samaradorlik ko'rsatkichlari har bir yer konturiga biriktirilgan **yagona fazoviy identifikator (ID)** orqali o'zaro bog'lanadi. Mazkur yondashuv turli manbalardan olingan ma'lumotlarni bir xil fazoviy birlik - yer konturi darajasida uyg'unlashtirish hamda har bir kontur uchun kompleks indikatorlar profilini shakllantirish imkonini beradi.

GIS geoma'lumotlar bazasida har bir indikatorning faqat miqdoriy qiymatini saqlash bilan cheklanilmay, uning **ma'lumot manbasi, o'lchov birligi, kuzatuv sanasi, fazoviy aniqligi, yangilanish davriyligi, benefit yoki cost yo'nalishi hamda ishonchlilik darajasi** kabi metama'lumotlarini ham qayd etish maqsadga muvofiq. Bunday tuzilma baholash natijalarining kuzatuvchanligini ta'minlaydi, ya'ni yakuniy integral indeksning qaysi boshlang'ich ma'lumotlar va indikatorlar asosida shakllanganligini aniqlash imkonini beradi. Shu bilan birga, ma'lumotlarning vaqt bo'yicha yangilanishi modelni qayta hisoblash va yer holatidagi o'zgarishlarni davrlar kesimida qiyosiy baholash uchun metodik asos yaratadi.

Indikatorlarni tanlash jarayonida **ilmiy mazmuniylik, statistik informativlik va boshqaruv qaroriga ta'sirchanlik** asosiy mezonlar sifatida qabul qilinadi. Ilmiy mazmuniylik indikatorning

yerning tabiiy, ekologik, meliorativ yoki iqtisodiy holatini real ifodalash darajasini; statistik informativlik uning natijaviy ko'rsatkich bilan bog'liqligi va modelga qo'shadigan axborot qiymatini; boshqaruvga ta'sirchanlik esa indikator natijasidan aniq yer tuzish tadbirini belgilash imkoniyatini ifodalaydi. Shu sababli indikatorlar sonini sun'iy ravishda ko'paytirish emas, balki **axborot qiymati yuqori va boshqaruv nuqtai nazaridan izohlanadigan ko'rsatkichlar tizimini shakllantirish** ustuvor hisoblanadi.

Shu bilan birga, VIF tahlili indikatorlar tizimida yashirin multikolinearlikni aniqlash, mustaqil o'zgaruvchilar o'rtasidagi kuchli chiziqli bog'liqlik darajasini baholash hamda regressiya koeffitsiyentlarining barqarorligini nazorat qilish imkonini beradi. Multikolinearlikning yuqori darajada namoyon bo'lishi ayrim indikatorlarning bir xil jarayon yoki xususiyatni takroran ifodalashiga, natijada regressiya koeffitsiyentlari va ular asosida shakllantiriladigan statistik vaznlarning beqarorlashishiga olib kelishi mumkin. Shu sababli korrelyatsion tahlil va VIF natijalarini o'zaro bog'liq holda talqin qilish indikatorlarning nafaqat statistik bog'liqligini, balki ularning modeldagi mustaqil axborot qiymatini ham baholash imkonini beradi.

Bunda yuqori korrelyatsiya yoki VIF qiymatining aniqlanishi indikatorni avtomatik ravishda modeldan chiqarib tashlash uchun yagona mezon sifatida qabul qilinmaydi. Har bir ko'rsatkichning yerning tabiiy-tuproq, ekologik-meliorativ, suv-vegetatsion, iqtisodiy yoki fazoviy holatini ifodalashdagi mazmuniy ahamiyati ham hisobga olinadi. Statistik jihatdan o'zaro yaqin bo'lgan indikatorlar turli boshqaruv mazmuniga ega bo'lishi mumkinligi sababli, ularni tanlash yoki qisqartirish jarayoni statistik diagnostika va mazmuniy ekspertizani uyg'unlashtirish asosida amalga oshiriladi

Amaliy statistik diagnostikada VIF qiymatlari qat'iy avtomatik chiqarib tashlash mezon sifatida emas, balki ogohlantiruvchi ko'rsatkich sifatida talqin qilinadi: $VIF < 5$ holati odatda maqbul, 5–10 oralig'i qo'shimcha tekshiruvni, $VIF \geq 10$ esa kuchli multikolinearlik ehtimolini ko'rsatadi. Biroq yakuniy qaror indikatorning mazmuniy ahamiyati, korrelyatsiya tuzilmasi va regressiya koeffitsiyentlarining barqarorligi bilan birgalikda qabul qilinadi.

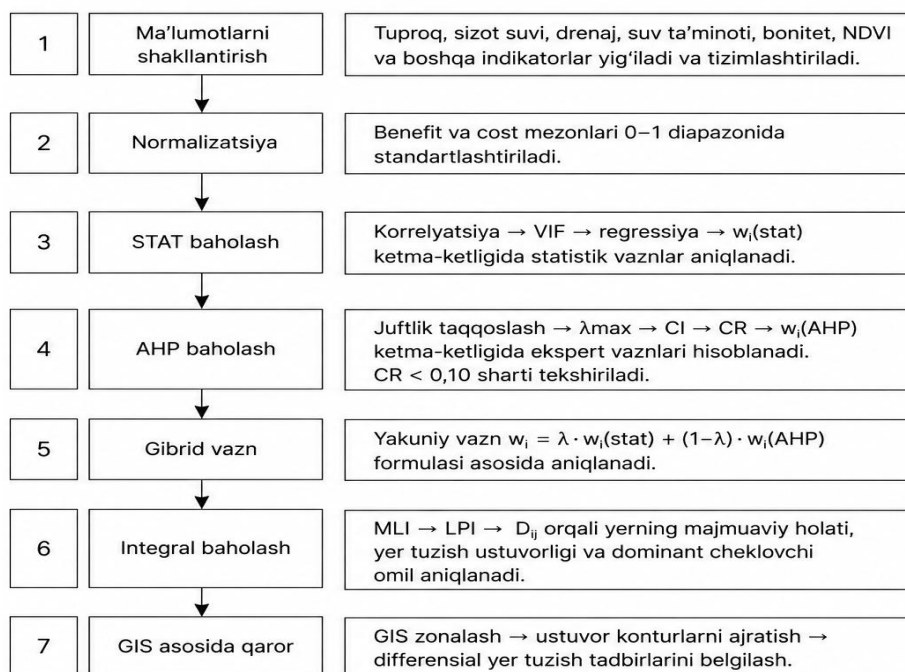
Korrelyatsion va VIF tahlillarining birgalikda qo'llanilishi shu tariqa indikatorlar tarkibini maqbullashtirish, regressiya modelining statistik barqarorligini oshirish va keyingi vaznlash bosqichi uchun ishonchli axborot bazasini shakllantirishga xizmat qiladi. Ayniqsa, standartlashtirilgan regressiya koeffitsiyentlari asosida statistik vaznlarni aniqlashda multikolinearlikni nazorat qilish muhim ahamiyat kasb etadi, chunki regressiya koeffitsiyentlaridagi beqarorlik indikatorlarning nisbiy ahamiyatini noto'g'ri baholashga olib kelishi mumkin. Shu jihatdan mazkur statistik diagnostika bosqichi **STAT vaznlarining ishonchliligini oshirish, ularni AHP asosida shakllantirilgan ekspert vaznlari bilan ilmiy asosda gibridlashtirish hamda yakuniy MLI integral indeksining barqarorligi va interpretatsion aniqligini ta'minlashga xizmat qiluvchi metodik mexanizm** sifatida qaraladi.

2-jadval. Majmuaviy baholash indikatorlarining funksional tizimi

Blok	Asosiy indikatorlar	Yo'nalish	Ilmiy vazifasi
Tabiiy-tuproq	bonitet, gumus, mexanik tarkib	benefit/aralash	tabiiy salohiyat
Ekologik-meliorativ	sho'rlanish, sizot suvi, minerallashuv, drenaj	asosan cost	meliorativ xavf
Suv-vegetatsion	suv ta'minoti, NDVI, SAVI, NDWI	benefit	suv va vegetatsiya holati
Iqtisodiy	hosildorlik, sof daromad, rentabellik	benefit	ishlab chiqarish samaradorligi
Fazoviy-antropogen	infratuzilma, masofa, foydalanish intensivligi	aralash	hududiy tashkil etish

Shu tariqa GIS geoma'lumotlar bazasi mazkur metodikada oddiy ma'lumotlarni saqlash vositasi emas, balki **“ma'lumotlarni integratsiyalash → indikatorlarni saralash → statistik tekshirish → gibrid vaznlash → integral baholash → fazoviy zonalash → yer tuzish qarorini shakllantirish”** jarayonlarini yagona tizimda bog'lovchi asosiy axborot-fazoviy platforma vazifasini bajaradi. Natijada har bir yer konturi bo'yicha mavjud holatni baholash bilan bir qatorda, uning **MLI qiymati, LPI bo'yicha boshqaruv ustuvorligi va D_{ij} asosidagi dominant cheklovchi omili** aniqlanib, tegishli differensial yer tuzish tadbirlarini ilmiy asoslash imkoniyati yaratiladi.

Takomillashtirilgan STAT–AHP–GIS majmuaviy baholash algoritmi



1-rasm. Takomillashtirilgan STAT–AHP–GIS majmuaviy baholash algoritmi

2.2. Normalizatsiya va statistik saralash

Turli o'lchov birliklaridagi indikatorlar yagona 0–1 shkala bo'yicha normalizatsiya qilinadi. Benefit mezon uchun:

$$x_{ij}^* = \frac{x_{ij} - x_{i(\min)}}{x_{i(\max)} - x_{i(\min)}}$$

Cost mezon uchun:

$$x_{ij}^* = \frac{x_{i(\max)} - x_{ij}}{x_{i(\max)} - x_{i(\min)}} \\ 0 \leq x_{ij}^* \leq 1$$

Tadqiqotda min–max normalizatsiya usulining tanlanishi turli o'lchov birliklarida ifodalangan indikatorlarni yagona 0–1 diapazonga keltirish va ularning iqtisodiy hamda ekologik mazmunini saqlagan holda o'zaro taqqoslash imkoniyati bilan izohlanadi. Mazkur yondashuvda 1 ga yaqin qiymat qulay holatni, 0 ga yaqin qiymat esa cheklovning kuchayishini ifodalaydi.

Indikatorlarning natijaviy ko'rsatkich bilan bog'liqligi korrelyatsiya orqali, multikolinearligi esa VIF orqali tekshiriladi:

$$VIF_i = \frac{1}{1 - R_i^2}$$

2.3. STAT vaznlarini aniqlash

Regressiya modelining statistik ishonchliligi determinatsiya koeffitsiyenti (R^2), Fisher F-mezone va regressiya koeffitsiyentlarining p-qiymatlari orqali baholanadi. Indikatorlar o'rtasidagi multikolinearlik VIF ko'rsatkichi asosida nazorat qilinadi. Mazkur statistik tekshiruvlar $w_i(\text{stat})$ vaznlarini shakllantirishda faqat informativ va statistik jihatdan asoslangan ko'rsatkichlardan foydalanish imkonini beradi.

Ko'p omilli regressiya modeli quyidagicha ifodalanadi:

$$Y = \beta_0 + \beta_1 X_1 + \beta_2 X_2 + \dots + \beta_n X_n + \varepsilon$$

Bu yerda Y — model maqsadiga mos ravishda tanlanadigan mustaqil natijaviy ko'rsatkichdir. Amaliy validatsiyada u hosildorlik, sof daromad yoki yer samaradorligini tashqi tomondan ifodalovchi boshqa mustaqil mezon sifatida belgilanishi mumkin. Y ning aniq tanlovi tadqiqot hududi, ma'lumotlar mavjudligi va baholash maqsadiga bog'liq bo'lib, STAT vaznlarining mazmuniy talqiniga bevosita ta'sir qiladi.

Standartlashtirilgan beta-koeffitsiyentlar asosida statistik vazn:

$$w_i^{(\text{stat})} = \frac{|\beta_i|}{\sum_{i=1}^n |\beta_i|}$$
$$\sum_{i=1}^n w_i^{(\text{stat})} = 1$$

2.4. AHP vazni va muvofiqlik nazorati

Ekspertlar mezonlarni Saaty 1–9 shkalasi bo'yicha juftlikda taqqoslaydi. Matritsa mantiqiy muvofiqligi CI va CR ko'rsatkichlari bilan tekshiriladi:

$$CI = \frac{\lambda_{\max} - n}{n - 1}$$
$$CR = \frac{CI}{RI}$$
$$CR < 0,10$$

$CR < 0,10$ sharti bajarilganda ekspert baholari keyingi gibril hisoblash uchun qabul qilinadi.

AHP baholash jarayonida yer tuzish, tuproqshunoslik, melioratsiya, GIS va qishloq xo'jaligi iqtisodiyoti yo'nalishlarida tajribaga ega mutaxassislarning ekspert baholaridan foydalanish nazarda tutiladi. Ekspertlar tomonidan shakllantirilgan juftlik taqqoslash matritsalarining mantiqiy muvofiqligi CR ko'rsatkichi orqali tekshiriladi va $CR < 0,10$ bo'lgan natijalar qabul qilinadi.

Amaliy qo'llashda ekspertlar soni, ularni tanlash mezonlari, mutaxassislik yo'nalishi va ish tajribasi alohida qayd etilishi, individual juftlik taqqoslash matritsalarini esa guruh AHP talablariga muvofiq agregatsiya qilinishi lozim. Bu ekspert vaznlarining takrorlanuvchanligi va metodik shaffofligini oshiradi.

2.5. Gibril STAT–AHP vazni va λ optimallashtirish

Taklif etilayotgan metodikaning markaziy elementi statistik obyektivlik va ekspert tajribasini bitta vazn koeffitsiyentida birlashtirishdir:

$$w_i = \lambda \cdot w_i^{(\text{stat})} + (1 - \lambda) \cdot w_i^{(\text{AHP})}$$
$$0 \leq \lambda \leq 1, \quad \sum w_i = 1$$

$\lambda = 0$ holatda model sof AHP, $\lambda = 1$ holatda sof statistik modelga aylanadi. $\lambda = 0,5$ teng ulushli gibril holatni bildiradi. Biroq takomillashtirilgan variantda λ ni oldindan belgilash emas, validatsiya mezone bo'yicha optimallashtirish taklif etiladi:

$$\lambda^* = \arg \max_{\lambda} Q(\lambda), \quad \lambda \in \{0; 0,1; 0,2; \dots; 0,9; 1,0\}$$

Agar mustaqil natijaviy ko'rsatkich Y mavjud bo'lsa, $Q(\lambda)$ sifatida $|r(MLI(\lambda), Y)|$ yoki prognoz xatosiga asoslangan mezon qo'llanishi mumkin. Real regressiya va ekspert matritsasi mavjud bo'lmaguncha λ^* sonli qiymatini ilmiy natija sifatida berish mumkin emas; shu sababli maqolada ushbu bosqich validatsiya protokoli sifatida ko'rsatiladi.

Validatsiya faqat korrelyatsiya bilan cheklanmasligi maqsadga muvofiq. Yetarli kuzatuvlar mavjud bo'lganda k-fold cross-validation, RMSE/MAE, Spearman rank korrelyatsiyasi va klassifikatsiya barqarorligi birgalikda qo'llanishi mumkin. Bu λ^* tanlovining tasodifiy namunaga ortiqcha moslashib qolishini kamaytiradi.

Sezgirlik tahlilida har bir w_i vazn $\pm 10\%$ o'zgartirilib, MLI va kontur reytingidagi siljish baholanadi. Reyting keskin o'zgarib model robust, katta siljish kuzatilsa esa tegishli indikator bo'yicha ma'lumot sifati va vaznni qayta tekshirish zarur deb qaraladi.

2.6. MLI, LPI va dominant cheklovchi omil

$$MLI_j = \sum w_i \cdot x_{ij}^*, \quad 0 \leq MLI_j \leq 1$$

$$LPI_j = 1 - MLI_j$$

$$D_{ij} = w_i \cdot (1 - x_{ij}^*)$$

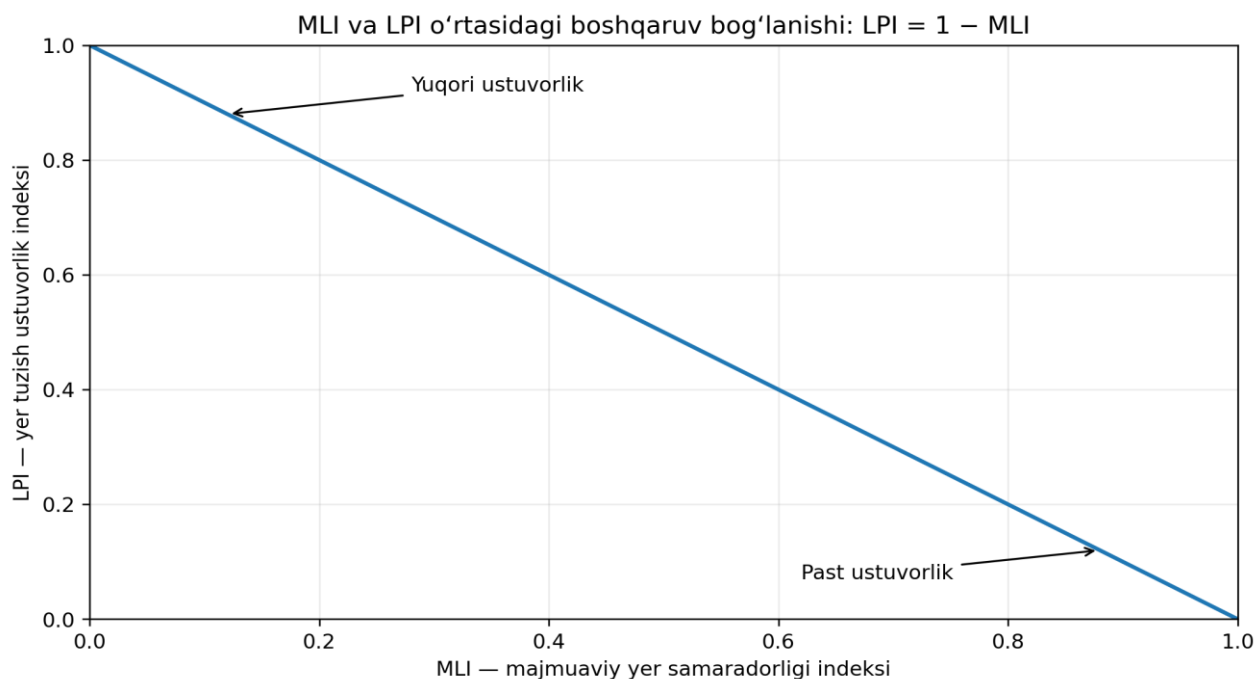
$$D_j(\max) = \max_i [D_{ij}]$$

LPI mustaqil statistik indeks emas, balki MLI natijasini boshqaruv ustuvorligi nuqtayi nazaridan teskari interpretatsiya qiluvchi qaror ko'rsatkichi hisoblanadi. Shu sababli LPI yangi axborot hosil qilishdan ko'ra, MLI qiymatini yer tuzish aralashuvining ustuvorlik darajasiga transformatsiya qilish vazifasini bajaradi.

MLI yer konturining majmuaviy qulayligini, LPI yer tuzish aralashuvining ustuvorligini, D_{ij} esa integral bahoni pasaytirayotgan dominant cheklovchi omilni ifodalaydi. Mazkur uchlikning funksional mantiqi quyidagicha: **MLI – holat indeksi; LPI – boshqaruv ustuvorligi indeksi; D_{ij} - sabab diagnostikasi**. Shuning uchun bir xil MLI qiymatiga ega ikki kontur turli dominant cheklovga ega bo'lsa, ular uchun turli yer tuzish tadbirlari tavsiya etiladi.

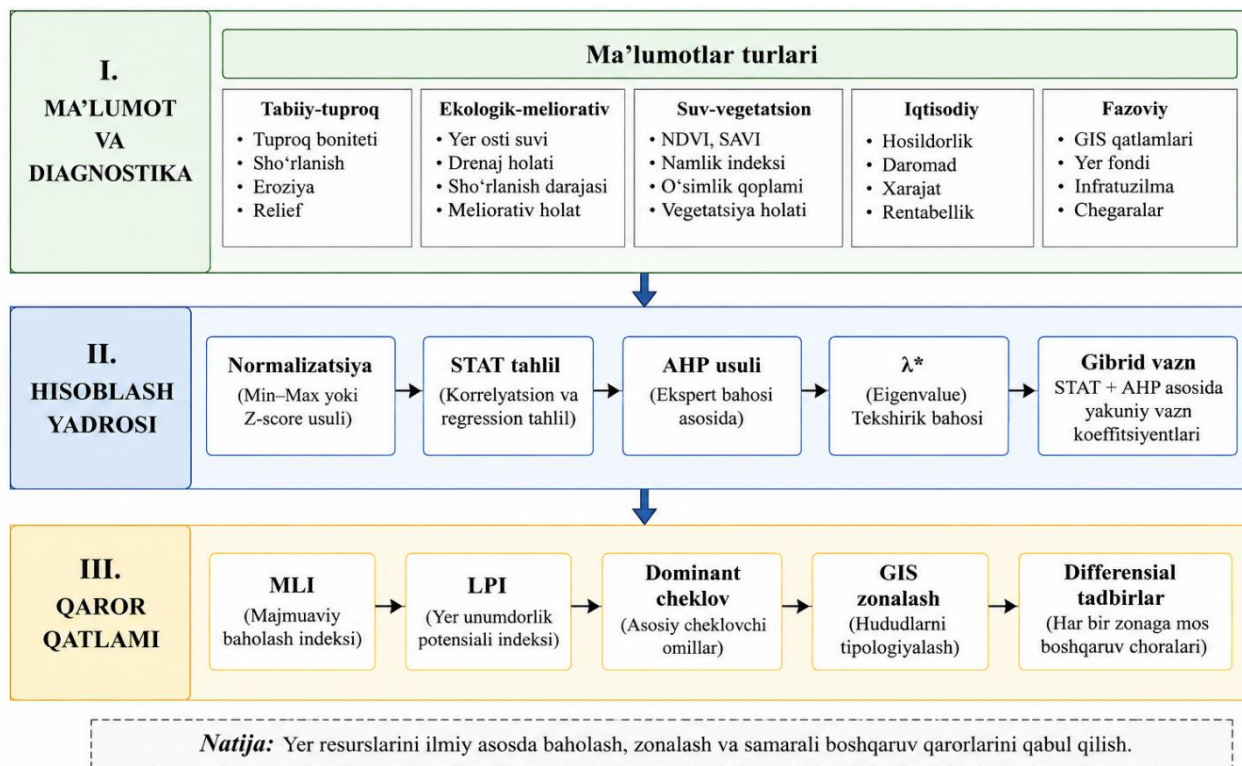
GIS muhitida MLI va LPI ko'rsatkichlari raster yoki vektor qatlamlari ko'rinishida fazoviy ifodalanadi, D_{ij} esa atributlar jadvalida har bir kontur uchun dominant cheklovchi omil bilan bog'lanadi. Natijada tematik zonalar nafaqat integral baholash klasslarini, balki hududda amalga oshirilishi zarur bo'lgan aniq boshqaruv tadbirlarini ham ifodalaydi. **MLI qiymatining pasayishi yer konturida ekologik, meliorativ, iqtisodiy yoki antropogen cheklovlarning kuchayganligini, unga teskari ravishda LPI qiymatining ortishi esa mazkur konturda yer tuzish tadbirlarini amalga oshirish ustuvorligi yuqorilashini ko'rsatadi**. Shu tariqa integral baholash natijasi oddiy diagnostik ko'rsatkichdan amaliy qaror qabul qilish vositasiga aylantiriladi.

Dominant cheklovchi omilni aniqlash esa har bir kontur uchun muammoning asosiy sababini ajratib ko'rsatish imkonini beradi. Masalan, D_{ij} ning eng katta qiymati sho'rlanish indikatoriga to'g'ri kelsa, mazkur konturda meliorativ tadbirlar; suv ta'minoti indikatoriga to'g'ri kelsa, sug'orish tizimini takomillashtirish; tuproq unumdorligi bilan bog'liq bo'lsa, agrotexnik va tuproqni yaxshilash tadbirlari ustuvor yo'nalish sifatida belgilanadi. **$D_j(\max)$** ko'rsatkichi shu tariqa har bir fazoviy birlik uchun boshqaruv qarorining maqsadli yo'nalishini belgilashga xizmat qiladi.



2-rasm. MLI va LPI indekslarining boshqaruv bog'lanishi

Bundan tashqari, MLI, LPI va D_{ij} ko'rsatkichlarining yagona GIS ma'lumotlar bazasida integratsiyalanishi yer konturlarini ustuvorlik darajasi bo'yicha guruhlash, muammoli zonalarini ajratish va resurslarni hududlar kesimida differensial taqsimlash imkonini beradi. Bu yondashuv bir xil integral bahoga ega, biroq cheklovchi omillari turlicha bo'lgan konturlarga bir xil tavsiya berish holatini bartaraf etadi. Natijada **“holatni baholash → ustuvorlikni aniqlash → sababni**



diagnostika qilish → GIS zonalash → differensial yer tuzish tadbirini tanlash” ketma-ketligidagi yaxlit qaror qabul qilish mexanizmi shakllanadi.

3-rasm. STAT–AHP–GIS modelining uch qatlamli funksional arxitekturasini

3. NATIJALAR VA MODELLASHTIRISH DEMONSTRATSIYASI

Taklif etilgan STAT–AHP–GIS modeli muayyan ma'muriy hudud bilan cheklanmagan universal metodik yondashuv sifatida ishlab chiqilgan. Shu sababli mazkur bo'limda modelning ishlash ketma-ketligi shartli yer konturlari va demonstratsion qiymatlar asosida ko'rsatiladi. Keltirilgan hisoblashlar aniq hududning real empirik natijalari sifatida emas, balki statistik va ekspert vaznlarini gibridlashtirish, MLI va LPI indekslarini hisoblash hamda dominant cheklovchi omilni aniqlash mexanizmini ochib beruvchi metodik misol sifatida talqin qilinadi.

3.1. Demonstratsion indikatorlar tizimi

Taklif etilgan modelda sho'rlanish ekologik-meliorativ blokning cost-mezoni sifatida baholanadi. Sho'rlanish darajasi ortishi normalizatsiyalangan x^* qiymatining kamayishiga, natijada MLI pasayishi va LPI oshishiga olib keladi. Shu tariqa meliorativ cheklov integral indeks va boshqaruv ustuvorligiga bevosita bog'lanadi. Bunday yondashuv sho'rlanishning yer holatiga ta'sirini faqat alohida ko'rsatkich sifatida emas, balki boshqa tabiiy, meliorativ va iqtisodiy omillar bilan o'zaro bog'liqlikda miqdoriy baholash imkonini beradi.

3-jadval. Model hisoblashini namoyish etuvchi namunaviy indikatorlar

Indikator	Belgisi	Yo'nalishi
Tuproq boniteti	X_1	benefit
Sho'rlanish	X_2	cost
Suv bilan ta'minlanganlik	X_3	benefit
NDVI	X_4	benefit
Rentabellik	X_5	benefit

Modelning hisoblash mexanizmini ko'rsatish maqsadida beshta asosiy indikator tanlab olinib, ular X_1 – X_5 ko'rinishida belgilandi. Ushbu indikatorlar taklif etilgan modelning turli funksional bloklarini ifodalovchi namunaviy mezonlar hisoblanadi.

Konturlar kesimida hisoblangan MLI va LPI qiymatlari hududiy o'rtacha ko'rsatkichlar bilan cheklanib qolmasdan, qaysi yer uchastkasida aralashuv birinchi navbatda zarurligini aniqlash imkonini beradi. D_{ij} ko'rsatkichi esa aynan qaysi mezon - sho'rlanish, suv ta'minoti, tuproq sifati, vegetatsiya yoki iqtisodiy samaradorlik - integral bahoni pasaytirayotganini ko'rsatadi. Natijada har bir kontur uchun umumiy baho bilan bir qatorda, uning holatini cheklayotgan asosiy omil ham aniqlanib, maqsadli yer tuzish tadbirlarini tanlash uchun diagnostik asos yaratiladi. GIS muhitida ushbu natijalarni fazoviy qatlamlar ko'rinishida aks ettirish esa ustuvor konturlarni ajratish, ularni muammo turi bo'yicha guruhlash va yer tuzish tadbirlarini differensial rejalashtirish imkonini beradi.

3.2. STAT va AHP vaznlarini gibridlashtirishning demonstratsion natijasi

4-jadval. STAT va AHP vaznlarini gibridlashtirishning demonstratsion natijasini topish

Indikator	$w_i(\text{stat})$	$w_i(\text{AHP})$	λ	Yakuniy w_i
X_1	0,300	0,260	0,60	0,284
X_2	0,250	0,290	0,60	0,266
X_3	0,200	0,210	0,60	0,204
X_4	0,150	0,140	0,60	0,146
X_5	0,100	0,100	0,60	0,100
Jami	1,000	1,000	—	1,000

$$w_i = \lambda w_i^{(stat)} + (1 - \lambda) w_i^{(AHP)}$$

Demonstratsion hisoblashda $\lambda=0,60$ qiymati optimal empirik natija sifatida emas, balki gibrid vaznning shakllanish prinsipini ko'rsatish uchun shartli qiymat sifatida qabul qilingan. Mazkur holatda yakuniy vaznning 60 foizi STAT, 40 foizi esa AHP vaznlari hissasiga to'g'ri keladi. Hisoblash natijasida barcha yakuniy vaznlarning yig'indisi $\sum w_i=1,000$ shartini qanoatlantirishi indikatorlarning integral baholash tizimidagi nisbiy ulushlari me'yorlashtirilganligini ko'rsatadi.

Modelning amaliy qo'llanilishida esa λ koeffitsiyentini oldindan belgilangan doimiy qiymat sifatida qabul qilish emas, balki mavjud empirik ma'lumotlarning xususiyatidan kelib chiqib validatsiya mezonini asosida optimallashtirish nazarda tutiladi. Shu sababli optimal λ^* qiymati tanlangan validatsiya mezonining eng yaxshi natijasini ta'minlovchi qiymat sifatida aniqlanadi. Bunday yondashuv STAT va AHP vaznlari o'rtasidagi nisbatni ilmiy asosda muvozanatlashtirish, subyektivlik ta'sirini kamaytirish hamda keyingi bosqichda hisoblanadigan MLI, LPI va D_{ij} ko'rsatkichlarining metodik barqarorligini oshirishga xizmat qiladi.

3.3. Taklif etilgan modelning metodik ustunliklari

5-jadval. Taklif etilgan modelning metodik farqlari

Baholash elementi	An'anaviy yondashuv	Taklif etilgan model
Baholash birligi	hududiy o'rtacha	yer konturi
Mezonlar	alohida ko'rsatkichlar	integratsiyalashgan indikator bloklari
Vaznlash	shartli yoki ekspert	STAT + AHP gibrid vazn
Subyektivlik nazorati	cheklangan	CR va λ validatsiyasi
Natija	tavsifiy klass	MLI + LPI + D_{ij}
Fazoviy boshqaruv	umumiy tavsiya	GIS asosida differensial qaror

6-jadval. Takomillashtirilgan modelning hisoblash va nazorat matritsasi

Bosqich	Kirish ma'lumoti	Hisoblash	Nazorat mezonini	Chiqish natijasi
1	x_{ij} indikatorlar	benefit/cost normalizatsiya	$0 \leq x^* \leq 1$	standartlashtirilgan matritsa
2	x^*, Y	korrelyatsiya, VIF, regressiya	p-value, R^2 , VIF	$w(stat)$
3	ekspert hukmlari	AHP juftlik taqqoslash	CR<0,10	$w(AHP)$
4	ikki vazn tizimi	gibrid integratsiya	λ validatsiyasi	yakuniy w_i
5	w_i va x^*	MLI, LPI, D_{ij}	sezgirlik/robustlik	GIS qaror zonalari

3.4. Shartli yer konturi uchun MLI hisoblash

7-jadval. Shartli yer konturining majmuaviy samaradorligini baholash jadvali

Indikator	Normalizatsiyalangan qiymat x_i^*	Yakuniy vazn w_i	$w_i \cdot x_i^*$
X_1	0,80	0,284	0,2272
X_2	0,60	0,266	0,1596
X_3	0,75	0,204	0,1530
X_4	0,85	0,146	0,1241
X_5	0,70	0,100	0,0700
Jami	—	1,000	0,7339

$$MLI_j = \sum_{i=1}^m w_i x_{ij}^*$$

Demak: $MLI_1 = 0,7339 \approx 0,734$

Hisoblash natijasiga ko'ra, shartli C_1 yer konturining majmuaviy yer samaradorligi indeksi $MLI = 0,734$ ga teng bo'ldi. Mazkur qiymat yer konturining umumiy holati nisbatan qulay ekanligini, biroq ayrim mezonlar bo'yicha cheklovlar mavjudligini ko'rsatadi.

3.5. LPI asosida boshqaruv ustuvorligini aniqlash

$$LPI_j = 1 - MLI_j$$

$$LPI_1 = 1 - 0,734 = 0,266$$

Shartli C_1 konturi uchun $LPI = 0,266$ ni tashkil etdi. Taklif etilgan metodik klassifikatsiyaga muvofiq, mazkur qiymat past boshqaruv ustuvorligi toifasiga mos keladi. Bu ushbu yer konturida favqulodda kompleks aralashuv talab etilmasligini, biroq aniqlangan cheklovchi omil bo'yicha profilaktik yoki maqsadli tadbirlarni amalga oshirish maqsadga muvofiqligini bildiradi.

3.6. Dominant cheklovchi omilni aniqlash. $D_{ij} = w_i(1 - x_{ij}^*)$

8-jadval. Dominant cheklovchi omilni

aniqlash jadvali

Indikator	w_i	x_i^*	D_{ij}
X_1 – bonitet	0,284	0,80	0,0568
X_2 – sho'rlanish	0,266	0,60	0,1064
X_3 – suv ta'minoti	0,204	0,75	0,0510
X_4 – NDVI	0,146	0,85	0,0219
X_5 – rentabellik	0,100	0,70	0,0300

Shundan: $D_j^{(max)} = 0,1064$ va u X_2 — **sho'rlanishga** to'g'ri keladi.

Hisoblash natijasida eng katta D_{ij} qiymati sho'rlanish indikatorida kuzatildi. Demak, shartli C_1 konturining umumiy MLI qiymatini pasaytirayotgan asosiy omil sho'rlanish hisoblanadi. Shu sababli mazkur kontur bo'yicha yer tuzish qarori umumiy integral bahoga emas, aynan ekologik-meliorativ cheklovni kamaytirishga yo'naltirilishi lozim.

3.7. STAT–AHP–GIS modeli bo'yicha shartli yer konturlarini baholash natijasi

9-jadval. STAT–AHP–GIS modeli bo'yicha

shartli yer konturlari

Kontur	MLI	LPI	Dominant cheklov	Ustuvorlik	Tavsiya etiladigan yo'nalish
C_1	0,734	0,266	Sho'rlanish	past	profilaktik meliorativ tadbir
C_2	0,585	0,415	Suv ta'minoti	o'rta	suv ta'minotini yaxshilash
C_3	0,372	0,628	Sho'rlanish	yuqori	meliorativ tadbir
C_4	0,812	0,188	Rentabellik	juda past	mavjud foydalanishni saqlash
C_5	0,164	0,836	Tuproq sifati	juda yuqori	kompleks tiklash

C_1 – C_5 konturlari va ularning qiymatlari modelning funksional ishlashini ko'rsatishga mo'ljallangan shartli demonstratsion misol bo'lib, muayyan hududning empirik natijalarini ifodalamaydi.

3.8. LPI asosida differensial yer tuzish qarorlari

LPI qiymatlarini boshqaruv qaroriga transformatsiya qilish

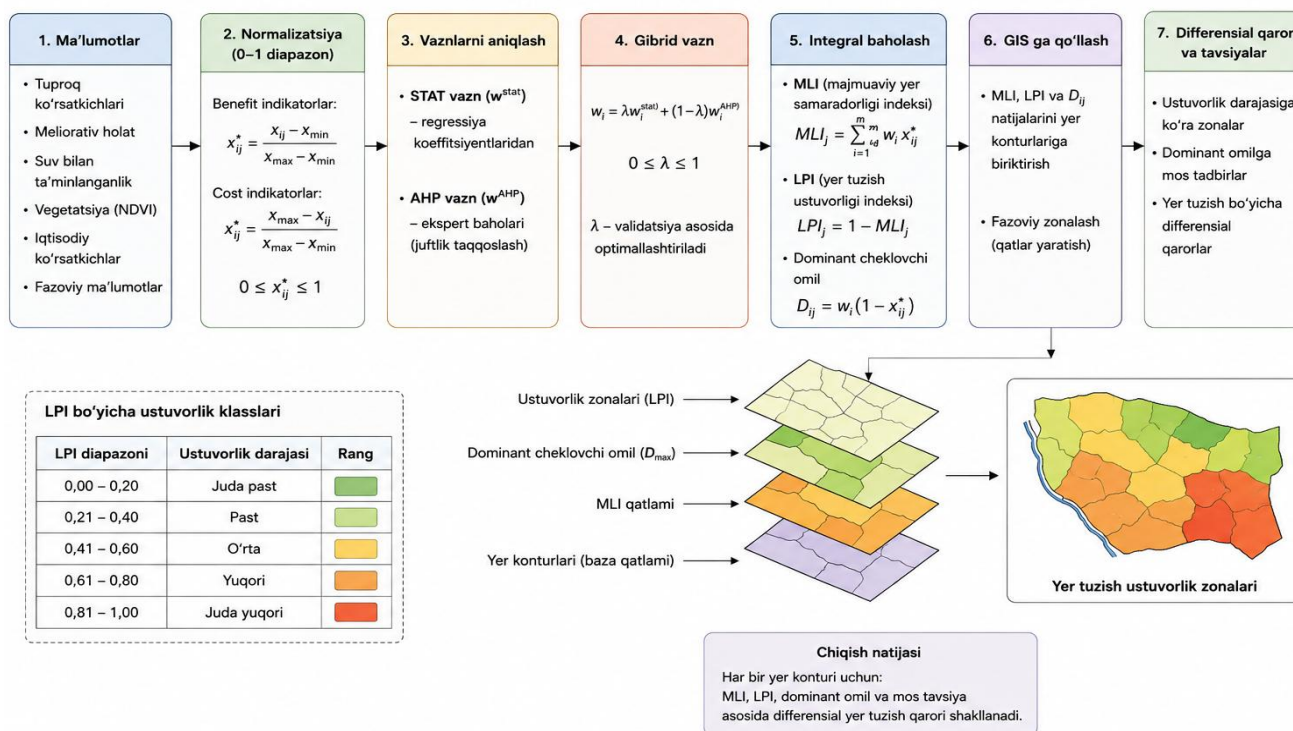
10-jadval. LPI asosida yer

tuzish ustuvorligini talqin qilish

LPI diapazoni	Holat	Ustuvorlik	Tavsiya etiladigan qaror
0,00–0,20	juda qulay	juda past	mavjud foydalanishni saqlash
0,21–0,40	qulay	past	profilaktik agrotexnik tadbirlar
0,41–0,60	o'rtacha	o'rta	cheklovchi omil bo'yicha maqsadli chora
0,61–0,80	noqulay	yuqori	meliorativ/suv xo'jaligi tadbirlarini ustuvorlashtirish
0,81–1,00	juda noqulay	juda yuqori	kompleks qayta tashkil etish va tiklash choralari

Ushbu diapazonlar metodik klassifikatsiya bo'lib, normativ davlat chegaralari sifatida talqin qilinmaydi. To'liq kontur ma'lumotlari mavjud bo'lganda klasslar Jenks Natural Breaks, kvantil yoki klasterlash usuli bilan empirik aniqlashtirilishi mumkin.

STAT–AHP–GIS modeli natijalarini fazoviy zonalashning konseptual sxemasi



4-rasm. STAT–AHP–GIS modelini natijalarining fazoviy zonalashning konseptual

sxemasi

4. MUHOKAMA

Taklif etilgan modelning asosiy ilmiy afzalligi STAT, AHP va GISning vazifalarini aniq ajratib, keyin ularni yagona qaror zanjirida birlashtirishidir. STAT komponenti real ma'lumotlardagi empirik bog'liqlikni, AHP komponenti mutaxassislarning mazmuniy bilim va tajribasini, GIS esa natijaning yer konturi darajasidagi fazoviy differentsiatsiyasini ta'minlaydi. Shu jihatdan model faqat mezonlarni vaznlash bilan cheklanmay, vaznlarning kelib chiqishi, ularning o'zaro muvozanati va yakuniy qarorga ta'sirini izchil nazorat qilish imkonini beradi.

STAT va AHP vaznlarini λ parametri orqali gibridlashtirishning metodik ahamiyati shundaki, u faqat ekspert hukmiga yoki faqat statistik bog'liqlikka tayanishdan kelib chiqadigan bir tomonlama cheklovlarni kamaytirishga qaratilgan. λ^* ni validatsiya mezoni asosida tanlash vaznlar nisbatini ma'lumotlar sifati va tashqi natijaviy ko'rsatkich bilan moslashtirish imkonini beradi. Biroq ushbu afzallik real ma'lumotlar bazasida cross-validation va sezgirlik tahlili orqali tekshirilgandagina empirik ustunlik sifatida talqin qilinishi mumkin.

Modelni oddiy vaznlangan yig'indi modelidan ajratib turuvchi jihat — vaznlarning kelib chiqishi va qaror mexanizmining alohida validatsiya qilinishidir. STAT qismi empirik bog'liqlikni, AHP qismi ekspert hukmini, λ esa ularning ishonchlilik nisbatini ifodalaydi.

Taklif etilgan yondashuv turli tabiiy-iqtisodiy sharoitlarga moslashuvchan: indikatorlar tarkibi hudud xususiyatiga qarab o'zgarishi mumkin, biroq normalizatsiya $\rightarrow$ STAT $\rightarrow$ AHP $\rightarrow$ gibrid vazn $\rightarrow$ MLI/LPI $\rightarrow$ diagnostika $\rightarrow$ GIS qaror algoritmi saqlanib qoladi.

MLI va LPI indekslarining juft qo'llanishi baholashni boshqaruv tiliga o'tkazadi: MLI «yer qanchalik qulay?» savoliga, LPI esa «qayerga birinchi navbatda aralashish kerak?» savoliga javob beradi. D_{ij} ko'rsatkichi esa «nima sababdan?» degan diagnostik savolni hal qiladi.

MLI–LPI– D_{ij} uchligi oddiy weighted overlay natijasidan farqli ravishda uch xil boshqaruv savoliga javob beradi: MLI yer konturining umumiy qulaylik darajasini, LPI aralashuvning nisbiy ustuvorligini, D_{ij} esa integral bahoni pasaytirayotgan asosiy sababni ko'rsatadi. Bu ayniqsa bir xil yoki yaqin MLI qiymatiga ega, biroq cheklovchi omillari turlicha bo'lgan konturlar uchun muhim bo'lib, bir xil tavsiya berish xavfini kamaytiradi.

Modelning cheklovi shundaki, regressiya asosidagi $w(\text{stat})$, AHP matritsasi, λ^* va kontur bo'yicha MLI/LPI qiymatlarini haqiqiy sonlarda olish uchun bir xil davrga va bir xil fazoviy birlikka moslangan to'liq ma'lumotlar bazasi zarur. Mazkur maqolada mavjud empirik sho'rlanish ma'lumotlari muammoning miqyosini ko'rsatadi, qolgan gibrid komponentlar esa takomillashtirilgan hisoblash protokoli sifatida asoslanadi. Bu farq sun'iy natijalar kiritilishining oldini oladi.

Kelgusidagi empirik sinovlarda modelning barqarorligini kamida uch yo'nalishda tekshirish maqsadga muvofiq: birinchidan, turli λ qiymatlarida MLI va kontur reytinglarining sezgirligini baholash; ikkinchidan, mustaqil natijaviy ko'rsatkich Y bo'yicha prognoz yoki korrelyatsion validatsiya o'tkazish; uchinchidan, GIS zonalarining vaqt bo'yicha takrorlanuvchanligini tekshirish. Shunda taklif etilgan metodik protokol konseptual modeldan to'liq validatsiyalangan amaliy qaror tizimiga o'tadi.

5. ILMIY YANGILIK

1. Tabiiy-tuproq, ekologik-meliorativ, suv-vegetatsion, iqtisodiy va fazoviy indikatorlarni yer konturi darajasida yagona STAT–AHP–GIS tizimiga integratsiyalash modeli ishlab chiqildi.

2. Statistik regressiya va ekspert baholarini $w_i = \lambda \cdot w_i(\text{stat}) + (1-\lambda) \cdot w_i(\text{AHP})$ formulasi orqali birlashtiruvchi gibrid vaznlash mexanizmi taklif etildi.

3. λ parametrini shartli 0,5 qiymatida qabul qilish o'rniga $\lambda^* = \arg \max Q(\lambda)$ validatsiya mezoni asosida optimallashtirish protokoli ishlab chiqildi.

4. Yer holatini boshqaruv qaroriga transformatsiya qiluvchi $MLI_j = \sum w_i x_{ij}^*$ va $LPI_j = 1 - MLI_j$ indeksleri tizimi taklif qilindi.

5. Integral bahoning pasayish sababini aniqlash uchun $D_{ij} = w_i(1 - x_{ij}^*)$ dominant cheklovchi omil modeli kiritilib, «baholash $\rightarrow$ diagnostika $\rightarrow$ ustuvorlashtirish $\rightarrow$ GIS zonalar $\rightarrow$ differensial yer tuzish qarori» mexanizmi shakllantirildi.

6. XULOSA

1. Majmuaviy baholashda tabiiy-tuproq, ekologik-meliorativ, suv-vegetatsion, iqtisodiy va fazoviy indikatorlarni yagona tizimda integratsiyalash zarurligi asoslandi.

2. Yer tuzishni majmuaviy baholash uchun normalizatsiya $\rightarrow$ STAT $\rightarrow$ AHP $\rightarrow$ gibrid vazn $\rightarrow$ MLI $\rightarrow$ LPI $\rightarrow$ dominant cheklov $\rightarrow$ GIS $\rightarrow$ qaror ketma-ketligidagi yaxlit model taklif etildi.

3. Gibridd vaznlash statistik obyektivlik va ekspert bilimlarini birlashtiradi; λ ni validatsiya orqali tanlash modelning subyektivligini kamaytirishga xizmat qiladi.

4. MLI, LPI va D_{ij} ning birgalikdagi qo‘llanishi yerning holati, aralashuv ustuvorligi va muammoning sababini bitta qaror tizimida ifodalash imkonini beradi.

5. Demonstratsion hisoblashda C_1 shartli konturi uchun $MLI = 0,734$, $LPI = 0,266$ va $D_{max} = 0,1064$ aniqlanib, dominant cheklov sifatida sho‘rlanish ajratildi. Ushbu sonlar muayyan hududning empirik natijasi emas, balki modelning «integral baho → ustuvorlik → sabab diagnostikasi → differensial qaror» funksional zanjirini namoyish etuvchi metodik misoldir.

6. To‘liq kontur ma’lumotlari bazasi shakllantirilganda model regressiya koeffitsiyentlari, AHP vaznlari, λ^* , MLI/LPI, D_{ij} va GIS zonalari bo‘yicha to‘liq empirik validatsiyadan o‘tkazilishi lozim.

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR

1. FAO. A Framework for Land Evaluation. FAO Soils Bulletin 32. Rome, 1976.
2. FAO. Guidelines for Land-Use Planning. Rome.
3. Saaty T.L. The Analytic Hierarchy Process. New York: McGraw-Hill, 1980.
4. Malczewski J. GIS and Multicriteria Decision Analysis. New York: John Wiley & Sons, 1999.
5. Tucker C.J. Red and photographic infrared linear combinations for monitoring vegetation // Remote Sensing of Environment. 1979. Vol. 8. P. 127–150.
6. Xu H. Modification of normalised difference water index to enhance open water features in remotely sensed imagery // International Journal of Remote Sensing. 2006. Vol. 27.
7. ESA. Sentinel-2 User Handbook. European Space Agency.
8. QGIS Development Team. QGIS Geographic Information System.
9. O‘zbekiston Respublikasi yer resurslaridan oqilona foydalanish va yer munosabatlarini tartibga solishga oid amaldagi normativ-huquqiy hujjatlar.
10. Yer resurslarini ekologik-iqtisodiy baholash va ko‘p mezonli fazoviy tahlilga oid zamonaviy ilmiy tadqiqotlar.