

TUSHUNTIRILADIGAN SUN'IY INTELLEKT IZCHILLIGIGA ASOSLANGAN MOSLASHTIRILGAN KO'P MEZONLI BAHOLASH MODELI

Yuldashev Nodirbek Abdumannob o'g'li
p.f.f.d., (PhD), Andijon davlat texnika instituti
nodirbek4405979@gmail.com Tel: +99897 1640396
DOI: <https://doi.org/10.5281/zenodo.21929800>

Annotatsiya. Mashinaviy o'rganish modellari qaror qo'llab-quvvatlash tizimlarida yuqori bashorat aniqligini ta'minlasa-da, «qora quti» xarakteri yakuniy tavsiyani himoya qilishni qiyinlashtiradi. Mavjud yondashuvlarda tushuntiriladigan sun'iy intellekt (TSI) ko'pincha baholash siklidan tashqaridagi post-hoc modul bo'lib qoladi, mezon vaznlari esa statik qabul qilinadi. Maqolada TSI tushuntirishlarining izchillik (faithfulness) ko'rsatkichi orqali mezon vaznlarini iterativ moslashtiruvchi matematik model taklif etiladi. Entropiya usuli va ekspert baholari kombinatsiyasidan hosil bo'lgan boshlang'ich vaznlar atributsiya vektorlarining normallashtirilgan qaror matritsasi bilan rang korrelyatsiyasi asosida yangilanadi hamda birlik simpleksga proyeksiya orqali barqarorlashtiriladi. $O(t \cdot m \cdot n)$ murakkablikdagi ATSI-MCDM algoritmi klassik TOPSIS va statik TSI-MCDM sxemalaridan farqli ravishda rang barqarorligi bilan tushuntirish izchilligini bir vaqtda hisobga oladi. Model yuqori mas'uliyatli sohalarda shaffof, auditga tayyor qaror qo'llab-quvvatlashiga xizmat qiladi.

Kalit so'zlar: tushuntiriladigan sun'iy intellekt (TSI), ko'p mezonli qaror qabul qilish, moslashuvchan vaznlash, entropiya usuli, rang korrelyatsiyasi, qaror qo'llab-quvvatlash tizimi.

Аннотация. Модели машинного обучения в системах поддержки принятия решений достигают высокой точности прогнозирования, однако их «черноящикный» характер затрудняет обоснование окончательных рекомендаций. В существующих подходах объяснимый искусственный интеллект (XAI) обычно остается модулем, выполняемым постфактум вне цикла оценки, в то время как весовые коэффициенты критериев считаются статическими. В данной статье предлагается математическая модель, которая итеративно адаптирует весовые коэффициенты критериев в зависимости от достоверности объяснений XAI. Начальные весовые коэффициенты, полученные путем сочетания метода энтропии и экспертных оценок, обновляются в соответствии с ранговой корреляцией между векторами атрибуции и нормализованной матрицей решений и стабилизируются путем проекции на единичный симплекс. Полученный алгоритм AXAI-MCDM со сложностью $O(t \cdot m \cdot n)$, в отличие от классического TOPSIS и статических схем XAI-MCDM, одновременно учитывает стабильность ранга и согласованность объяснений. Модель обеспечивает прозрачную, готовую к аудиту поддержку принятия решений в областях с высокими ставками.

Ключевые слова: объяснимый искусственный интеллект, многокритериальное принятие решений, адаптивное взвешивание, метод энтропии, ранговая корреляция, система поддержки принятия решений.

Abstract. Machine learning models in decision support systems achieve high predictive accuracy, yet their black-box nature hampers the justification of final recommendations. In existing approaches, explainable AI (XAI) typically remains a post-hoc module outside the evaluation cycle, while criterion weights are assumed static. This paper proposes a mathematical model that iteratively adapts criterion weights through the faithfulness of XAI explanations. Initial weights obtained from a combination of the entropy method and expert judgments are updated according to the rank correlation between attribution vectors and the normalized decision matrix and stabilized by projection onto the unit simplex. The resulting AXAI-MCDM algorithm of $O(t \cdot m \cdot n)$ complexity, unlike classical TOPSIS and static XAI-MCDM schemes, jointly accounts for rank stability and explanation consistency. The model serves transparent, audit-ready decision support in high-stakes domains.

Keywords: explainable artificial intelligence, multi-criteria decision making, adaptive weighting, entropy method, rank correlation, decision support system.

1. KIRISH. Sun'iy intellekt tizimlari tibbiyot, moliya, energetika va muhandislik loyihalash kabi qarorlarning narxi yuqori bo'lgan sohalarga chuqur kirib bordi. Mashinaviy o'rganish modellari katta hajmdagi ma'lumotlardan murakkab bog'liqliklarni ajratib olishda inson ekspertidan kam bo'lgan aniqlik ko'rsatadi. Biroq amaliyot ko'rsatishicha, bashorat aniqligining o'sishi yagona yetarli mezon emas: model qanday xulosaga kelganini tushuntira olmasa, uning tavsiyasiga tayanib qaror qabul qilish

institutsional jihatdan himoyasiz qoladi. Xususan, qaror natijasi inson salomatligi, moliyaviy barqarorlik yoki infratuzilma xavfsizligiga bevosita ta'sir etadigan vaziyatlarda shaffoflik talab qilinadi.

Shu ehtiyojdan tushuntiriladigan sun'iy intellekt (TSI) yo'nalishi shakllandi va so'nggi yillarda uning usullari, taksonomiyasi hamda baholash amaliyoti bo'yicha yetuk sharhlar paydo bo'ldi [14, 15, 18, 19]. Ammo so'nggi tadqiqotlar tushuntirishning o'zi ham ishonchlik muammosidan xoli emasligini ko'rsatdi: Thuy va Benoît [20] neyron tarmoqlarda noaniqlik baholari bilan tushuntirishlar uzviy bog'lanmaganini, Bayer va hamkasblari [4] esa soha ekspertizasining TSI tavsiyalariga ishonchda hal qiluvchi rol o'ynashini empirik asosda ko'rsatdi. Demak, tushuntirishning mavjudligi yetarli emas uning qaror mezonlari bilan izchilligini miqdoriy baholash zarur.

Parallel ravishda ko'p mezonli qaror qabul qilish (MCDM) apparati TOPSIS, AHP, VIKOR va ularning entropiyaviy modifikatsiyalari muqobillarni o'zaro zid mezonlar bo'yicha reytinglashning yetuk usullarini taklif qiladi. Chen [8] entropiya vaznining TOPSIS natijalariga ta'sirini tizimli tahlil qildi, Chen [7] entropiya-AHP kombinatsiyasi orqali subyektiv va obyektiv vaznlarni muvozanatladi, Zhang va hamkasblari [21] ulrang axborot entropiyasiga asoslangan umumlashtirilgan modelni taklif etdi. Ushbu yo'nalishdagi tub cheklov vaznlar bir marta aniqlangach, baholash jarayonining qolgan qismida o'zgarmas qoladi.

TSI va MCDM kesishmasida ham muhim ishlar mavjud: moliyaviy MCDM da TSI qo'llanilishi sharhlangan [9], noaniq mantiq asosidagi MCDM LIME bilan birlashtirilgan [2], GIS va noaniq to'plamlar XAI bilan integratsiyalangan [1], turizm iqtisodiyotida TSI-MCDM kombinatsiyasi sinovdan o'tkazilgan [10], TSI usulining o'zini MCDM orqali tanlash taklif qilingan [13], surrogat modellarni ko'p maqsadli optimallashtirishda MCDM qadami kiritilgan [16], tushuntirishlar ranglar agregatsiyasi orqali birlashtirilgan [6]. Shunga qaramay, ushbu ishlar to'rtta umumiy cheklovni saqlab qoladi: (i) mezon vaznlari tushuntirish natijalaridan qat'iy nazar statik; (ii) TSI moduli baholash sikliga kiritilmay, tashqi ilova bo'lib qoladi; (iii) tushuntirish izchilligi bilan mezon ahamiyati o'rtasidagi teskari aloqa formal matematik model ko'rinishida ifodalanmagan; (iv) gibrid sxemalarning hisoblash murakkabligi va rang barqarorligi tahlil qilinmaydi.

Ushbu bo'shliqlarni yopish maqsadida tushuntirish izchilligini mezon vaznlarining iterativ moslashuvi bilan uzviy bog'lovchi integratsiyalashgan matematik model va unga mos ATSI-MCDM algoritmi ishlab chiqildi. Ishning ilmiy hissasi: (1) izchillik F_j ni mezon vazni w_j ga endogen ta'sir qiluvchi o'zgaruvchi sifatida kirituvchi, vaznlar fazosi birlik simpleksda belgilangan formal model; (2) izchillikning o'rtacha qiymatidan og'ishga proporsional, simpleks proyeksiyasi bilan barqarorlashtirilgan ko'paytiruvchi vazn yangilanish qoidasi; (3) bazaviy modelni qayta o'qitishni talab qilmaydigan $O(t \cdot m \cdot n)$ murakkablikdagi algoritmi; (4) rang barqarorligi va izchillik dinamikasini birga baholovchi metrikalar majmui.

2. ASOSIY QISM

2.1. Adabiyotlar tahlili: mavjud yondashuvlar va ularning cheklovlari

Mavjud tadqiqotlarni uch guruhga ajratish mumkin. Birinchi guruh — sof MCDM yo'nalishi: entropiya, AHP va ularning gibridlari obyektiv vaznlashni takomillashtiradi [7, 8, 21], birlashtirilgan XAI komponenti esa mavjud emas. Ikkinchi guruh — TSAI uslubiyoti: atributsiya usullari (LIME, SHAP), ularning taksonomiyasi va baholash mezonlari yetuk darajada sharhlangan [14, 15, 18, 19], ammo bu ishlar tushuntirishni yakuniy mahsulot deb biladi, uni keyingi qaror sikliga qaytarmaydi. Uchinchi guruh — yaqin yillardagi integratsiyaviy ishlar [1, 2, 6, 10, 13, 16]: ularda TSI va MCDM bir tizimda uchraydi, lekin o'zaro ta'sir bir tomonlama qoladi — tushuntirish faqat hisobot beradi, vaznlarga ta'sir etmaydi. 1-jadvalda vakillik tadqiqotlarning qiyosiy tahlili keltirilgan.

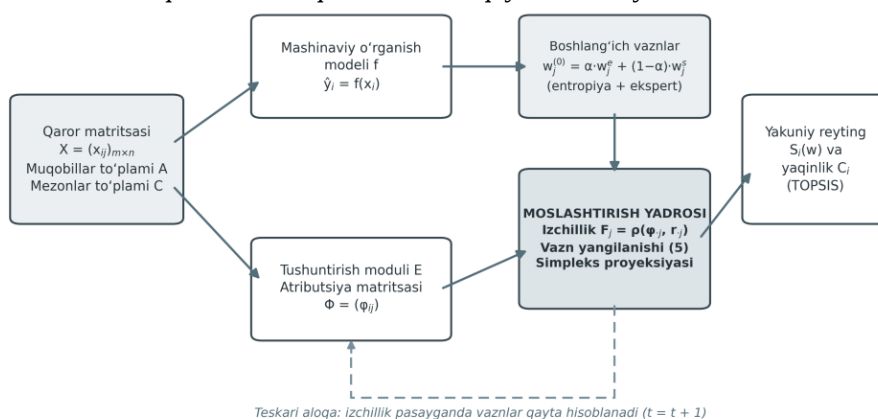
1-jadval. TSI va MCDM integratsiyasiga oid vakillik tadqiqotlarning qiyosiy tahlili

Manba	Qo'llanish sohasi	XAI roli	Vaznlash sxemasi	Moslashuvchan vazn
Chen (2020, 2021) [7, 8]	Yetkazuvchi tanlash; usul tahlili	qo'llanmaydi	entropiya-AHP; entropiya	yo'q
Černevičienė, Kabašinskas (2022) [9]	Moliyaviy MCDM sharhi	sharh obyekti	klassik MCDM	yo'q

Manba	Qo'llanish sohasi	XAI roli	Vaznlash sxemasi	Moslashuvchan vazn
Albahri va boshq. (2024) [2]	Tibbiy triaj (autizm)	LIME — hisobot	noaniq MCDM	yo'q
Al Awadh, Mallick (2024) [1]	Chiqindi maydoni (GIS)	atributsiya — hisobot	noaniq + GIS	yo'q
Aliyeva, Mehdiyev (2024) [3]	XAI baholash (sog'liq)	baholanuvchi obyekt	Z-sonli WSM	qisman (noaniqlik)
Ciano, Ferrara (2025) [10]	Turizm iqtisodiyoti	SHAP — hisobot	klassik MCDM	yo'q
Matejová, Paralič (2025) [13]	XAI usulini tanlash	baholanuvchi obyekt	ketma-ket MCDM	yo'q
Taklif etilgan model	Umumiy QQ tizimlari	vaznlashga endogen	entropiya + ekspert + izchillik	bor (iterativ)

2.2. Taklif etilgan model: arxitektura va matematik formulirovka

$A = \{a_1, \dots, a_m\}$ — muqobillar, $C = \{c_1, \dots, c_n\}$ — baholash mezonlari to'plami bo'lsin; $X = (x_{ij})$ qaror matritsasi. Masala beshlik sifatida qo'yiladi: $\langle A, C, X, f, E \rangle$, bu yerda f — oldindan o'qitilgan bashorat modeli ($\hat{y}_i = f(x_i)$), E — har bir muqobil uchun atributsiya vektorini qaytaruvchi post-hoc tushuntirish moduli. Atributsiyalarni jamlash $\Phi = (\phi_{ij})$ matritsasini beradi, ϕ_{ij} esa c_j mezonining a_i bashoratiga kiritgan hissasini bildiradi. Maqsad — shunday $w = (w_1, \dots, w_n)$ topishki, u ma'lumotlarning axborot tarkibini va ekspert bilimini aks ettirish bilan birga, agregat reyting $S_i(w)$ bilan tushuntirish tuzilmasi Φ o'rtasidagi izchillikni maksimallashtirsin. Modelning konseptual arxitekturasi 1-rasmda ko'rsatilgan: qaror matritsasi, bashorat modeli va tushuntirish moduli bitta moslashtirish yadrosiga ulanadi, yadro chiqishi esa teskari aloqa konturi orqali vaznlarni qayta hisoblaydi.



1-rasm. Konseptual arxitektura: qaror matritsasi, ML modeli, tushuntirish moduli, boshlang'ich vaznlar bloki, moslashtirish yadrosi va teskari aloqa konturi

Matematik formulirovka to'rt blokdan tashkil topadi. Birinchidan, fizik o'lchovlari turlicha mezonlar vektor usulda normallashtiriladi (foйда mezonlari uchun to'g'ridan-to'g'ri, xarajat mezonlari uchun teskari qiymat orqali):

$$r_{ij} = x_{ij} / \sqrt{\sum_i x_{ij}^2} \quad \text{yoki} \quad r_{ij} = (1/x_{ij}) / \sqrt{\sum_i (1/x_{ij})^2} \quad (1)$$

Ikkinchidan, har bir mezonning axborot sig‘imi Shennon entropiyasi bilan baholanib, obyektiv vaznlar hosil qilinadi; entropiya qancha past bo‘lsa, mezon baholashga shuncha ko‘proq farqlanuvchi axborot kiritadi:

$$H_j = -(1/\ln m) \cdot \sum_i p_{ij} \ln p_{ij}, \quad p_{ij} = r_{ij} / \sum_i r_{ij}; \quad w_j^e = (1 - H_j) / \sum_i (1 - H_i) \quad (2)$$

Boshlang‘ich vazn obyektiv va subyektiv (ekspert, w_j^s) komponentlarning kombinatsiyasidan olinadi [7]:

$$w_j^{(0)} = \alpha \cdot w_j^e + (1 - \alpha) \cdot w_j^s, \quad \alpha \in [0, 1] \quad (3)$$

Uchinchidan, modelning markaziy elementi — tushuntirish izchilligi. Atributsiya vektori ϕ_j ning mezon qiymatlari r_j bilan muqobillar kesimidagi tartib mosligi Spirmen rang korrelyatsiyasi orqali o‘lchanadi:

$$F_j = \rho(\phi_j, r_j) = 1 - 6 \cdot \sum_i d_i^2 / (m(m^2 - 1)), \quad F_j \in [-1, 1] \quad (4)$$

$F_j \rightarrow 1$ bo‘lishi model e‘tibori mezonning real ahamiyat tartibi bilan izchil ekanini bildiradi. To‘rtinchidan, vaznlar izchillikning o‘rtacha qiymati $\bar{F}$ dan og‘ishga proporsional ko‘paytiruvchi qoida bilan yangilanadi va birlik simpleksga proyeksiyalanadi:

$$\tilde{w}_j^{(t+1)} = w_j^{(t)} (1 + \lambda (F_j^{(t)} - \bar{F}^{(t)})), \quad w^{(t+1)} = \tilde{w}^{(t+1)} / \sum_j \tilde{w}_j^{(t+1)} \quad (5)$$

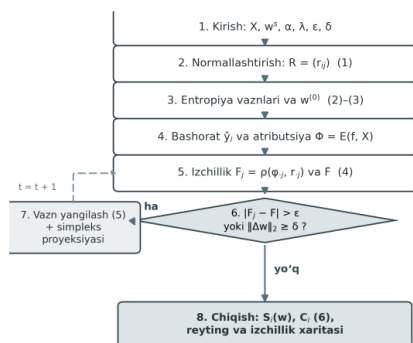
Quyida chegara ε har qanday mezonning jarayondan butunlay chiqib ketishini istisno qiladi — institutsional jihatdan majburiy mezonlarni saqlash uchun muhim. Yakuniy baho vaznli yig‘indi, reyting esa TOPSIS paradigmasida ijobiy (D_i^+) va salbiy (D_i^-) ideal yechimlarga nisbiy yaqinlik orqali aniqlanadi:

$$S_i(w) = \sum_j w_j r_{ij}; \quad C_i = D_i^- / (D_i^+ + D_i^-) \quad (6)$$

Butun sxema $\min_w D(w) = 1 - \rho(S(w), \hat{y})$ cheklovli masalasining gradiyentsiz yechim algoritmi sifatida talqin qilinadi: (5) ning har qadami izchillik o‘lchoviga moslab vaznlar fazosida kichik, nazorat qilinadigan harakatdir. Barqarorlik sharti oddiy: $|\lambda(F_j - \bar{F})| \leq 2\lambda$ bo‘lgani uchun $\lambda < 1/2$ da har bir vazn komponenti $(1 - 2\lambda, 1 + 2\lambda)$ intervalidan chiqmaydi, proyeksiya esa ketma-ketlikni simpleks ichida chegaralaydi; $\sum_j (F_j - \bar{F}) = 0$ tenglik vaznlar yig‘indisining og‘ishini ikkinchi tartibli kichik kattalikka tushiradi, demak $\|w^{(t+1)} - w^{(t)}\|_2 \rightarrow 0$.

2.3. AXAI-MCDM algoritmi

Algoritm sakkiz bosqichda amalga oshiriladi (2-rasm): (1) X ni (1) bo‘yicha normallashtirish; (2) entropiya vaznlari va (3) kombinatsiyasi orqali $w^{(0)}$ ni shakllantirish; (3) $\hat{y}_i$ bashoratlari va Φ atributsiya matritsasini olish; (4) har bir mezon uchun F_j (4) va $\bar{F}$ ni hisoblash; (5) to‘xtatish sharti — $\max_j |F_j - \bar{F}| \leq \varepsilon$ yoki $\|\Delta w\|_2 < \delta$; (6) vaznlarni (5) qoidasi bilan yangilash va simpleksga proyeksiyalash; (7) zarurat bo‘lsa Φ ni qayta tekshirib 4-bosqichga qaytish; (8) $S_i(w)$, C_i (6) va mezonlar kesimidagi izchillik xaritasi $\{F_j\}$ ni chiqarish.



2-rasm. AXAI-MCDM algoritmining ish jarayoni (workflow): sakkiz bosqich, to‘xtatish sharti va vazn yangilash sikli

Hisoblash murakkabligi: normallashtirish va entropiya $O(m \cdot n)$; atributsiya matritsasi SHAP tipidagi usullar uchun bir narta $O(m \cdot n \cdot p)$ (p - surrogat namunalar soni); har iteratsiya korrelyatsiya $O(m \cdot n)$, ranglash $O(m \log m)$, yangilash $O(n)$. Umumiy murakkablik $O(m \cdot n \cdot p + t \cdot (m \cdot n + m \log m)) \approx O(t \cdot m \cdot n)$. Muhim xossa algoritm f ni qayta o‘qitishni talab qilmaydi, shuning uchun mavjud tizimlarga minimal aralashuv bilan joylashtiriladi; u model-agnostik bo‘lib, E sifatida LIME, SHAP yoki

integratsiyalashgan gradientlarning istalganni qabul qiladi [14, 19].

2.4. Qiyosiy tahlil va ilmiy muhokama

Taklif etilgan sxema uch bazaviy yondashuv bilan klassik TOPSIS (statik ekspert vaznlari), entropiya-TOPSIS [8] hamda statik TSI-MCDM ([2] uslubida, tushuntirish faqat hisobot uchun) konstruktiv xossalari bo‘yicha qiyoslandi (2-jadval). Baholash metrikalari sifatida to‘rt o‘lchov qabul qilindi: agregat reyting bilan model bashoratlari tartibining mosligi (Spirmen ρ), rang juftliklarining konkordantligi (Kendall τ), o‘rtacha izchillik F hamda vazn barqarorligi $\sigma_w = \|w^{(t+1)} - w^{(t)}\|_2$ birinchi juftlik reyting sifatini, ikkinchisi moslashtirish siklining ichki dinamikasini aks ettiradi.

2-jadval. Yondashuvlarning konstruktiv xossalari bo‘yicha qiyosiy tahlili

Yondashuv	Vazn moslashuvchanligi	Izchillik hisobga olinishi	Murakkablik	Rang barqarorligi
Klassik TOPSIS	yo‘q (statik ekspert)	yo‘q	$O(m \cdot n)$	ma‘lumot siljishiga sezgir
Entropiya-TOPSIS [8]	yo‘q (statik obyektiv)	yo‘q	$O(m \cdot n)$	taqsimotga bog‘liq
Statik XAI-MCDM [2]	yo‘q	faqat hisobotda	$O(m \cdot n \cdot p)$	bazaviy sxema kabi
AXAI-MCDM (taklif)	bor (iterativ, teskari aloqali)	vaznlashga endogen	$O(t \cdot m \cdot n)$	ε va λ orqali boshqariladi

Qiyoslashning asosiy xulosasi — izchillikning roli haqida. Statik sxemalarda tushuntirish reytingga ta‘sir etmaydi: u faqat inson o‘qiydigan ilova. Taklif etilgan modelda esa F_j vazn dinamikasining kiruvchi kattaligi bo‘lib, reyting model f ishonch bilan tayana oladigan mezonlarga tortiladi; buning evaziga murakkablik t omiliga o‘sadi, ammo $\lambda < 1/2$ shartda tez yaqinlashuv kutiladiganidan t kichik qoladi. Aliyeva va Mehdiyev [3] noaniqlikni Z-sonlar orqali modellashtiradi; bizning sxemada esa u izchillik og‘ishlari orqali vazn fazosiga o‘tkaziladi — ikki yondashuv bir-birini to‘ldiruvchi tabiatga ega. Modelning kuchli tomonlari: model-agnostiklik, har bir vazn o‘zgarishining aniq sababi ko‘rsatilishi (audit talabiga javob), ε orqali majburiy mezonlarning saqlanishi. Zaif tomonlari ham bor: natija E moduli sifatiga meros bo‘lib qoladi — past sifatli atributsiyalar vaznni xato yo‘nalishga siljitishi mumkin; α va λ tanlovi sezgirlik tahlilini talab qiladi; korrelyatsiya esa sababiylik emas, F_j yuqoriligi mezonning haqiqiy sababiy ahamiyatini kafolatlamaydi.

3. XULOSA. Maqolada qaror qo‘llab-quvvatlash tizimlari uchun TSI tushuntirishlarining izchilligini mezon vaznlariga endogen bog‘lovchi matematik model va AXAI-MCDM algoritmi taklif etildi. Asosiy natijalar: entropiya va ekspert vaznlarining kombinatsiyasi obyektiv axborot bilan subyektiv bilimni muvozanatlaydi; Spirmen korrelyatsiyasiga asoslangan izchillik o‘lchovi tushuntirish sifatini vazn fazosiga miqdoriy kiritadi; ko‘paytiruvchi yangilanish qoidasi bilan simpleks proyeksiyasi birgalikda $\lambda < 1/2$ shartda barqaror moslashtirishni kafolatlaydi; algoritmi $O(t \cdot m \cdot n)$ murakkablikda ishlaydi va bazaviy modelni qayta o‘qitmaydi.

Ilmiy hissa — TSI va MCDM adabiyotlaridagi tushuntirish izchilligi bilan mezon ahamiyati o‘rtasidagi teskari aloqa yo‘qligi bo‘shlig‘ining formal yopilishidadir: avvalgi integratsiyalardan farqli ravishda tushuntirish statik hisobot vositasidan baholash siklining faol komponentiga aylanadi. Amaliy ahamiyat uch yo‘nalishda namoyon bo‘ladi: yuqori mas‘uliyatli sohalarida reytinglar izchillik baholari bilan birga taqdim etilib, auditga tayyor hujjatli asos yaratiladi; mavjud ML quvurlariga alohida qatlam sifatida o‘rnatiladi; izchillik xaritasi modelning qaysi mezonlarga ishonchsiz tayanayotganini ko‘rsatib, ma‘lumot yig‘ish strategiyasini tuzatishga xizmat qiladi.

Kelgusi tadqiqotlar: izchillik o‘lchovini Z-sonlar yoki ikkilanuvchi noaniq to‘plamlar tiliga kengaytirish; inson ishtirokidagi tajribalar orqali ekspertlarning moslashtirilgan reytinglarga ishonchini o‘lchash; ochiq benchmark ma‘lumotlarida statik sxemalar bilan miqdoriy solishtiruvchi eksperimentlar hamda α , λ parametrlarining Bayesian optimallashtirish orqali avtomatik kalibrlanishini tadqiq etish rejalashtirilgan. Adabiyotlar

[1] Al Awadh, M., & Mallick, J. (2024). A decision-making framework for landfill site selection in Saudi Arabia using explainable artificial intelligence and multi-criteria analysis. *Environmental Technology & Innovation*. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2352186423004601>

[2] Albahri, A. S., Joudar, S. S., Hamid, R. A., Zahid, I. A., et al. (2024). Explainable artificial intelligence multimodal of autism triage levels using fuzzy approach-based multi-criteria decision-making and LIME. *International Journal of Fuzzy Systems*. <https://link.springer.com/article/10.1007/s40815-023-01597-9>

[3] Aliyeva, K., & Mehdiyev, N. (2024). Uncertainty-aware multi-criteria decision analysis for evaluation of explainable artificial intelligence methods: A use case from the healthcare domain. *Information Sciences*. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0020025523015724>

[4] Bayer, S., Gimpel, H., & Markgraf, M. (2022). The role of domain expertise in trusting and following explainable AI decision support systems. *Journal of Decision Systems*. <https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/12460125.2021.1958505>

[5] Charmet, F., Tanuwidjaja, H. C., Ayoubi, S., et al. (2022). Explainable artificial intelligence for cybersecurity: A literature survey. *Annals of Telecommunications*. <https://link.springer.com/article/10.1007/s12243-022-00926-7>

[6] Chatterjee, S., Colombo, E. R., et al. (2025). Multi-criteria rank-based aggregation for explainable AI. In *Proceedings of the 2025 International Joint Conference*. IEEE. <https://ieeexplore.ieee.org/abstract/document/11228222/>

[7] Chen, C. H. (2020). A novel multi-criteria decision-making model for building material supplier selection based on entropy-AHP weighted TOPSIS. *Entropy*, 22(2), 259. <https://www.mdpi.com/1099-4300/22/2/259>

[8] Chen, P. (2021). Effects of the entropy weight on TOPSIS. *Expert Systems with Applications*. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0957417420309209>