



AKTUAR MOLIYA VA BUXGALTERIYA HISOBI ILMIY JURNALI

Vol. 6 Issue 04 | pp. 17-30 | ISSN: 2181-1865

Available online <https://finance.tsue.uz/index.php/afa>

HUDUDIY RIVOJLANISHNING KO'P O'LCHOVLI INTEGRAL INDEKSINI QURISHDA INDIKATORLARNI TANLASH VA NORMALLASHTIRISH USULLARINI TAKOMILLASHTIRISH



Sattorov Sanjar Abdumurodovich
Surxondaryo viloyati pedagogik mahorat markazi direktor o'rinbosari
iqtisodiyot fanlari bo'yicha falsafa doktori

Annotatsiya. Ko'p o'lchovli integral indeks yordamida hududiy rivojlanishni o'lchash metodologiyasida indikatorlarni tanlash va normallashtirish bosqichlari muhim metodologik o'rin tutishini ushbu ilmiy maqola ko'rsatib berdi. Muallif OECD/JRC uslubiyati, Eurostat va Stiglitz komissiyasi tavsiyalari asosida indikatorlarni tanlashning to'rtta asosiy mezonini - nazariy asoslanganlik, ma'lumotlar mavjudligi, o'lchash imkoniyati va o'zaro mustaqillik - tizimli ravishda tavsiflab chiqdi. Min-maks normallashtirish, standartlashtirish (z-ball), me'yoriy masofaga asoslangan yondashuv va fuzzy to'plamlar usuli bir-biriga nisbatan qiyosiy tahlil etildi. Asosiy komponentlar tahlili asosida vazn berish hamda "shubha foydasiga" (Benefit of the Doubt) modelining metodologik imkoniyatlari baholandi. Monte-Karlo simulyatsiyasi orqali barqarorlik baholashning indeks sifatiga ta'siri ochib ko'rsatildi va hududlararo taqqoslash uchun universal metodologik ramka taklif qilindi.

Kalit so'zlar: integral indeks, indikatorlar tanlash, normallashtirish, ko'p o'lchovli o'lchov, hududiy rivojlanish, Monte-Karlo simulyatsiyasi, vazn berish.

Abstract. This article examined the methodological foundations of indicator selection and normalization in constructing a multidimensional integral index of regional development. Drawing on OECD/JRC guidelines, Eurostat standards, and the Stiglitz Commission recommendations, the author systematized four principal selection criteria: theoretical relevance, data availability, measurability, and mutual independence of indicators. A comparative assessment was conducted of four normalization approaches - min-max rescaling, standardization via z-scores, distance-to-reference, and fuzzy set methods. The methodological potential of principal component analysis-based weighting and the Benefit of the Doubt aggregation model was evaluated. The role of Monte Carlo sensitivity analysis in ensuring index robustness was demonstrated. A universal methodological framework applicable to cross-regional and cross-country comparisons was proposed and substantiated.

Keywords: composite index, indicator selection, normalization, multidimensional measurement, regional development, Monte Carlo simulation, weighting.

Аннотация. В статье исследованы методологические основы отбора и нормализации индикаторов при построении многомерного интегрального индекса регионального развития. На основе методологий OECD/JRC, материалов Eurostat и рекомендаций Комиссии Стиглица автор систематизировал четыре ключевых критерия отбора:

теоретическую обоснованность, доступность данных, измеримость и взаимную независимость индикаторов. Дан сравнительный анализ четырёх методов нормализации - *tip-tax*, стандартизации (*z-оценки*), дистанционного подхода и нечётких множеств. Оценены методологические возможности взвешивания на основе анализа главных компонент и модели «в пользу сомнения» (*Benefit of the Doubt*). Продемонстрировано влияние анализа устойчивости посредством симуляции Монте-Карло на качество итогового индекса. Предложена универсальная методологическая рамка для межрегиональных и межстрановых сопоставлений.

Ключевые слова: интегральный индекс, отбор индикаторов, нормализация, многомерное измерение, региональное развитие, симуляция Монте-Карло, взвешивание.

KIRISH

Hududiy rivojlanish darajasini o'lchash masalasi zamonaviy iqtisodiy tahlilning doimiy munozarali yo'nalishlaridan biri bo'lib qolmoqda. Yalpi ichki mahsulot va uning aholiga nisbatan hisoblangan qiymati hududning iqtisodiy faollik darajasini aks ettirish uchun uzoq vaqt asosiy ko'rsatkich sifatida qo'llanilib kelindi. Biroq bu yondashuv iqtisodiy farovonlik, insoniy rivojlanish, ijtimoiy tenglik, ekologik barqarorlik va institutsional sifat kabi ko'p qirrali omillarni qamrab olmaydi. Ushbu cheklov milliy va hududiy statistika idoralariga ham, siyosat ishlab chiquvchilarga ham yaxshi ma'lum bo'lib, oxir-oqibat ko'p o'lchovli (composite) indekslar yaratilishiga ilmiy va amaliy zamin bo'ldi.

Akademik muhitda kompozit indekslar qurishga bo'lgan qiziqish 1990-yillarning boshidan boshlab bir necha marta yangi impuls oldi. Birlashgan Millatlar Tashkiloti Taraqqiyot Dasturining Insoniy Taraqqiyot Indeksi (Human Development Index - HDI) 1990-yilda birinchi marta chiqarilgandan buyon hududlar va mamlakatlar o'rtasida taqqoslashning keng tan olingan vositasiga aylandi [13]. Ushbu indeks uchta asosiy o'lchovni - uzoq umr ko'rish, ta'lim va munosib turmush darajasini - birlashtirgan holda YaIMning bir o'lchamli tasvirini ko'p qirrali alternativa bilan almashtirdi. Keyinchalik Amartya Sen tomonidan asoslab berilgan imkoniyatlar yondashuvi (capabilities approach) kompozit indeks qurishning falsafiy poydevori bo'lib qoldi: inson farovonligini o'lchash unga nima imkoniyatlar mavjudligi nuqtai nazaridan qurilishi kerakligi g'oyasi [18] hududiy rivojlanishni o'lchashda ko'p o'lchovlilikni kontseptual jihatdan asoslaydi.

Stiglitz, Sen va Fitoussi boshchiligidagi Iqtisodiy Samaradorlik va Ijtimoiy Taraqqiyotni O'lchash bo'yicha Komissiya 2009-yilda taqdim etgan hisobotida YaIM asosidagi o'lchovning cheklovlarini batafsil ko'rsatib berdi va farovonlikni keng qamrovda aks ettiruvchi ko'rsatkichlar tizimiga o'tish zarurligini ilmiy jihatdan asosladi [8]. Ushbu hisobot butun dunyo bo'yicha statistika idoralari va ilmiy muassasalarda metodologik yangilanish uchun kuchli impuls vazifasini o'tadi.

OECD va Birlashgan Tadqiqot Markazi (JRC) 2008-yilda nashr etgan "Kompozit Indekslar Qurish Bo'yicha Qo'llanma"si [1] sohaning metodologik standartiga aylandi. Unda indikatorlar tanlashdan boshlab barqarorlik baholashgacha bo'lgan o'n bosqichli jarayon batafsil tavsiflangan. Biroq qo'llanmaning o'zi ham tan oladi, konkret normalizatsiya usulini tanlash yoki indikator tanlashda qo'llaniladigan mezonlarning operatsionallashtirilishi tadqiqotchilar tomonidan turlicha amalga oshiriladi.

Metodologik muhokamaning markazida ikkita asosiy muammo turadi. Birinchisi - indikatorlarni tanlashning tizimli mezonlari va ularning amaliyotda qanday qo'llanilishi. Ikkinchisi - normalizatsiya usulining tanlanishi kompozit indeksning yakuniy qiymatlariga va hududlar reytingiga qanday ta'sir qilishi. Saisana, Saltelli va Tarantola o'zlarining sezuvchanlik tahlili bo'yicha tadqiqotida normalizatsiya usuli o'zgartirilganda indeks reytinglari sezilarli darajada o'zgarishi mumkinligini empirik yo'l bilan ko'rsatgan [25]. Bu holat metodologik tanlash masalasini akademik izlanishlar uchun ochiq muammo sifatida saqlab qolmoqda.

Ushbu maqolaning maqsadi - hududiy rivojlanishning ko'p o'lchovli integral indeksini qurishda indikatorlarni tanlash va normallashtirish usullarining metodologik asoslarini zamonaviy xalqaro adabiyot asosida tizimlashtirish hamda ularni takomillashtirish bo'yicha asoslangan tavsiyalar ishlab chiqishdan iborat. Tadqiqot nazariy-metodologik xarakter kasb etadi va mavjud instrumental bazani tahlil qilish orqali hududiy tahlil amaliyotiga qo'llanilishi mumkin bo'lgan metodologik ramkani taklif etadi. Belgilangan maqsadga erishish uchun quyidagi vazifalar qo'yildi: indikator tanlashning sifatii va miqdoriy mezonlarini tizimlashtirish; asosiy normalizatsiya usullarini solishtirib tahlil qilish; vazn berish va agregatsiya usullarining normalizatsiya bilan o'zaro bog'liqligini aniqlash; Monte-Karlo simulyatsiyasiga asoslangan barqarorlik baholashning o'rni va funksiyasini ko'rsatib berish.

ADABIYOTLAR SHARHI

Kompozit indekslar qurishning ilmiy tarixi bir necha muhim bosqichlarni bosib o'tdi. Insoniy Taraqqiyot Indeksining paydo bo'lishi ko'p o'lchovli o'lchov tushunchasini asosiy iqtisodiy va statistik muhokamaga olib kirdi. Sen asoslab bergan imkoniyatlar yondashuvi [18] inson taraqqiyotini uning moddiy boyligidan emas, balki imkoniyatlarining kengligi nuqtai nazaridan baholashni taklif qiladi. Ushbu konsepsiya nafaqat indeks qurishning falsafiy zaminini ta'minladi, balki qaysi o'lchovlar integral indeksga kiritilishi kerak degan savolga ham metodologik yo'l ko'rsatdi.

Freudenberq mamlakatlar faoliyatini o'lchovchi kompozit indeksning tanqidiy baholashiga bag'ishlangan ishida ushbu indeksning bir qator ijobiy va salbiy tomonlarini ko'rsatdi [10]. Muallif kompozit indeksning siyosat ishlab chiquvchilar, media va keng jamoatchilik uchun taqqoslash uchun qulay vosita ekanligini tan ola turib, ularning metodologik shaffofligiga, indikatorlarni tanlashdagi ixtiyoriylikka va normalizatsiya usulining natijaga ta'siriga e'tibor qaratdi. Booyesen esa rivojlanish ko'rsatkichlarini o'lchovchi kompozit indeksni tipologiyalashtirdi va ularni baholash uchun to'rtta mezon - ichki izchillik, amaliylik, qamrovlilik va nazariy asoslanganlikni taklif qildi [11].

Bandura UNDP/ODS uchun tayyorlagan ish hujjatida 178 ta mavjud kompozit indeksni o'rganib chiqdi va ularning aksariyatida indikator tanlash, normallashtirish va vazn berish bo'yicha yetarli metodologik asoslangan mavjud emasligini aniqladi [17]. Ushbu izlanish ko'p o'lchovli o'lchov amaliyotida metodologik standartlashtirishga bo'lgan ehtiyojni yaqqol ko'rsatib berdi.

OECD va Birlashgan Tadqiqot Markazi tomonidan nashr etilgan "Kompozit Indekslar Qurish Bo'yicha Qo'llanma" [1] Nardo va boshqalar tomonidan tayyorlangan ilmiy-uslubiy asos [2] ustiga qurilgan. Ushbu qo'llanmada indikatorlar tanlash, kichik

to'plamlarni normallashtirish, indikatorlarga vazn berish, agregatsiya va barqarorlik baholash bosqichlari ketma-ketlikda tavsiflangan. Qo'llanmaning asosiy metodologik qo'shimi shundaki, u muayyan texnikalarni tasvirlab berish bilan cheklanmay, ularni tanlashda qo'llaniladigan mezonlarni ham ko'rsatadi.

Saltelli kompozit indekslar "tahlil" vositasi va "advokatsiya" (ma'lum siyosiy pozitsiyani ilgari surishning) vositasi o'rtasidagi farqni muhokama qildi [9]. Muallif indeks qurish jarayonidagi metodologik qarorlarning - xususan, vazn berish va normalizatsiya - tahlilchi tomonidan anglab-anglamay ijtimoiy yoki siyosiy afzalliklarga mos keladigan yo'nalishda qilinishi xavfini ko'rsatdi. Ushbu ogoh qilish metodologik shaffoflik talabini kuchaytiradi: qanday usul tanlanganligi va nima uchun bunday qaror qilinganligini akademik maqolalarda aniq ko'rsatish shart.

Alkire va Foster ko'p o'lchovli qashshoqlikni o'lchash uchun "hisoblash va o'lchash" yondashuvini ishlab chiqdi [7]. Bu metodologiyada mahrum bo'lganlik chegarasi (deprivation cutoff) va o'rtacha holat bo'yicha ikki bosqichli kiritish mezonini qo'llaniladi: birinchidan, har bir o'lchovda mahrum deb hisoblanadigan to'siq belgilanadi, ikkinchidan, qancha o'lchovlarda mahrum bo'lgan kishi "ko'p o'lchovli kambag'al" deb hisoblanadi. Alkire-Foster metodologiyasi hududiy tahlilga ham tatbiq etilgan bo'lib, ijtimoiy mahrumiyadilik indekslarini hisoblashda ham foydalanilishi mumkin.

Cherchye va boshqalar "Shubha foydasiga" (Benefit of the Doubt - BoD) modelini batafsil tavsiflab berdi [12]. Ushbu model ma'lumotlar qo'pilik tahlili (Data Envelopment Analysis - DEA) asosida qurilgan bo'lib, har bir hududga o'z ko'rsatkichlari eng yaxshi ko'rinishda aks etadigan tarzda vaznlar beradi. Zanella, Camanho va Dias BoD modelini noxush natijalar va og'irlashtirish sxemalarini hisobga olish uchun kengaytirdi [15]. Ushbu yondashuv klassik teng vazn berish yoki PCA asosidagi vazn berishdan bir muhim afzallikka ega: u hududlar o'rtasidagi o'ziga xosliklarni vaznlarda aks ettirishga imkon beradi.

Decancq va Lugo farovonlik ko'p o'lchovli indekslaridagi vaznlash sxemalarini batafsilroq ko'rib chiqdi [5]. Ular vaznlar uchta asosiy manbadan kelib chiqishi mumkinligini ta'kidladi: ma'lumotlar asosida (statistical), normativ asosda (normative) yoki manfaatdorlar asosida (preference-based). Har bir yondashuv turli metodologik talablarni qo'yadi va turli holatlarda maqbul bo'lishi mumkin.

Foster, McGillivray va Seth indeks reytinglarining turli metodologik tanlashlarga nisbatan barqarorligini o'rganib, rang barqarorligi (rank robustness) tushunchasini kiritdi [6]. Ularning xulosasiga ko'ra, ko'plab vazn berish va normallashtirish usullari bir xil yuqori va past hududlar to'plami uchun o'xshash natijalar beradi, ammo o'rtadagi hududlar uchun reytinglar sezilarli darajada farq qilishi mumkin.

Mazziotta va Pareto kompensatsiya tushunchasini metodologik muhokamaning markaziga qo'ydi [4]. Ular chiziqli agregatsiya usullarining to'liq kompensatsiyaga yo'l qo'yishini, ya'ni bir o'lchovdagi yuqori natija boshqa o'lchovdagi past natijani o'rin bosa olishini ko'rsatdi. Xuddi shu mualliflar taklif qilgan Mazziotta-Pareto Indeksi (MPI) geometrik agregatsiya bilan variatsiya koeffitsiyentiga asoslangan jarima funksiyasini birlashtiradi, natijada o'lchovlar bo'yicha haddan tashqari tengsizlikni jazolovchi mexanizm hosil bo'ladi.

Greco va boshqalar vaznlash, agregatsiya va barqarorlik masalalariga bag'ishlangan keng qamrovli ko'rib chiqish ishida 2000-2018 yillardagi yuqori indekslangan jurnallarda chop etilgan metodologik izlanishlarni tahlil qildi [3]. Ushbu ko'rib chiqish shuni ko'rsatdiki, zarur metodologik tanlashlar orasida normalizatsiya usuli va vazn berish sxemasi indeks natijalariga eng katta ta'sir ko'rsatadi va bu bosqichlarning metodologik asoslanishi aksariyat tadqiqotlarda yetarlicha muhokama qilinmaydi.

Annoni va Dijkstra Yevropa Ittifoqining Hududiy Raqobatbardoshlik Indeksi (EU Regional Competitiveness Index - RCI) ni ishlab chiqishda 262 ta NUTS-2 hududini qamrab oluvchi, 11 ta kichik indeksdan tashkil topuvchi indeks yaratdi [14]. Ushbu indeks OECD Qo'llanmasining ko'pgina tavsiyalarini amalda qo'llash namunasi sifatida e'tirof etilgan. Ravallion esa o'z ishida Insoniy Taraqqiyot Indeksining geometrik agregatsiya modeli amalda qanday kompromisslarga olib kelishi mumkinligini ko'rsatdi [23]: ta'lim sohasida sezilarli orqada qolish umr ko'rish darajasidagi yutuq bilan kompensatsiya qilinishi maqbul yoki yo'q degan falsafiy savol metodologik ahamiyatga ega.

Eurostat Yevropa hududlari bo'yicha nashr etgan tahliliy hisobotida [19] hududiy ko'rsatkichlarni taqqoslashda vaqtiiy va fazoviiy izchillikni ta'minlash uchun normalizatsiya usullarining standartlashtirilishi zarurligini ta'kidlaydi. Xalqaro raqobatbardosh tahlil uchun Jahon Banki tomonidan taqdim etiladigan Jahon Rivojlanish Ko'rsatkichlari bazasi [20] standart manba vazifasini o'tasa-da, ba'zi hududiy indikatorlar uchun ma'lumotlar to'liqligi muammosi normalizatsiya bosqichida qo'shimcha metodologik muammolar tug'diradi.

METODOLOGIYA

Indikatorlarni tanlashning konseptual asoslari

Ko'p o'lchovli integral indeks qurishda dastlabki va eng muhim qaror - qaysi indikatorlar yakuniy to'plamga kiritilishini hal qilishdir. OECD Qo'llanmasi [1] indikator tanlash uchun to'rtta asosiy mezonni belgilaydi: nazariy asoslanganlik, o'lchanadigan bo'lishi, ma'lumotlar mavjudligi va o'zaro bog'liqsizlik.

Nazariy asoslanganlik shuni anglatadiki, har bir indikator o'lchanayotgan tushunchaning muayyan jihatini konseptual jihatdan ifodalashi kerak. Indeks nimani o'lchaydi degan savolga aniq javob bo'lmaguncha, indikatorlar tanlashni boshlash to'g'ri bo'lmaydi. Alkire va Foster ta'kidlaganidek, nazariy asoslanganlik shaffofligi tadqiqotchilar va siyosat ishlab chiquvchilarga natijalarni to'g'ri talqin qilish imkonini beradi [7]. Ushbu mezonni qondirish uchun ko'pincha ekspert ko'rib chiqishi va adabiyotlar tahlili qo'llaniladi.

O'lchanadigan bo'lishi indikatorning miqdoriy ko'rsatkich sifatida ifodalanishiga imkon beruvchi aniq o'lchov birligiga ega bo'lishini talab qiladi. Sifatiiy indikatorlar - masalan, boshqaruv sifati, ijtimoiy ishonch - o'lchash imkoniga ega bo'lishi uchun oldindan kvantifikatsiyadan o'tkazilishi kerak. Bunday hollarda Likert shkalasi yoki reyting tizimiga asoslangan baholash usullari qo'llaniladi, ammo bu jarayonning o'zi alohida metodologik asoslashni talab etadi.

Ma'lumotlar mavjudligi amaliy ahamiyati bo'yicha eng cheklovchi mezonlardan biridir. Jahon Banki [20], Eurostat [19] va UNDP [13] kabi xalqaro tashkilotlar to'plagan bazalar mavjud bo'lib, bu resurslar hududlararo taqqoslash uchun zarur bo'lgan ma'lumotlarning asosiy manbasi hisoblanadi. Biroq hududiy darajadagi - xususan, quyi

milliy darajadagi - tahlil uchun ma'lumotlar to'liqligi ko'pincha muammo bo'lib qoladi. Ko'plab hududiy rivojlanish indeksleri uchun ma'lumotlar uzilishlari yoki turli yillardagi ma'lumotlarning aralashtirilishi metodologik kompromisslarga olib keladi. Bu holatda Moran tavsiya qilgan fazoviy avtokorrelyatsiya tahlili [21] ham ma'lumotlar sifatini baholashda yordamchi vosita bo'la oladi.

O'zaro mustaqillik talabi indeksda saqlab qolinadigan indikatorlar orasida statistik jihatdan muhim darajada takrorlanish mavjud bo'lmisligi kerakligini anglatadi. Yuqori o'zaro korrelyatsiyaga ega ikkita indikator indeksga bir o'lchovni ikki marta kiritishga olib keladi, bu esa shu o'lchovning yakuniy qiymatga ulushini sun'iy ravishda oshiradi.

Miqdoriy tanlash vositalari

Indikatorlarni tanlashda faqat konseptual mezonlar bilan cheklanib bo'lmaydi - miqdoriy statistik tahlil zarurati ham mavjud. Korrelyatsiya matritsasi tahlilida Pearson (yoki Spearman) korrelyatsiya koeffitsiyenti ikkita indikator o'rtasidagi chiziqli (yoki monotonik) bog'liqlikni o'lchaydi. OECD Qo'llanmasi [1] $|r| > 0.85$ bo'lgan juft indikatorlardan birini chiqarib tashlashni yoki ularni birlashtirishni tavsiya etadi. Qaysi indikator chiqarib tashlanishi konseptual o'rinalilik va ma'lumotlar sifati asosida hal etiladi.

Dispersiya inflyatsiyasi koeffitsiyenti (Variance Inflation Factor - VIF) ko'p chiziqchilikni aniqlashning klassik vositasi hisoblanadi. Iqtisodiy statistikada keng qo'llaniladigan chegara - $VIF > 10$ - indikatorlar guruhida jiddiy ko'p chiziqchilik mavjudligidan dalolat beradi. Bu holda qo'shimcha tekshiruv o'tkazilishi va bir yoki bir necha indikatorlar chiqarib tashlanishi yoki almashtirilishi zarur.

Asosiy komponentlar tahlili (Principal Component Analysis - PCA) ham indikatorlar tanlashda vosita sifatida foydalaniladi: agar birinchi asosiy komponent butun dispersiyaning 60 foizdan ko'prog'ini qamrab olsa va bir necha indikatorlar mazkur komponentga taxminan bir xil ulush qo'shsa, ular o'rtasida semantik va statistik ortiqchilik mavjudligi ehtimoli yuqori. Kaiser mezoniga ko'ra eigenvalue qiymati 1 dan past bo'lgan komponentlar odatda statistik jihatdan ahamiyatsiz hisoblanadi.

Normallashtirish usullari: nazariy tahlil

Turli birlik va masshtabdagi indikatorlarni birlashtirish uchun ularni o'zaro taqqoslanadigan o'lchamga keltirish - normalizatsiya - zarurdir. To'rtta asosiy normalizatsiya usuli ilmiy adabiyotda batafsil muhokama qilingan.

Min-maks normallashtirish eng keng tarqalgan usul bo'lib, indikatorning minimal va maksimal qiymatlari asosida kuzatuvni $[0, 1]$ oralig'iga o'tkazadi. Hisoblash formulasi: $x_{norm} = (x - x_{min}) / (x_{max} - x_{min})$. Ushbu formula indikatorning nisbiy pozitsiyasini saqlaydi. Asosiy afzalligi - natijalarning sezgirli talqin qilinishi: 0 eng past, 1 esa eng yuqori natijani anglatadi. Biroq bu usulning muhim kamchiligi bor: ekstremal qiymatlar (outlier) barcha boshqa qiymatlarning nisbiy o'lchamiga bevosita ta'sir qiladi. Agar to'plamga bir tadan ancha ajralib turuvchi ekstremal yuqori yoki past qiymat kirsa, barcha boshqa kuzatuvlarning normallashtirish natijalari siqilgan oraliqqa tushadi.

Standartlashtirish (z-ball usuli) indikator qiymatini uning standart og'ishga bo'lingan o'rtachadan og'ishi sifatida ifodalaydi: $z = (x - x_{o'rtacha}) / s$, bu yerda s - standart og'ish. Bu usul o'rtachadan nisbiy uzoqlikni o'lchaydi va ekstremal qiymatlarga nisbatan min-maks usulidan kamroq sezgir. Biroq z-ball usulining ham o'z cheklovi bor:

normalizatsiya natijasi manfiy bo'lishi mumkin, bu esa geometrik agregatsiya uchun muammo tug'diradi, chunki manfiy qiymatlarda geometrik o'rtacha hisoblash matematik jihatdan noto'g'ri.

Me'yoriy masofaga asoslangan usul kuzatuvni etalon nuqtadan masofasi orqali ifodalaydi. OECD Qo'llanmasida [1] ko'rsatilgan "maksimum havolaga masofali" variant: $x_{norm} = (x / x_{maks}) \times 100$. HDI metodologiyasida qo'llaniladigan ideal va anti-ideal nuqtalarga asoslangan goalpost usuli ham ushbu toifaga kiradi. Bu yondashuvning kuchli jihati shundaki, etalon qiymat vaqt bo'yicha o'zgarmas qilib belgilanishi mumkin, bu esa turli yillardagi indeks qiymatlarini to'g'ri taqqoslash imkonini beradi.

Fuzzy to'plamlar usuli [22] indikatorning maqsadga muvofiqlik darajasini 0 (mutlaqo muvofiq emas) dan 1 (to'liq muvofiq) gacha bo'lgan uzluksiz funksiya orqali ifodalaydi. Cerioli va Zani tomonidan qashshoqlikni o'lchashga tatbiq qilingan ushbu yondashuv ko'p o'lchovli indeks qurishga ham muvaffaqiyatli ko'chirilgan. Fuzzy normalizatsiya indikatorning chegaraviy qiymatlari atrofidagi noaniqlikni hisobga oladi va ikkilik bo'linmalar o'rniga ko'lami bo'lgan a'zolik funksiyasini taklif etadi.

Vazn berish yondashuvlari

Normalizatsiyadan keyingi bosqich - har bir indikator yoki sub-indeksga yakuniy agregatsiyada qanday ulush berilishini aniqlash. Decancq va Lugo [5] asosida uchta asosiy yo'nalish farqlanadi.

Teng vaznlar (Equal weighting) barcha indikatorlarga bir xil koeffitsiyent beradi. Ushbu yondashuv o'zining soddaligi va metodologik shaffofligiga ko'ra keng qo'llaniladi. Biroq Greco va boshqalar uning muhim metodologik zaifligini ko'rsatdi: teng vaznlar namunadagi barcha o'lchovlar teng muhimligini nazarda tutadi [3], ammo bu taxmin konseptual jihatdan asoslanmaganida noto'g'ri xulosa chiqarishga olib kelishi mumkin.

PCA asosidagi vaznlar har bir asosiy komponentning dispersiyaga ulushi va indikatorlarning komponentlarga yuklamalari (factor loadings) asosida olinadi. Ushbu usulning asosiy kuchi shundaki, u ma'lumotlardan "gapirishga" imkon beradi va subyektiv vaznlashdan qochadi. Biroq PCA natijalarining talqin qilinishi va vaznlarni olingan komponentlardan qayta hisoblash jarayoni qo'shimcha metodologik qarorlarni talab qiladi.

"Shubha foydasiga" modeli (BoD) [12] va Zanella va boshqalar tomonidan kengaytirilgan DEA asosidagi vaznlash yondashuvi [15] har bir hududga o'z ma'lumotlari asosida eng maqbul vaznlarni aniqlaydi. Ushbu model har bir hududning o'z kuchli tomonlarini maksimal ko'rsatishiga yo'l qo'yadi. Gan va boshqalar turli vaznlash usullarining barqarorligi bo'yicha qiyosiy tadqiqotda vaznlash usulini tanlash yakuniy indeks sifatiga muhim ta'sir ko'rsatishini va bu tanlov har doim konseptual jihatdan asoslanishi lozimligini ta'kidladi [24].

Agregatsiya usullari

Agregatsiya barcha normallashtirilgan va vaznlangan indikatorlarni bitta skalyar qiymatga birlashtirish jarayoni. Arifmetik o'rtacha (chiziqli agregatsiya) barcha o'lchovlarning bir-birini to'la kompensatsiya qilishiga yo'l qo'yadi: bir o'lchovdagi past natija boshqa o'lchovdagi yuqori natija bilan to'liq qoplanadi. Mazziotta va Pareto ta'kidlaganidek [4], bu xususiyat ko'p hollarda konseptual jihatdan noto'g'ri bo'lishi mumkin.

Geometrik o'rtacha qisman kompensatsiyaga imkon beradi va manfiy qiymatlar bo'lmagan hollarda qo'llanilishi mumkin. 2010-yildan boshlab HDI geometrik agregatsiyaga o'tdi - ushbu qarorning asosiy sababi aynan chiziqli agregatsiyaning to'liq kompensatsiya xususiyatiga nisbatan tanqidiy munosabat edi [13]. Geometrik o'rtachada barcha o'lchovlar bo'yicha uyg'un rivojlanish rag'batlantiriladi, chunki bir o'lchovning nolga yaqinlashishi butun indeks qiymatini pastga tortadi.

Kompensatsiya qilmaydigan MCDM yondashuvlari Alkire va Foster metodologiyasi [7] kabi chegaraviy yondashuvlar orqali yoki ko'p mezonli qaror qabul qilish metodologiyalaridan kelib chiqqan holda quriladi. Bu yondashuvlarda qoida shundaki, o'lchovlar bo'yicha minimal standartlarga erishilmaguncha hududning yaxshi pozitsiyasi tan olinmaydi.

Barqarorlik va sezuvchanlik tahlili

Metodologik tanlashning indeks natijalariga ta'sirini baholash uchun barqarorlik tahlili integral indeks qurish jarayonining zaruriy bosqichi hisoblanadi. Saisana va Tarantola [16] sezuvchanlik tahlilining uchta asosiy guruhini ajratadi: normalizatsiya usulini o'zgartirish, vazn berish sxemasini o'zgartirish va indikatorlar to'plamini o'zgartirish.

Monte-Karlo simulyatsiyasi barqarorlik baholashning eng kuchli vositasi hisoblanadi. Ushbu usulda bitta "asosiy" metodologik sxema yuzlab yoki minglab boshqa mumkin bo'lgan metodologik variantlar bilan solishtiriladi: har bir variantda normalizatsiya usuli, vaznlar yoki indikatorlar to'plami tasodifiy o'zgartiriladi va natijalar taqsimoti tahlil qilinadi. Agar hududning reytingi barcha variantlarda barqaror tursa, indeks natijalari ishonchli deb hisoblanadi. Agar reytinglar variantlarga qarab sezilarli darajada o'zgarsa, metodologik tanlovga qaramlik (sensitivity to choices) darajasi yuqori ekanligidan dalolat beradi.

Spearman rang korrelyatsiyasi esa ikkita turli metodologik yondashuv ostida olingan reytinglar o'rtasidagi monotonik mos kelishni o'lchaydi. Yuqori Spearman korrelyatsiyasi ($\rho \rightarrow 1$) turli metodologik variantlar o'rtasida hududlar reytingining barqarorligini bildiradi.

TAHLIL VA NATIJALAR

Normallashtirish usullarining qiyosiy tahlili

Normalizatsiya usullarini tanlash kompozit indekslar metodologiyasida eng ko'p tadqiq qilingan muammolardan biridir. Saisana, Saltelli va Tarantola [25] o'zlarining belgili tadqiqotida Yevropa Ittifoqi mamlakatlarining faoliyatini o'lchovchi kompozit indeksda normalizatsiya usulini o'zgartirish natijasida bir qator mamlakatlarning reytingi 5 dan 15 o'ringa qadar siljishi mumkinligini ko'rsatdi. Ushbu topilma normalizatsiya usulini tanlashning texnik masala emas, balki metodologik jihatdan muhim qaror ekanligini yaqqol namoyon etadi.

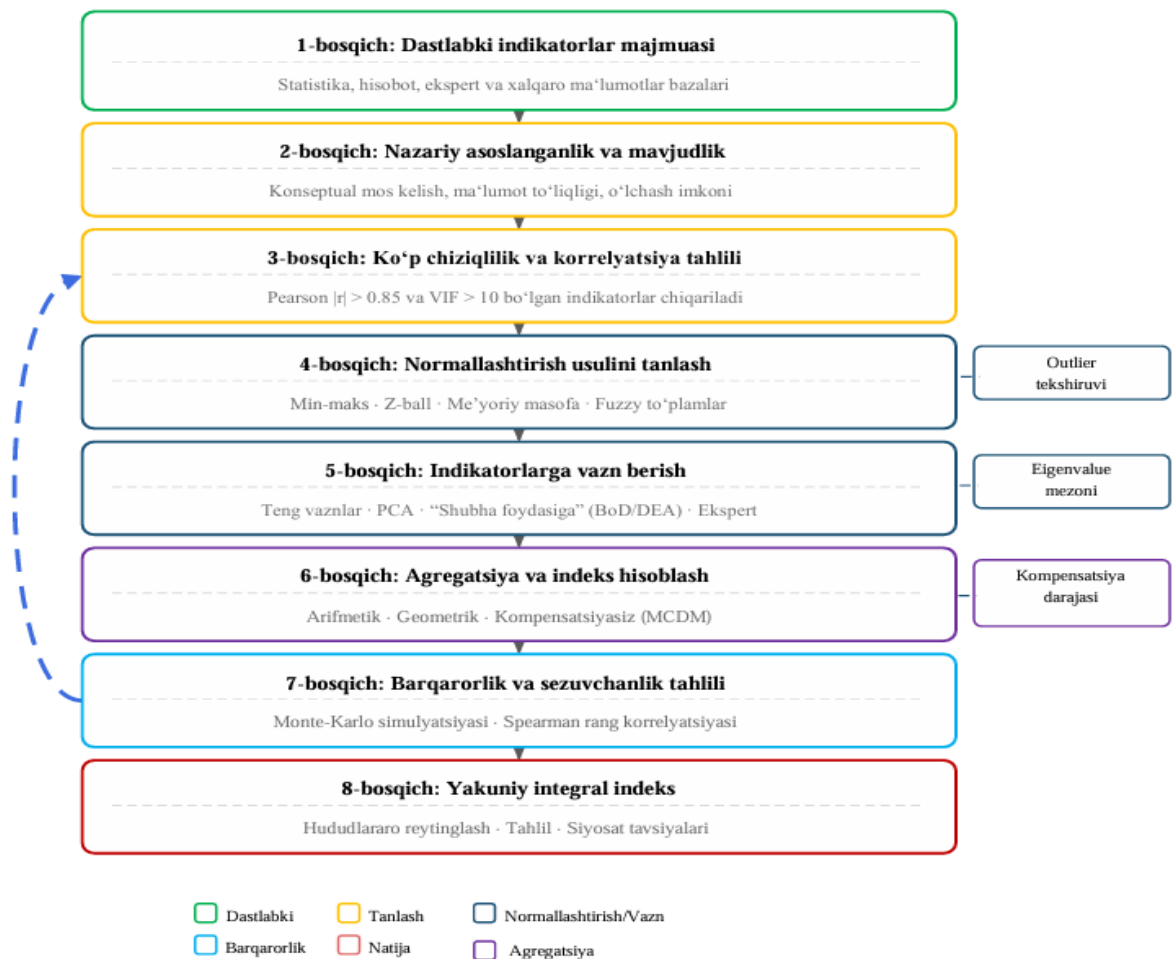
Min-maks usulining zaif tomoni amaliyotda quyidagicha ko'rinadi: agar namunadagi bir hududning muayyan ko'rsatkichi qolgan barcha hududlardan ancha yuqori yoki past bo'lsa, bu ekstremal qiymat "maksimum" yoki "minimum" rolini o'ynaydi va boshqa barcha hududlarning normallashtirish natijalari siqilgan, kichik oralig'ida joylashadi. OECD Qo'llanmasi [1] bu muammoni hal qilish uchun ekstremal

qiymatlarni almashtirish (Winsorization) yoki logarifmik transformatsiya qo'llashni tavsiya etadi - bu holda ma'lumotlar ko'proq nosimmetrik taqsimlanadi.

Z-ball usuli taqsimot xususiyatlarini hisobga oladi, ammo yakuniy indeks qiymatlari 0 dan past bo'lishi mumkin, bu esa salbiy ma'lumotlarga ega bo'lmagan ko'rsatkichlar bilan ishlashda talqin qilishda noqulaylik tug'diradi. Bundan tashqari, manfiy z-ball qiymatlari geometrik agregatsiyada matematik jihatdan qo'llanilmaydi.

Me'yoriy masofaga asoslangan yondashuv vaqtiy taqqoslashda o'zining asosiy kuchini namoyish etadi: etalon qiymat (masalan, muayyan yilning maksimumi yoki nazariy ideal qiymat) vaqt o'tishi bilan o'zgarimasdan qolsa, turli yillardagi indeks qiymatlari to'g'ridan-to'g'ri taqqoslanishi mumkin. Aynan shu sababli UNDP 2010-yilgi islohot chog'ida HDI uchun goaltpost normalizatsiyasini saqlab qoldi [13].

Fuzzy to'plamlar normalizatsiyasi [22] o'lchovlar chegaralarida noaniqlik mavjud bo'lganda va ikkilik ajratish (mahrum/mahrum emas) mantiqiy jihatdan sun'iy tuyulganda eng maqbul. Alkire-Foster metodologiyasida [7] qo'llaniladigan chegaraviy yondashuv aslida fuzzy memberlik funksiyasining aniq holati hisoblanadi.



1-rasm. Ko'p o'lchovli integral indeksni qurish: metodologik bosqichlar sxemasi¹ Indikatorlar tanlash mezonlarini qo'llash: xalqaro amaliyot

Annoni va Dijkstra tomonidan ishlab chiqilgan Yevropa Ittifoqi Hududiy Raqobatbardoshlik Indeksi (EU RCI) [14] indikator tanlash jarayonining amaliyotda

¹ muallif tomonidan OECD/JRC (2008) [1] va Saisana, Tarantola (2002) [16] manbalari asosida ishlab chiqilgan.

qanday amalga oshirilishini ko'rsatuvchi muhim namuna hisoblanadi. Dastur 262 ta NUTS-2 hududini qamrab olgan holda 11 ta kichik indeksdan tashkil topadi va har bir kichik indeks uchun indikatorlar mavjud xalqaro ma'lumotlar bazalaridan puxta tanlab olingan. Tanlash jarayonida nazariy asoslanganlik va ma'lumotlarning hududiy darajadagi mavjudligi asosiy mezon bo'ldi.

Alkire va Foster tomonidan ishlab chiqilgan ko'p o'lchovli qashshoqlik indeksi (MPI) [7] indikator tanlashga qattiq nazariy mezon qo'yish zarurligini yana bir bor ko'rsatadi. MPI uchun indikatorlar uchta o'lchovga - sog'liq, ta'lim va turmush sharoitiga - ajratilgan bo'lib, har bir indikator ushbu o'lchovning nazariy jihatdan muhim qirrasini sifatida asoslantirilishi shart. Nazariy justifikatsiya bo'lmasa, indikator tanlanmaydi - bu qoidaning qat'iy tutilishi indeks natijalarining talqin qilinishini sezilarli osonlashtiradi.

Normallashtirish usullarining taqqosiy xarakteristikasi

Quyidagi jadval to'rtta asosiy normallashtirish usulini asosiy metodologik xususiyatlari bo'yicha solishtiradi. Jadvaldagi xususiyatlar OECD Qo'llanmasi [1], Greco va boshqalar (2019) [3] va Saisana, Tarantola (2002) [16] asoslarida tasdiqlangan.

1-jadval.

Normallashtirish usullarining qiyosiy xarakteristikasi².

Usul	Natija oralig'i	Outlier sezgirlik	Geometrik agregatsiya	Vaqtiiy taqqoslash
Min-maks	[0, 1]	Yuqori	Ha	Cheklangan
Z-ball	$(-\infty, +\infty)$	O'rtacha	Yo'q (manfiy)	O'rtacha
Me'yoriy masofa	[0, 100]	O'rtacha	Ha	Yuqori
Fuzzy to'plamlar	[0, 1]	Past	Ha	O'rtacha

Vaznlash va normalizatsiya o'rtasidagi metodologik o'zaro bog'liqlik

Normalizatsiya va vaznlash bosqichlari metodologik jihatdan mustaqil emas - ular bir-birini o'zaro shartlaydi. Z-ball normalizatsiyasidan keyin PCA asosidagi vazn berish tabiiy ravishda qo'llaniladi, chunki PCA o'zi standartlashtirilgan ma'lumotlar ustida ishlaydi. Min-maks normalizatsiyasi esa teng vaznlash yoki ekspert vaznlash bilan ko'proq mos keladi. Geometrik agregatsiya min-maks yoki me'yoriy masofa normalizatsiyasini talab qiladi, chunki ushbu usullar musbat qiymatlarni kafolatlaydi.

Decancq va Lugo [5] ta'kidlaganidek, normalizatsiya va vaznlash sxemasi birgalikda, ular ketma-ketligini nazarda tutib, loyihalaniishi kerak. Ikki bosqich bir-biridan mustaqil ravishda tanlanganida, yakuniy indeks qiymatlarining kutilmagan va tushuntirib bo'lmaydigan o'zgarishlariga olib kelishi mumkin.

Barqarorlik baholash natijalari va metodologik tavsiyalar

Saisana va boshqalar [25] Monte-Karlo simulyatsiyasi asosida o'tkazgan tadqiqotda OECD mamlakatlari bo'yicha bir necha mavjud kompozit indeksni tahlil qildi. Natijalar shuni ko'rsatdiki, normalizatsiya usuli va vazn berish sxemasi o'zgartirilganida yuqori va

² Manba: OECD/JRC (2008) [1], Greco va boshq. (2019) [3] va Saisana, Tarantola (2002) [16] asosida muallif tomonidan tuzilgan.

past polarda joylashgan hududlar reytingda nisbatan barqaror qoladi, ammo o'rtadagi hududlar uchun rang o'zgarishi sezilarli bo'lishi mumkin.

Ushbu topilma siyosat amaliyoti uchun muhim metodologik xulosa chiqarishga asos beradi: hududiy rivojlanish indeksleri asosida siyosat qarorlarini qabul qilishda, xususan, "yuqori" va "past" toifadagi hududlarni ajratishda, faqat bitta metodologik versiyaga tayanmaslik zarur. Barqarorlik tahlili natijalarini asosiy natijalar bilan birga, shaffof tarzda ko'rsatish - sensitivlik diapazonlarini taqdim etish - ilmiy va amaliy jihatdan muhimdir.

Greco va boshqalar [3] keng ko'lamlı adabiyot ko'rib chiqish ishida metodologik shaffoflik talabini kuchaytiradi: normalizatsiya, vaznlash va agregatsiya usullarini asoslash uchun qo'llaniladigan mezonlar ilmiy maqolalarda yoki texnik hisobotlarda aniq ko'rsatilishi, barqarorlik tahlili o'tkazilishi va uning natijalari asosiy natijalar bilan birga taqdim etilishi zarur.

Yuqorida muhokama qilingan metodologik yondashuvlar asosida ko'p o'lchovli integral indeks qurish uchun quyidagi ketma-ket bosqichlardan iborat metodologik ramkani taklif etish mumkin. Birinchi bosqichda hududiy rivojlanishning nazariy kontseptsiyasiga mos keladigan o'lchovlar doirasi aniqlanadi va har bir o'lchovga mos dastlabki indikatorlar ro'yxati tuziladi. Ushbu bosqich kontseptual ishi bo'lib, unda mutaxassis ko'rib chiqishi, ekspert so'rovi va maqsad-ko'rsatkich muvofiqlik tahlili amalga oshiriladi.

Ikkinchi va uchinchi bosqichlarda indikatorlar sifatıy va miqdoriy mezonlar bo'yicha saralanadi. Nazariy asoslanganlik, ma'lumot mavjudligi va to'liqligi, o'lchov birligi hamda o'zaro korrelyatsiya tekshiruvı amalga oshiriladi. VIF tahlili va korrelyatsiya matritsasi asosida redundant indikatorlar chiqarib tashlanadi.

To'rtinchi bosqich normalizatsiya usulini tanlash bo'lib, unda ma'lumotlarning taqsimot xususiyatlari, keyingi bosqichda qo'llaniladigan agregatsiya usuli va vaqtiy taqqoslash zaruriyati hisobga olinadi. Beshinchi bosqich vaznlash sxemasini belgilaydi. Agar kontseptual jihatdan barcha o'lchovlar bir xil muhimlikka ega deb hisoblanmasa, PCA yoki BoD asosidagi vaznlash afzal.

Oltinchi bosqich agregatsiyani amalga oshiradi. Agar kompensatsiya kontseptual jihatdan maqbul bo'lmasa, geometrik yoki kompensatsiyasiz usul afzal. Ettinchi bosqich Monte-Karlo simulyatsiyasi va Spearman tahlili orqali barqarorlikni baholaydi. Barqarorlik darajasi past chiqqan hollarda metodologik tanlashlar qayta ko'rib chiqiladi. Sakkizinchi bosqich - yakuniy integral indeks hisoblash, hududlar reytingini tuzish va natijalarga asoslangan siyosat tavsiyalari ishlab chiqish.

XULOSA VA TAKLIFLAR

Ko'p o'lchovli integral indeks qurishda indikatorlarni tanlash va normallashtirish bosqichlari yakuniy indeks sifatiga, hududlar reytingiga va natijalarning siyosat uchun yaroqliligiga bevosita ta'sir qiladi. Ushbu maqolada amalga oshirilgan metodologik tahlil bir qator muhim xulosalarni asoslab berdi.

Birinchi xulosa: indikator tanlash faqat ma'lumot mavjudligi bilan chegaralanmasligi kerak. Nazariy asoslanganlik va kontseptual mos kelish indikator tanlashning birlamchi va hal qiluvchi mezoni bo'lishi zarur. Bu talabni qondirmasdan qurilgan indeks natijalarini to'g'ri talqin qilish imkoniyati sezilarli darajada cheklanadi.

Ikkinchi xulosa: normalizatsiya usulini tanlash texnik detal emas, balki metodologik qaror hisoblanadi. Min-maks usuli qulayligi va talqin qilish soddaligiqa ko'ra afzal bo'lsa-da, ekstremal qiymatlar ta'siriga sezgirligini hisobga olib, ma'lumotlar taqsimotiga qarab Winsorization yoki me'yoriy masofa usulini ko'rib chiqish maqsadga muvofiq. Vaqtiy taqqoslash maqsad bo'lgan taqdirda goaltpost (me'yoriy masofa) normalizatsiyasi afzal.

Uchinchi xulosa: normalizatsiya va vaznlash bosqichlari bir-biridan mustaqil holda tanlanmaydi - ular o'zaro metodologik bog'liqlikka ega va birgalikda, keyingi agregatsiya usuli ham hisobga olingan holda, loyihalanishi kerak.

To'rtinchi xulosa: Monte-Karlo simulyatsiyasiga asoslangan barqarorlik tahlili ixtiyoriy emas, balki zaruriy bosqich sifatida ko'rib chiqilishi kerak. Barqarorlik tahlili natijalari asosiy natijalar bilan birga, shaffof tarzda taqdim etilishi metodologik shaffoflik va ilmiy ishonchlilik uchun zarur shart hisoblanadi.

Beshinchi xulosa: kompensatsiya masalasi agregatsiya usulini tanglashda konseptual qaror talab etadi. Iqtisodiy-ijtimoiy rivojlanish o'lchovlarida to'liq kompensatsiya ko'pincha kontseptual jihatdan noto'g'ri - geometrik yoki kompensatsiyasiz MCDM yondashuvi ko'p hollarda katta ahamiyat kasb etadi.

Hududiy rivojlanishni o'lchash bilan shug'ullanuvchi milliy statistika idoralari va ilmiy muassasalarga quyidagi tavsiyalar beriladi. Birinchidan, har bir indikator uchun nazariy asoslanganlik tavsifi tuzish - unda indikator qaysi kontseptual o'lchovni va qaysi mexanizm orqali ifodalashi ko'rsatilishi zarur. Ikkinchidan, VIF va korrelyatsiya matritsasi tahlili natijalari texnik hisobotda ochiq ko'rsatilishi va qaysi indikatorlar chiqarib tashlanganligi asoslab berilishi zarur. Uchinchidan, kamida ikkita turli normalizatsiya usuli va ikkita turli vaznlash sxemasida barqarorlik tahlili o'tkazilishi hamda Spearman rang korrelyatsiyasi hisoblab ko'rsatilishi zarur. To'rtinchidan, vaqtiy taqqoslash maqsad bo'lgan hollarda normalizatsiya uchun qo'llaniladigan etalon qiymatlar vaqt o'tishi bilan o'zgarish holda saqlanishi zarur. Beshinchidan, indeks qurish metodologiyasining to'liq texnik tavsifi ilmiy izoh yoki qo'shimcha to'plamda nashr etilishi shaffoflik talabini qondiradi.

Kelajakdagi tadqiqotlar uchun fazoviy avtokorrelyatsiya - xususan, Moran statistikasi [21] - ni indikator va indeks barqarorligi baholashga integratsiya qilish istiqbolli yo'nalish sifatida belgilanishi mumkin. Mashinali o'qitish usullaridan indikator tanlashni avtomatlashtirishda yordamchi vosita sifatida foydalanish imkoniyati ham metodologik izlanish uchun ochiq maydon bo'lib qolmoqda.

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR RO'YXATI

1. OECD/JRC. Handbook on Constructing Composite Indicators: Methodology and User Guide. OECD Publishing, Paris. 2008. 162 p. URL: <https://www.oecd.org/sdd/42495745.pdf>
2. Nardo M., Saisana M., Saltelli A., Tarantola S. Tools for Composite Indicators Building. EUR 21408 EN. European Commission, Joint Research Centre. 2005. 131 p. URL: <https://publications.jrc.ec.europa.eu/repository/handle/JRC31473>
3. Greco S., Ishizaka A., Tasiou M., Torrisi G. On the Methodological Framework of Composite Indices: A Review of the Issues of Weighting, Aggregation, and Robustness // Social Indicators Research. 2019. Vol. 141, No 1. P. 61-94. URL: <https://doi.org/10.1007/s11205-017-1832-9>

4. Mazziotta M., Pareto A. On a Generalized Non-compensatory Composite Index for Measuring Socio-economic Phenomena // *Social Indicators Research*. 2016. Vol. 127, № 3. P. 983-1003. URL: <https://doi.org/10.1007/s11205-015-0998-2>
5. Decancq K., Lugo M.A. Weights in Multidimensional Indices of Wellbeing: An Overview // *Econometric Reviews*. 2013. Vol. 32, № 1. P. 7-34. URL: <https://doi.org/10.1080/07474938.2012.690653>
6. Foster J.E., McGillivray M., Seth S. Composite Indices: Rank Robustness, Statistical Reliability and Redundancy // *Econometric Reviews*. 2013. Vol. 32, № 1. P. 35-56. URL: <https://doi.org/10.1080/07474938.2012.690647>
7. Alkire S., Foster J. Counting and Multidimensional Poverty Measurement // *Journal of Public Economics*. 2011. Vol. 95, № 7-8. P. 476-487. URL: <https://doi.org/10.1016/j.jpubeco.2010.11.006>
8. Stiglitz J.E., Sen A., Fitoussi J.P. Report by the Commission on the Measurement of Economic Performance and Social Progress. Paris. 2009. 291 p. URL: <https://ec.europa.eu/eurostat/documents/118025/118123/Fitoussi+Commission+report>
9. Saltelli A. Composite Indicators between Analysis and Advocacy // *Social Indicators Research*. 2007. Vol. 81, № 1. P. 65-77. URL: <https://doi.org/10.1007/s11205-006-0024-9>
10. Freudenberg M. Composite Indicators of Country Performance: A Critical Assessment // *OECD Science, Technology and Industry Working Papers*. 2003/16. URL: <https://doi.org/10.1787/405566708255>
11. Booyens F. An Overview and Evaluation of Composite Indices of Development // *Social Indicators Research*. 2002. Vol. 59, № 2. P. 115-151. URL: <https://doi.org/10.1023/A:1016275505152>
12. Cherchye L., Moesen W., Rogge N., Van Puyenbroeck T. An Introduction to 'Benefit of the Doubt' Composite Indicators // *Social Indicators Research*. 2007. Vol. 82, № 1. P. 111-145. URL: <https://doi.org/10.1007/s11205-006-9029-7>
13. UNDP. Human Development Report 2020: The Next Frontier — Human Development and the Anthropocene. United Nations Development Programme. 2020. 412 p. URL: <https://hdr.undp.org/content/human-development-report-2020>
14. Annoni P., Dijkstra L. EU Regional Competitiveness Index 2013. EUR 26060 EN. European Commission, JRC Technical Reports. 2013. 138 p. URL: <https://publications.jrc.ec.europa.eu/repository/handle/JRC84922>
15. Zanella A., Camanho A.S., Dias T.G. Undesirable Outputs and Weighting Schemes in Composite Indicators Based on Data Envelopment Analysis // *European Journal of Operational Research*. 2015. Vol. 245, № 2. P. 517-530. URL: <https://doi.org/10.1016/j.ejor.2015.03.036>
16. Saisana M., Tarantola S. State-of-the-art Report on Current Methodologies and Practices for Composite Indicator Development. EUR 20408 EN. European Commission, JRC. 2002. 72 p. URL: <https://publications.jrc.ec.europa.eu/repository/handle/JRC24276>
17. Bandura R. A Survey of Composite Indices Measuring Country Performance: 2008 Update. UNDP/ODS Working Paper. 2008. 84 p. URL: <https://web.undp.org/sites/default/files/undp-country-composite-indices.pdf>

18. Sen A. *Commodities and Capabilities*. North-Holland, Amsterdam. 1985. 130 p. ISBN: 9780444877307.
19. Eurostat. *Regions in Europe: 2022 Interactive Edition*. Publications Office of the European Union. 2022. URL: <https://ec.europa.eu/eurostat/web/regions-and-cities/publications>
20. World Bank. *World Development Indicators Database*. 2024. URL: <https://databank.worldbank.org/source/world-development-indicators>
21. Moran P.A.P. *Notes on Continuous Stochastic Phenomena* // *Biometrika*. 1950. Vol. 37, № 1/2. P. 17-23. URL: <https://doi.org/10.2307/2332142>
22. Cerioli A., Zani S. *A Fuzzy Approach to the Measurement of Poverty* // In: Dagum C., Zenga M. (eds.) *Income and Wealth Distribution, Inequality and Poverty*. Springer, Berlin. 1990. P. 272-284. URL: https://doi.org/10.1007/978-3-642-84250-4_18
23. Ravallion M. *Troubling Tradeoffs in the Human Development Index* // *Journal of Development Economics*. 2012. Vol. 99, № 2. P. 201-209. URL: <https://doi.org/10.1016/j.jdeveco.2012.01.003>
24. Gan X., Fernandez I.C., Guo J., Wilson M., Zhao Y., Zhou B., Wu J. *When to Use What: Methods for Weighting and Aggregating Sustainability Indicators* // *Ecological Indicators*. 2017. Vol. 81. P. 491-502. URL: <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2017.05.068>
25. Saisana M., Saltelli A., Tarantola S. *Uncertainty and Sensitivity Analysis Techniques as Tools for the Quality Assessment of Composite Indicators* // *Journal of the Royal Statistical Society: Series A*. 2005. Vol. 168, № 2. P. 307-323. URL: <https://doi.org/10.1111/j.1467-985X.2005.00350.x>

Copyright: © 2026 by the authors. This work is licensed under a Creative Commons Attribution-4.0 International License (CC - BY 4.0)

