KO‘P MEZONLI QAROR QABUL QILISH USULLARI

Eshankulov Khamza
Buxoro davlat universiteti amaliy amatematika va dasturlash texnologiyalari kafedrasi professori
Email: vivente_2006@mail.ru, x.i.eshonkulov@buxdu.uz
Razzoqova Shaxzoda
Buxoro davlat universiteti axborot tizimlari va raqamli texnologiyalar ta’lim yo‘nalishi 2-bosqich talabasi

Annotatsiya. Ushbu maqolada ko‘p mezonli qaror qabul qilish usullarining nazariy asoslari hamda ularning ko‘p agentli tizimlar va business intelligence muhitida qo‘llanish imkoniyatlari tahlil qilingan. AHP, TOPSIS va Pareto yondashuvlarining o‘zaro taqqoslanishi orqali ularning afzallik va cheklovlari aniqlanib, Pareto-optimal yondashuvning business intelligence tizimlarida eng samarali model sifatida ustun jihatlari asoslab berilgan. Tadqiqot natijalari shuni ko‘rsatadiki, ko‘p mezonli yondashuvlar agentlarga real vaqt rejimida optimal qaror qabul qilish, resurslardan oqilona foydalanish va tizim barqarorligini saqlash imkonini beradi. Shu bilan birga, maqolada o‘z-o‘zini moslashtiruvchi agentlar arxitekturasi bilan ko‘p mezonli qaror qabul qilish metodlarining integratsiyasi ham taklif qilinib, ularning oliy ta’lim muhitidagi amaliy samaradorligi yoritilgan.

Kalit so‘zlar: Ko‘p mezonli qaror qabul qilish, Pareto-optimal yondashuv, AHP, TOPSIS, multi-agent tizimlar, business intelligence, adaptiv boshqaruv

Аннотация. В данной статье проанализированы теоретические основы многокритериальных методов принятия решений и возможности их применения в мультиагентных системах и среде бизнес-аналитики (Business Intelligence). Путем сравнительного анализа подходов AHP, TOPSIS и Парето выявлены их преимущества и ограничения, а также обосновано, что Парето-оптимальный подход является наиболее эффективной моделью для систем бизнес-аналитики. Результаты исследования показывают, что многокритериальные методы позволяют агентам принимать оптимальные решения в реальном времени, рационально использовать ресурсы и поддерживать устойчивость системы. Кроме того, в статье предложена интеграция архитектуры самоадаптирующихся агентов с методами многокритериального принятия решений, что демонстрирует их практическую эффективность в условиях высшего образования.

Ключевые слова: многокритериальное принятие решений, Парето-оптимальный подход, AHP, TOPSIS, мультиагентные системы, бизнес-аналитика, адаптивное управление

Abstract. This article analyzes the theoretical foundations of multi-criteria decision-making methods and their application potential within multi-agent

systems and Business Intelligence environments. Through a comparative analysis of the AHP, TOPSIS, and Pareto approaches, their respective strengths and limitations are identified, demonstrating that the Pareto-optimal approach serves as the most effective model for Business Intelligence systems. The results indicate that multi-criteria approaches enable agents to make optimal decisions in real time, utilize resources efficiently, and maintain system stability. Furthermore, the paper proposes the integration of self-adaptive agent architecture with multi-criteria decision-making methods, highlighting their practical effectiveness in higher education environments.

Keywords: multi-criteria decision-making, Pareto-optimal approach, AHP, TOPSIS, multi-agent systems, Business Intelligence, adaptive management

I. KIRISH

Ko‘p agentli tizimlar(KAT)da qaror qabul qilish jarayoni odatda bir nechta o‘zaro bog‘liq hamda ko‘pincha qarama-qarshi mezonlarni hisobga olishni talab etadi. Ushbu mezonlarga tizimning funksional samaradorligi, vaqt koeffitsienti, resurslardan foydalanish darajasi, iqtisodiy xarajatlar, xavf omili hamda yakuniy foyda kabi ko‘rsatkichlar kiradi. Shu sababli, ko‘p mezonli qaror qabul qilish (KMQQQ) metodlari KAT muhitida qarorlarni shakllantirish, tahlil qilish va optimallashtirishda asosiy intellektual mexanizmlardan biri sifatida alohida ahamiyatga ega [1].

An’anaviy qaror qabul qilish yondashuvlari, odatda, yagona maqsad funksiyasini optimallashtirishga asoslanadi. Biroq real muhitdagi ko‘p faktorli muammolarni bunday yondashuvlar yordamida to‘liq modellashtirish qiyin. Shu bois, KMQQQ usullari bir vaqtning o‘zida bir nechta mezonlarni baholash, ularning nisbiy ustuvorligini aniqlash va qarorlar to‘plamidan eng maqbul, muvozanatli yechimni tanlash imkonini beradi. Natijada agentlar ziddiyatli, noaniq va dinamik muhitlarda Pareto-optimal muvofiqlikni ta’minlovchi qarorlarni shakllantira oladi.

KMQQQ metodlarining mohiyati shundan iboratki, ular har bir mezonning og‘irlik koeffitsientini hisobga olgan holda baholash jarayonini matematik model orqali ifodalaydi. Shu tarzda ishlab chiqilgan qarorlar inson omilidan kelib chiqadigan subyektivlikdan holi bo‘lib, ma’lumotga asoslangan, obyektiv va qayta tekshiriladigan shaklga ega bo‘ladi.

KAT muhitida keng qo‘llaniladigan asosiy KMQQQ metodlariga quyidagilar kiradi:

- **AHP** — qaror qabul qilish jarayonini ierarxik struktura asosida modellashtiradi. Har bir mezon va alternativa juft solishtirish orqali baholanadi, natijada eng maqbul variant ularning og‘irlik koeffitsientlari asosida aniqlanadi [2].

ISSN 3030-3907

- **TOPSIS**— alternativalarni “ideal” va “anti-ideal” yechimlarga nisbatan yaqinlik darajasi bo‘yicha baholaydi. Har bir variant uchun ideal yechimga o‘xshashlik koeffitsienti hisoblanib, eng yuqori qiymat optimal qarorni ifodalaydi [3].

- **Pareto yondashuvi** — qarorlar to‘plamidan Pareto-optimal yechimlarni aniqlashga asoslanadi. Ushbu yondashuvda hech bir mezonning yaxshilanishi boshqa mezonning yomonlashuviga olib kelmasligi ta’minlanadi, natijada eng muvozanatli va kompromiss yechimlar majmuasi shakllantiriladi [4].

KMQQQ metodlari KAT muhitida adaptiv, ko‘p omilli va ma’lumotga asoslangan qaror qabul qilish jarayonlarini tashkil etishda nazariy hamda amaliy asos sifatida xizmat qiladi. Ularning qo‘llanilishi agentlararo muvofiqlikni ta’minlash, resurslardan samarali foydalanish va tizimning o‘zgaruvchan sharoitlarga tezkor moslashuvchanligini oshirish imkonini beradi.

BItizimlari katta hajmdagi ma’lumotlarni tahlil qilish va samarali boshqaruv qarorlarini ishlab chiqishga yo‘naltirilgan integrallashgan axborot tizimlaridir. Ushbu jarayonlarda KMQQQ metodlari muhim analitik komponent sifatida namoyon bo‘lib, qarorlarni bir vaqtning o‘zida bir nechta mezonlar bo‘yicha baholash imkonini beradi. KMQQQ yondashuvlari yordamida BI tizimlari inson omiliga xos subyektiv baholashlarni kamaytiradi va obyektiv ko‘rsatkichlarga asoslangan avtomatlashtirilgan qarorlarni ishlab chiqadi. Masalan, oliy ta’lim tizimida fakultetlar o‘rtasida resurslarni taqsimlash yoki o‘qituvchi va talabalarning samaradorligini baholashda samaradorlik, o‘zlashtirish darajasi, faollik va vaqt samaradorligi kabi mezonlar inobatga olinadi.

KMQQQ metodlarining BI tizimlarida qo‘llanilishi ustuvorliklarni aniqlash, resurslardan oqilona foydalanish va strategik qarorlarni optimallashtirishga xizmat qiladi. **Quyidagi 1.-jadvalda KMQQQ yondashuvlarining BI muhitidagi qo‘llanish sohasi tizimli ravishda keltirilgan.**

1-jadval

KMQQQ usullarining BI tizimlari uchun qiyosiy tahlili

Ko‘rsatkich	AHP	TOPSIS	Pareto yondashuvi
Ma’lumotga asoslangan tahlil	±	+	+
Subyektivlik darajasi	Yuqori	O‘rta	Past
Matematik optimallik	±	+	+
Real vaqt tahliliga moslashuvchanlik	–	±	+
BI tizimlari bilan integratsiya	+	+	+
Multi-agent tizimlar uchun moslik	±	±	+

ISSN 3030-3907

Moslashuvchan qaror mexanizmi	±	±	+
Hisoblash murakkabligi	O‘rta	Past	Yuqori
Natijani vizual talqin qilish imkoniyati	+	+	+

1-jadval tahlili shuni ko‘rsatadiki, Pareto yondashuvi BI tizimlarida eng samarali KMQQQ metodlaridan biridir. Ushbu yondashuv subyektivlikni kamaytirib, real vaqt rejimidagi tahlilni qo‘llab-quvvatlaydi hamda multi-agent muhitda qarorlarni optimallashtirish imkonini beradi. Pareto yondashuviga asoslangan BI tizimlari agentlararo kelishuvni ta’minlaydi, bunda har bir agent o‘z manfaatlariga mos qaror qabul qiladi, lekin tizim darajasida umumiy muvozanat saqlanadi. Natijada tizimning samaradorligi va barqarorligi oshadi.

II. PARETO YONDASHUVI

Pareto-optimal qaror deb shunday yechim tushuniladiki, uni biror mezon bo‘yicha yaxshilash boshqa kamida bitta mezonning yomonlashuviga olib kelmasdan amalga oshirib bo‘lmaydi [5]. Boshqacha aytganda, Pareto-optimal yechimlar to‘plami ko‘p mezonli optimallashtirish muammosida kompromiss yechimlar majmuasini ifodalaydi. Ushbu holat matematik tarzda quyidagicha ifodalanadi:

$$x^* \in X : \text{y}x \in X, \forall i \in \{1,2,...,n\}, f_i(x) \geq f_i(x^*) \; va \; \exists j : f_j(x) \geq f_j(x^*) \qquad (1)$$

bu yerda:

- X – qarorlar to‘plami;
- $f_i(x)$ – i-mezonga mos baholash funksiyasi;
- x^* – pareto-optimal qarori;
- $\text{y}x \in X$ – shunday x mavjud emaski, u barcha mezonlar bo‘yicha x^* dan yomon bo‘lmasin va hech bo‘lmaganda bitta mezon bo‘yicha undan yaxshiroq bo‘lsin.

Demak, x^* shunday yechimki, hech bir mezonni yaxshilash boshqalarning yomonlashuviga olib kelmaydi. Pareto-optimal yechimlar – bu bir mezonni yaxshilash boshqa mezonlarning yomonlashuviga olib kelmaydigan yechimlar bo‘lib, ularning majmuasi Pareto front deb ataladi va ko‘p mezonli qaror qabul qilish jarayonlarida optimal muvozanatni ifodalaydi. BI tizimlarida Pareto yondashuvi resurslardan samarali foydalanish, qaror variantlarini muvofiqlashtirish va global optimal natijaga erishish uchun muhimdir.

Oliy ta’lim muassasalari kontekstida bu yondashuv agentlarga (fakultet, bo‘lim, talaba) o‘z manfaatlarini inobatga olgan holda faoliyat yuritish imkonini beradi, tizim barqarorligini saqlab, kooperativ muvofiqlashtirishni ta’minlaydi. Shuningdek, real vaqt rejimida ma’lumotlarning dinamik yangilanishi Pareto frontni qayta shakllantirish va tizimning adaptiv moslashuvchanligini oshirish imkonini beradi. Natijada, qarorlarni avtomatlashtirish va strategik boshqaruv

ISSN 3030-3907

samaradorligi ortadi, inson omilining subyektivligi kamayadi. Shu sababli, Pareto-optimal yondashuv OTM muhitida BI tizimlarining nazariy va amaliy integratsiyasida markaziy komponent sifatida e'tirof etiladi.

III. O‘Z-O‘ZINI MOSLASHTIRUVCHI AGENTLAR ARXITEKTURASI VA KO‘P MEZONLI QAROR QABUL QILISH TIZIMLARINING INTEGRATSION MODELI

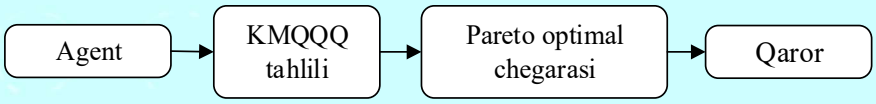
O‘z-o‘zini moslashtiruvchi agentlar — ko‘p agentli tizimlarda qaror qabul qilish jarayonini avtomatlashtirish va optimallashtirishga xizmat qiluvchi muhim nazariy va amaliy mexanizmdir. Bunday agentlar tizimning joriy holati va tashqi muhitdagi o‘zgarishlarga asoslanib, xatti-harakatlarini dinamik tarzda o‘zgartiradi, natijada real vaqt rejimida optimal qarorlarni shakllantirish imkoniyatiga ega bo‘ladi [6].

Ko‘p mezonli qaror qabul qilish metodlari — xususan AHP, TOPSIS va Pareto yondashuvlari — o‘z-o‘zini moslashtiruvchi agentlarning qaror qabul qilish mexanizmining markaziy komponentlarini tashkil etadi [7,8]. Ushbu metodlar agentlarga ko‘p o‘lchovli qaror fazosida samaradorlik, vaqt, xarajat va resurslardan foydalanish o‘rtasida muvozanatni ta'minlash imkonini beradi, natijada agentlar o‘z qarorlarini global tizim samaradorligini oshirishga yo‘naltiradi.

O‘z-o‘zini moslashtiruvchi agentlarning asosiy afzalliklari quyidagilardan iborat:

1. **real vaqt rejimida adaptatsiya** – agentlar muhitdagi o‘zgarishlarga javoban qarorlarni qayta hisoblaydi va strategiyasini yangilaydi.
2. **ko‘p mezonli muvozanat** – samaradorlik, vaqt, xarajat va resurslardan foydalanishni optimal tarzda muvofiqlashtiradi.
3. **subyektivlikni kamaytirish** – inson omiliga tayanishni qisqartirib, qarorlarning obyektivligini oshiradi [9].
4. **agentlararo kelishuv** – har bir agent mustaqil qaror qabul qilsa ham, tizimning umumiy barqarorligi va muvozanati saqlanadi.

1-rasmda o‘z-o‘zini moslashtiruvchi agentlarning KMQQQ usullari bilan integratsiyasi sxematik tarzda ko‘rsatilgan. Bu rasm agentlarning qaror qabul qilish jarayonini vizual ravishda tushunishga va ularning tizim ichidagi o‘zaro aloqasini aniqlashga yordam beradi.



1-rasm. O‘z-o‘zini moslashtiruvchi agentlarning KMQQQ usullari bilan integratsiyalash sxemasi

Mazkur model agentlarning ma'lumot yig‘ish, ko‘p mezonli baholash va Pareto-optimal qaror shakllantirish jarayonlarini aks ettiradi, bu esa multi-agent muhitda qarorlar barqarorligi va tizim muvozanatini ta'minlaydi. O‘z-o‘zini moslashtiruvchi agentlarning BI tizimi bilan integratsiyasi quyidagi imkoniyatlarni

ISSN 3030-3907

yaratadi: ma'lumotlarni turli manbalardan yig'ish va standartlashtirish, KMQQQ metodlari yordamida alternativ variantlarni baholash va ustuvorlikni aniqlash, barcha mezonlar bo'yicha Pareto frontni shakllantirish hamda fakultetlar, bo'limlar yoki ishlab chiqarish resurslari o'rtasida optimal taqsimotni amalga oshirish.

Natijada agentlar tezkor, moslashuvchan va ishonchli qarorlar qabul qilishi, qarorlarni avtomatik yangilashi va BI tizimining intellektual darajasini sezilarli oshirishi mumkin [9]. Shu asosda, ko'p mezonli qaror qabul qilish jarayoni quyidagi foyda funksiyasi orqali matematik tarzda ifodalanadi:

$$U_i(x) = \sum_{j=1}^{m} \omega_j f_{ij}(x), \quad i = 1,...,n$$

bu yerda:

- $U_i(x)$ – i-agentning foyda funksiyasi;
- ω_j – mezon vazni;
- $f_{ij}(x)$ – i-agentning j-mezon bo'yicha bahosi;
- n-agentlar soni;
- m-mezonlar soni;

Pareto chegarasi P quyidagicha ifodalanadi:

$$P = \{x \in X : yy \in X : U_i(y) \geq U_i(x), \forall i \; va \; \exists k : U_k(y) > U_k(x)\} \qquad (2)$$

Multi-agent kelishuv jarayon:

$$\forall i, j \in N, \quad U_i(x^*) \geq U_i(x) \; va \; U_j(x^*) \geq U_j(x)$$

Ko'p agentli muhitda Pareto yondashuvi eng maqbul qarorlarni tanlash uchun samarali vosita hisoblanadi. Ushbu yondashuvda qarorlar t**o'**plami Pareto front orqali ifodalanadi, ya'ni bir mezonni yaxshilash boshqa mezonlarning yomonlashuviga olib kelmaydi. Natijada tizimda optimal resurs taqsimoti, qarorlarning obyektivligi oshishi va agentlararo kelishuvning ta'minlanishi kabi muvozanat holati yuzaga keladi [10].

Jadval 2

Oliy ta'lim muassasasi muhitida Pareto yondashuvi samaradorligi

Agent	**Roli**	**Resurs samaradorligi**	**Vaqt**	**Xavf**	**BI integratsiyasi**
$Agent_1$	Ma'lumot yig'uvchi	+	+	–	+
$Agent_2$	Oldindan tahlilchi	+	–	+	+
$Agent_3$	Qaror tahlilchisi	+	+	+	+
$Agent_4$	Optimizator	+	+	–	+
$Agent_5$	Moslashuvchi nazoratchi	+	+	+	+

ISSN 3030-3907

1.11-jadvaldan ko‘rinib turibdiki, barcha besh agentning faoliyati BI tizimining turli bosqichlarini aks ettiradi. Pareto optimallik sharti bajarilganda, tizim resurslardan samarali foydalanadi, vaqtni tejaydi va xavfni kamaytiradi. Ushbu holat quyidagi tengsizlik orqali matematik tarzda ifodalanadi:

$$\text{y}X' : f_i(X') \geq f_i(X), \forall i \text{, va kamida bitta } j \text{ uchun } f_j(X') \geq f_j(X)$$

Pareto yondashuvi ko‘p agentli BI tizimlarda qaror qabul qilish jarayonining muvozanatli va o‘z-o‘zini moslashtiruvchi mexanizmini ta’minlaydi. Ushbu yondashuv agentlarga samaradorlik, vaqt, xarajat va resurslardan foydalanish o‘rtasida optimal muvozanatni saqlash imkonini beradi. Pareto front asosida qarorlar inson omilining subyektiv ta’siridan xoli bo‘lib, obyektivlik darajasi oshadi. Shuningdek, TOPSIS va AHP metodlarining Pareto modeli bilan integratsiyasi tizimda tezkor, ishonchli va moslashuvchan qarorlarni ishlab chiqishga imkon beradi. Natijada agentlararo kelishuv mexanizmi shakllanadi, resurslarning optimal taqsimoti ta’minlanadi va tizimning umumiy samaradorligi ortadi. Shu bilan Pareto yondashuvi BI muhitida ko‘p agentli tizimlarning raqamli transformatsiyasi va intellektual boshqaruvini amalga oshirishda nazariy jihatdan samarali asos vazifasini bajaradi.

IV. XULOSA

Ko‘p mezonli qaror qabul qilish usullari, xususan Pareto yondashuvi, multi-agent muhitda qaror qabul qilish jarayonining asosiy intellektual mexanizmlaridan biri sifatida yuqori samaradorlikka ega. Tadqiqot natijalari shuni ko‘rsatadiki, Pareto-optimal yechimlar agentlar o‘rtasida muvozanatli resurs taqsimoti va obyektiv qaror qabul qilishni ta’minlaydi, shu orqali tizim barqarorligi va ishonchliligini oshiradi. AHP va TOPSIS metodlarining Pareto modeli bilan integratsiyasi esa tizimni ko‘p mezonli baholash, ustuvorlikni aniqlash va real vaqt adaptatsiyasini amalga oshirish imkonini beradi. Oliy ta’lim muassasalari misolida, bunday yondashuvlar ta’lim jarayonini tahlil qilish, boshqaruv qarorlarini optimallashtirish va raqamli transformatsiyani jadallashtirishda amaliy ahamiyatga ega. Shu bois, Pareto yondashuviga asoslangan ko‘p mezonli qaror qabul qilish usullari zamonaviy business intelligence tizimlarining intellektual asosini tashkil etadi.

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR

1. Zadeh, L. A. (1965). Fuzzy sets. Information and Control, 8(3), 338–353. https://doi.org/10.1016/S0019-9958(65)90241-X

2. Rahm, E., & Do, H. H. (2000). Data cleaning: Problems and current approaches. IEEE Data Engineering Bulletin, 23(4), 3–13.

3. Chen, H., Chiang, R. H. L., & Storey, V. C. (2012). Business intelligence and analytics: From big data to big impact. MIS Quarterly, 36(4), 1165–1188. https://doi.org/10.2307/41703503

ISSN 3030-3907

4. Li, J., Zhang, Y., Wang, X., & others. (2023). AI-driven data analytics for business intelligence: A review and future directions. IEEE Access, 11, 75543–75560. https://doi.org/10.1109/ACCESS.2023.3284712
5. Wooldridge, M., & Jennings, N. R. (1995). Intelligent agents: Theory and practice. The Knowledge Engineering Review, 10(2), 115–152. https://doi.org/10.1017/S0269888900008122
6. Groth, P. T., & Luck, M. (2008). A framework for reputation in multi-agent systems. Journal of Artificial Societies and Social Simulation, 11(2), 1–11.
7. Russell, S., & Norvig, P. (2010). Artificial intelligence: A modern approach (3rd ed.). Prentice Hall.
8. Deb, K. (2001). Multi-objective optimization using evolutionary algorithms. John Wiley & Sons.
9. Huebscher, M. C., & McCann, J. A. (2008). Adaptive and autonomic computing: A survey. Journal of Systems and Software, 81(12), 1927–1949. https://doi.org/10.1016/j.jss.2007.12.806

ISSN 3030-3907