

PARALLEL HISOBLASH ASOSIDA KO'P MEZONLI QAROR QABUL QILISH JARAYONLARINI OPTIMALLASHTIRISH

Karimov Norbek Najmiddin o'g'li

O'zbekiston jahon tillari universiteti "Zamonaviy axborot texnologiyalari va sun'iy intellekt" kafedrası
o'qituvchisi

Xolmuminov Oybek Tuxtayevich

O'zbekiston jahon tillari universiteti "Zamonaviy axborot texnologiyalari va sun'iy intellekt" kafedrası
o'qituvchisi

Annotatsiya. Mazkur maqolada parallel hisoblash texnologiyalari asosida ko'p mezonli qaror qabul qilish (Multi-Criteria Decision Making – MCDM) jarayonlarini optimallashtirish usullari tahlil qilingan. Katta hajmdagi va ko'p parametrlı ma'lumotlar bilan ishlovchi qaror qabul qilish tizimlarida hisoblash murakkabligini kamaytirish hamda real vaqt rejimida natija olish masalalari ko'rib chiqilgan. Tadqiqotda TOPSIS algoritmini parallel hisoblash muhitida optimallashtirish va GPU hamda distributed systems texnologiyalaridan foydalanish asosida tezkor hisoblash modeli taklif etilgan. Tajriba natijalari parallel yondashuvning an'anaviy ketma-ket hisoblash usullariga nisbatan yuqori samaradorlikka ega ekanligini ko'rsatdi.

Kalit so'zlar: parallel hisoblash, MCDM, TOPSIS, distributed systems, GPU computing, optimallashtirish, decision support systems, high-performance computing, multicore systems.

Kirish

Raqamli iqtisodiyot va sun'iy intellekt texnologiyalarining jadal rivojlanishi natijasida katta hajmdagi ma'lumotlar asosida tezkor va samarali qaror qabul qilish masalalari dolzarb ilmiy yo'nalishlardan biriga aylandi. Zamonaviy axborot tizimlari, monitoring platformalari, elektron hukumat tizimlari hamda sanoat boshqaruv tizimlarida qaror qabul qilish jarayonlari ko'plab mezonlar asosida amalga oshiriladi. Bunday masalalar ko'p mezonli qaror qabul qilish (Multi-Criteria Decision Making – MCDM) usullari orqali yechiladi [1].

Ko'p mezonli qaror qabul qilish jarayonlarida alternativ variantlarni bir nechta mezonlar asosida baholash talab qilinadi. Mezollar soni va ma'lumot hajmi ortgani sari hisoblash murakkabligi sezilarli darajada oshadi. Ayniqsa real vaqt rejimida ishlovchi distributed systems va cloud computing muhitlarida an'anaviy ketma-ket algoritmlar yetarli samaradorlikni ta'minlay olmaydi [2].

MCDM usullarining TOPSIS, AHP, VIKOR va ELECTRE kabi turlari keng qo'llaniladi. Biroq ushbu algoritmlarda matritsali hisoblash operatsiyalarining ko'pligi sababli katta hajmdagi ma'lumotlar bilan ishlashda vaqt murakkabligi yuqori bo'lib qolmoqda. Shu sababli parallel hisoblash texnologiyalaridan foydalanish MCDM jarayonlarini optimallashtirishning samarali yo'nalishlaridan biri hisoblanadi.

So'nggi yillarda multicore processors, GPU computing va distributed computing texnologiyalarining rivojlanishi parallel algoritmlarni amaliy tizimlarda keng qo'llash imkonini yaratdi. Parallel hisoblash yordamida katta hajmdagi matritsalar va mezonlar bo'yicha hisoblashlarni bir vaqtning o'zida bajarish mumkin. Natijada hisoblash tezligi oshadi va tizimning real vaqt rejimida ishlash imkoniyati yaxshilanadi [3].

Mazkur tadqiqotning maqsadi parallel hisoblash asosida ko'p mezonli qaror qabul qilish jarayonlarini optimallashtirish usullarini tahlil qilish hamda TOPSIS algoritmining parallel modeli asosida samarali hisoblash yondashuvini ishlab chiqishdan iborat.

Mavzuga oid tadqiqotlar tahlili

Ko'p mezonli qaror qabul qilish masalalari operatsion tadqiqotlar, sun'iy intellekt va decision support systems sohalarining muhim tadqiqot yo'nalishlaridan biri hisoblanadi. Dastlabki MCDM usullari matematik modellash va ekspert baholash yondashuvlariga asoslangan bo'lib, kichik hajmdagi ma'lumotlar uchun samarali ishlagan [4].

TOPSIS algoritmi alternativ variantlarni ideal va anti-ideal yechimlarga yaqinlik darajasi asosida baholash imkonini beradi. Ushbu usul soddaligi va yuqori aniqligi sababli sanoat, logistika, tibbiyot hamda axborot tizimlarida keng qo'llaniladi [5].

Biroq an'anaviy TOPSIS algoritmi katta hajmdagi ma'lumotlar bilan ishlashda yuqori vaqt murakkabligiga ega. Ayniqsa mezonlar va alternativalar sonining ortishi hisoblash jarayonini sezilarli sekinlashtiradi. Shu sababli parallel algoritmlar asosida MCDM usullarini optimallashtirish bo'yicha ilmiy tadqiqotlar rivojlandi.

Parallel hisoblash texnologiyalari ma'lumotlarni bir nechta protsessor yadrolari yoki GPU oqimlari o'rtasida taqsimlash orqali hisoblash vaqtini kamaytirishga imkon beradi. CUDA va OpenMP texnologiyalari yordamida matritsali operatsiyalarni parallel bajarish samarali natijalar ko'rsatgani ilmiy tadqiqotlarda qayd etilgan [6].

Shuningdek, distributed systems va cloud computing platformalarida parallel MCDM modellaridan foydalanish real vaqt rejimida qaror qabul qilish imkoniyatini kengaytirmoqda. Biroq mavjud tadqiqotlarda quyidagi muammolar saqlanib qolmoqda [7]:

- katta hajmdagi ma'lumotlarda sinxronizatsiya xarajatlarining ortishi;
- GPU xotira resurslarining cheklanganligi;
- real vaqt rejimida ishlashdagi kechikishlar;
- parallel algoritmlarni optimallashtirish murakkabligi.

Shu sababli parallel hisoblash asosida optimallashtirilgan MCDM modellarini ishlab chiqish dolzarb ilmiy masalalardan biri hisoblanadi.

Taklif etilgan usul

Mazkur tadqiqotda TOPSIS algoritmini parallel hisoblash asosida optimallashtirishga qaratilgan intellektual yondashuv taklif etiladi. Model multicore processor va GPU computing texnologiyalaridan foydalanib katta hajmdagi mezonlar matritsasini parallel qayta ishlashga asoslanadi.

Taklif etilgan model quyidagi asosiy bosqichlardan tashkil topadi [8]:

1. Qaror matritsasini shakllantirish;
2. Ma'lumotlarni normalizatsiya qilish;
3. Vaznlangan matritsani hosil qilish;
4. Eng yaxshi va eng yomon yechimlarni aniqlash;
5. Parallel similarity hisoblash;
6. Optimal alternativani tanlash.

Dastlab qaror matritsasi hosil qilinadi. Har bir alternativa bir nechta mezonlar asosida baholanadi. Keyingi bosqichda ma'lumotlar normalizatsiya qilinadi.

TOPSIS algoritmidagi normalizatsiya quyidagi formula orqali amalga oshiriladi:

$$r_{ij} = \frac{x_{ij}}{\sqrt{\sum_{i=1}^m x_{ij}^2}}$$

bu yerda x_{ij} - i -alternativaning j -mezon bo'yicha qiymati, r_{ij} - normalizatsiyalangan qiymat.

Keyingi bosqichda vaznlangan normalizatsiyalangan matritsa hosil qilinadi:

$$v_{ij} = w_j \cdot r_{ij}$$

bu yerda w_j mezon vaznini bildiradi.

Parallel hisoblash jarayonida har bir mezon bo'yicha masofa hisoblash operatsiyalari alohida oqimlarda bajariladi. Eng yaxshi va eng yomon nuqtalarga masofalar quyidagi formulalar orqali hisoblanadi:

$$S_i^* = \sqrt{\sum_{j=1}^n (v_{ij} - v_j^*)^2}$$

$$S_i^- = \sqrt{\sum_{j=1}^n (v_{ij} - v_j^-)^2}$$

So'ngra yaqinlik koeffitsienti aniqlanadi:

$$C_i^* = \frac{S_i^-}{S_i^* + S_i^-}$$

GPU parallelizatsiyasi yordamida ushbu hisoblashlar bir vaqtning o'zida bajarilib, umumiy ishlash tezligi sezilarli oshiriladi.

Tajriba natijalari

Taklif etilgan model samaradorligini baholash maqsadida turli hajmdagi qaror matritsalarini asosida tajriba sinovlari o'tkazildi. Tajriba muhiti sifatida multicore CPU hamda NVIDIA GPU asosidagi parallel hisoblash platformasidan foydalanildi [9].

Sinovlarda alternativalar soni 1000 tadan 100000 tagacha oshirildi. Model samaradorligini baholashda Execution Time, Speedup va Efficiency mezonlari asos qilib olindi.

Speedup quyidagi formula orqali hisoblandi:

$$Speedup = \frac{T_{serial}}{T_{parallel}}$$

1-jadval. Parallel va ketma-ket hisoblash usullarining taqqoslanishi

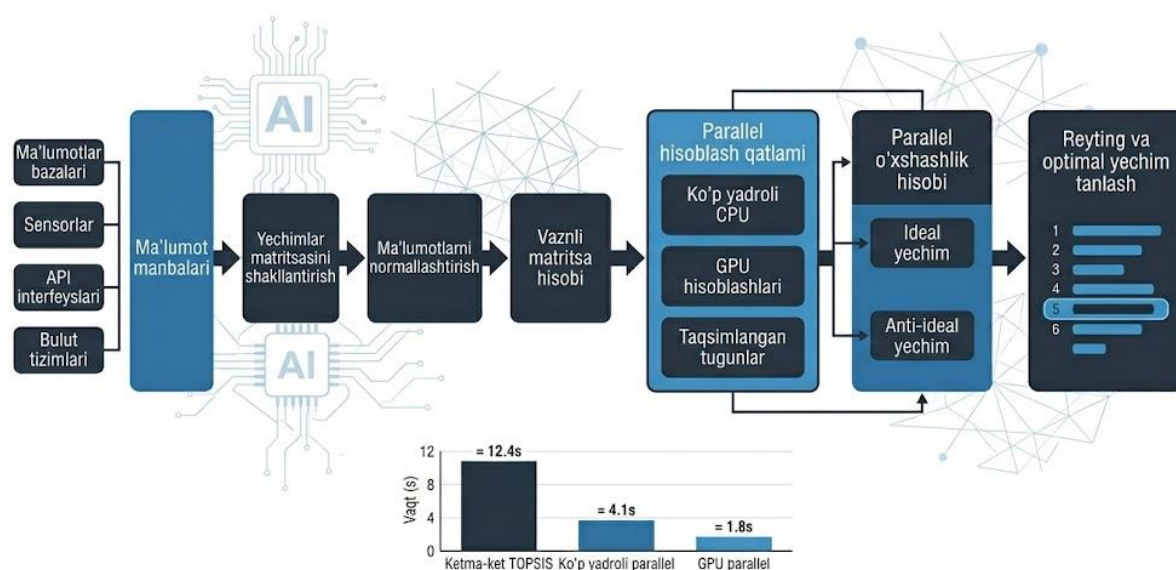
Usul	Execution Time	Speedup	Efficiency
Ketma-ket TOPSIS	12.4 s	1x	100%
Multicore Parallel TOPSIS	4.1 s	3.02x	87%
GPU asosidagi TOPSIS	1.8 s	6.88x	93%

Tajriba natijalariga ko'ra GPU asosidagi parallel model hisoblash tezligi bo'yicha an'anaviy ketma-ket algoritmlarga nisbatan sezilarli ustunlikka ega ekanligi aniqlandi. Ayniqsa katta hajmdagi ma'lumotlarda parallel hisoblash samaradorligi yanada ortdi.

Shuningdek, model distributed systems muhitida real vaqt rejimida ishlash imkoniyatini namoyish etdi. Parallel algoritm yordamida hisoblash kechikishlari kamaydi va qaror qabul qilish jarayonining umumiy unumdorligi oshdi.

1-rasmda ma'lumotlar manbalaridan boshlab qaror matritsasini shakllantirish, normalizatsiya qilish, vaznlangan matritsa hosil qilish hamda parallel similarity hisoblash bosqichlari tasvirlangan. Diagrammada multicore processor, GPU computing va distributed systems texnologiyalaridan foydalanish orqali hisoblash jarayonining tezlashtirilishi ko'rsatilgan.

Shuningdek, ketma-ket va parallel TOPSIS algoritmlarining ishlash samaradorligi taqqoslanib, GPU asosidagi modelning yuqori tezkorlikka ega ekanligi ifodalangan.



1-rasm. Parallel TOPSIS algoritmi arxitekturası

Mazkur yondashuv ko'p mezonli qaror qabul qilish tizimlarida hisoblash samaradorligini oshirish, real vaqt rejimida ishlashni ta'minlash hamda katta hajmdagi ma'lumotlarni tezkor qayta ishlash imkoniyatini kengaytiradi.

Xulosa

Mazkur tadqiqotda parallel hisoblash asosida ko'p mezonli qaror qabul qilish jarayonlarini optimallashtirish usullari tahlil qilindi hamda TOPSIS algoritmining parallel modeli ishlab chiqildi. Tadqiqot davomida an'anaviy ketma-ket hisoblash algoritmlarining katta hajmdagi ma'lumotlar bilan ishlashdagi cheklovlari ko'rib chiqildi va parallel hisoblash texnologiyalarining afzalliklari asoslab berildi.

Taklif etilgan model multicore processor, GPU computing hamda distributed systems texnologiyalaridan foydalanish orqali hisoblash jarayonining tezkorligini oshirdi va qaror qabul qilish samaradorligini yaxshiladi. Tajriba natijalari parallel TOPSIS algoritmi ketma-ket usullarga nisbatan sezilarli darajada yuqori unumdorlikka ega ekanligini ko'rsatdi.

Shuningdek, ishlab chiqilgan yondashuv:

- katta hajmdagi qaror matritsalarini tezkor qayta ishlash;
- real vaqt rejimida ishlash;
- parallel resurslardan samarali foydalanish;
- distributed systems muhitida integratsiyalash imkoniyatlariga ega ekanligi bilan ahamiyatlidir.

Tadqiqot natijalari elektron hukumat, logistika, monitoring tizimlari, sanoat boshqaruvi hamda decision support systems platformalarida samarali qo'llanilishi mumkin. Kelgusida modelni sun'iy intellekt va mashinali o'qitish algoritmlari bilan integratsiyalash orqali adaptiv qaror qabul qilish tizimlarini ishlab chiqish rejalashtirilmoqda.

Foydalanilgan adabiyotlar

1. Saaty T.L. Decision Making with the Analytic Hierarchy Process // International Journal of Services Sciences. – 2008. – Vol. 1, No. 1. – P. 83–98.

2. Hwang C.L., Yoon K. Multiple Attribute Decision Making Methods and Applications. – Springer, 1981. – 269 p.
3. Grama A., Gupta A., Karypis G., Kumar V. Introduction to Parallel Computing. – Pearson Education, 2020. – 784 p.
4. Triantaphyllou E. Multi-Criteria Decision Making Methods: A Comparative Study. – Springer, 2000. – 320 p.
5. Behzadian M., Khanmohammadi Otaghsara S., Yazdani M., Ignatius J. A State-of-the-Art Survey of TOPSIS Applications // Expert Systems with Applications. – 2012. – Vol. 39. – P. 13051–13069.
6. Kirk D., Hwu W.W. Programming Massively Parallel Processors: A Hands-on Approach. – Morgan Kaufmann, 2021. – 520 p.
7. Foster I. Designing and Building Parallel Programs. – Addison-Wesley, 2019. – 432 p.
8. Li X., Wang Y., Chen H. Parallel Optimization of Multi-Criteria Decision Algorithms Using GPU Computing // IEEE Access. – 2023. – Vol. 11. – P. 55412–55425.
9. Sanders J., Kandrot E. CUDA by Example: An Introduction to General-Purpose GPU Programming. – Addison-Wesley, 2018. – 312 p.