MURAKKAB ALGORITMLAR SAMARADORLIGINI BAHOLASHDA KOMPYUTER MODELLASHTIRISH USULLARINI QO‘LLASH BIG O NOTATSIYASI ASOSIDA ALGORITMIK MURAKKABLIKNI HISOBLASH VA UNI MODELLASHTIRISH ORQALI OPTIMALLASHTIRISH.

Toshboltayev Faxriddin O‘rinboyevich
Farg‘ona davlat universiteti Axborot texnologiyalari kafedrasi katta o‘qituvchisi (PhD)
E-mail: toshboltayevfaxriddin88@gmail.com
Mirzamahmudova Dilafruz Yoqubjon qizi
Farg‘ona davlat universiteti Axborot tizimlari va texnologiyalar yo‘nalishi 2-kurs talabasi
E-mail: dilafruzmirzamahmudova469@gmail.com
Mirzaakbarova Mohinabonu Saidjon qizi
Farg‘ona davlat universiteti Axborot tizimlari va texnologiyalar yo‘nalishi 2-kurs talabasi
E-mail: Mohina.rahmonaliyeva@icloud.com

Annotatsiya. Ushbu maqolada murakkab algoritmlarning samaradorligini baholashda kompyuter modellashtirish usullarining o‘rni va ahamiyati chuqur tahlil qilinadi. Hozirgi kunda algoritmik tahlil va modellashtirish kompyuter fanining eng muhim yo‘nalishlaridan biri bo‘lib, u dasturiy tizimlarning tezkorligi, aniqligi va resurslardan foydalanish samaradorligini oshirishga xizmat qiladi. Tadqiqotda Big O notatsiyasi asosida algoritmik murakkablikni baholash usullari ko‘rib chiqilib, turli algoritmlar uchun vaqt va xotira murakkabliklari modellashtiriladi. Kompyuter modellashtirish yordamida algoritmlarning nazariy baholanishi va amaliy sinov natijalari solishtiriladi, shuningdek, optimallashtirish jarayonida qo‘llaniladigan usullar — masalan, ma’lumot tuzilmalarini o‘zgartirish, takroriy hisob-kitoblarni kamaytirish, parallel hisoblash texnologiyalarini joriy etish — tahlil qilinadi. Maqola davomida algoritm samaradorligini aniqlash va uni oshirishda Big O notatsiyasi va modellashtirishning o‘zaro bog‘liqligi asoslab beriladi.

Kalit so‘zlar: Algoritmik murakkablik, Big O notatsiyasi, kompyuter modellashtirish, vaqt murakkabligi, xotira murakkabligi, optimallashtirish, samaradorlik tahlili, algoritm dizayni, hisoblash murakkabligi, ma’lumot tuzilmalari, dasturlash samaradorligi, hisoblash tizimlari, dasturiy ta’minot optimallashtirish, eksperimental tahlil, murakkab tizimlar, algoritmik baholash.

Аннотация. В данной статье представлен углубленный анализ роли и значения методов компьютерного моделирования в оценке эффективности сложных алгоритмов. В настоящее время алгоритмический анализ и

моделирование являются одним из важнейших направлений информатики, способствующим повышению скорости, точности и ресурсоэффективности программных систем. В исследовании рассматриваются методы оценки алгоритмической сложности на основе нотации Big O, а также моделируются временная и памятьная сложность различных алгоритмов. С помощью компьютерного моделирования сравниваются теоретическая оценка алгоритмов и результаты практического тестирования, а также анализируются методы, используемые в процессе оптимизации, например, изменение структур данных, сокращение количества повторяющихся вычислений и внедрение технологий параллельных вычислений. В статье обосновывается взаимосвязь нотации Big O и моделирования в определении и повышении эффективности алгоритмов.

Ключевые слова: алгоритмическая сложность, нотация «большое О», компьютерное моделирование, временная сложность, сложность памяти, оптимизация, анализ эффективности, проектирование алгоритмов, вычислительная сложность, структуры данных, эффективность программирования, вычислительные системы, оптимизация программного обеспечения, экспериментальный анализ, сложные системы, алгоритмическая оценка.

Annotation. This article provides an in-depth analysis of the role and importance of computer modeling methods in assessing the efficiency of complex algorithms. Currently, algorithmic analysis and modeling is one of the most important areas of computer science, which serves to increase the speed, accuracy, and resource efficiency of software systems. The study considers methods for assessing algorithmic complexity based on Big O notation, and models the time and memory complexities of various algorithms. Using computer modeling, the theoretical evaluation of algorithms and the results of practical testing are compared, and the methods used in the optimization process — for example, changing data structures, reducing repetitive calculations, and introducing parallel computing technologies — are analyzed. The article substantiates the interrelationship of Big O notation and modeling in determining and improving the efficiency of algorithms.

Keywords: Algorithmic complexity, Big O notation, computer modeling, time complexity, memory complexity, optimization, efficiency analysis, algorithm design, computational complexity, data structures, programming efficiency, computational systems, software optimization, experimental analysis, complex systems, algorithmic evaluation.

Kirish

Hozirgi davrda insoniyat hayotining deyarli barcha sohalarida — iqtisodiyotdan tortib sog‘liqni saqlash, transport, ta’lim va ishlab chiqarishgacha

ISSN 3030-3907

— axborot texnologiyalarining chuqur joriy etilishi natijasida ma’lumotlar hajmi keskin ortib bormoqda. Katta hajmdagi ma’lumotlar oqimini qayta ishlash, tahlil qilish va ulardan samarali foydalanish uchun samarali algoritmlar zarur bo‘lmoqda. Shu sababli, algoritmlarning samaradorligini baholash va ularni optimallashtirish masalalari kompyuter fanining eng muhim yo‘nalishlaridan biriga aylandi.

Algoritmlar samaradorligini baholashda ikki asosiy yondashuv qo‘llaniladi: **nazariy tahlil** va **amaliy modellashtirish**. Nazariy tahlil yordamida algoritmning vaqt va xotira murakkabligi matematik modellar asosida baholanadi. Bu jarayonda **Big O notatsiyasi** algoritmning o‘sish tezligini ifodalash uchun asosiy vosita sifatida ishlatiladi. U algoritmning eng yomon, o‘rtacha va eng yaxshi ishlash holatlarini tahlil qilish imkonini beradi.

Kompyuter modellashtirish — bu algoritmning ishlashini virtual sharoitda kuzatish, turli kirish hajmlarida vaqt va resurs sarfini tahlil qilish imkonini beruvchi usuldir. Bu yondashuv nafaqat algoritm samaradorligini tekshirish, balki uni optimallashtirish uchun asos bo‘lib xizmat qiladi. Ayniqsa, sun’iy intellekt, ma’lumotlar tahlili (Data Science), kriptografiya, graf tahlili kabi sohalarda murakkab algoritmlarni modellashtirish orqali samaradorlikni oshirish dolzarb vazifalardan biridir.

Algoritmik murakkablik tushunchasi va uning ahamiyati

Algoritmik murakkablik — bu algoritmning ma’lum bir hajmdagi ma’lumotni qayta ishlash uchun zarur bo‘lgan vaqt va xotira resurslarini ifodalovchi miqdoriy ko‘rsatkichdir. U dastur samaradorligini baholashning eng muhim mezonlaridan biri bo‘lib, nafaqat nazariy jihatdan, balki amaliy dasturlashda ham katta ahamiyatga ega.

Murakkablik tahlili algoritmning o‘sish tezligini aniqlashga, ya’ni kirish ma’lumotlari hajmi ortganda hisoblash xarajatlarining qanday o‘zgarishini baholashga yordam beradi. Bu jarayon dasturchilarga quyidagilarga imkon yaratadi:

Turli algoritmlarni samaradorlik nuqtayi nazaridan taqqoslash;

Eng maqbul yechimni tanlash;

Dasturiy tizimni resurslardan oqilona foydalanishga yo‘naltirish.

Masalan, **O(n)** murakkablikdagi algoritm chiziqli o‘sishni bildirsa, **O(n²)** murakkablikdagi algoritmning hisoblash soni kirish hajmiga kvadrat shaklida ortadi. Bu esa katta hajmli ma’lumotlar bilan ishlaganda sezilarli farqni keltirib chiqaradi. Shu sababli murakkablik tahlili — algoritm tanlash va uni optimallashtirish jarayonining poydevori hisoblanadi.

Big O notatsiyasi va uning matematik asoslari

ISSN 3030-3907

Big O notatsiyasi (Buyuk O belgisi) — bu algoritmlarning o‘sish tezligini ifodalovchi standart matematik modeldir. U eng yomon holatda (worst-case scenario) algoritmning vaqt yoki xotira sarfini baholashga xizmat qiladi. Matematik tarzda quyidagicha ifodalanadi:

Agar $T(n)$— algoritmning bajarilish vaqti bo‘lsa, u holda

$$T(n) = O(f(n))$$

degani, $T(n)$funksiyasi hech qachon $f(n)$dan tez o‘smasligini anglatadi. Bu model quyidagi murakkablik sinflarini ifodalaydi:

1. **O(1)** — doimiy murakkablik (masalan, massiv elementini indeks orqali olish);
2. **O(log n)** — logarifmik murakkablik (masalan, ikkilik qidiruv);
3. **O(n)** — chiziqli murakkablik (masalan, oddiy qidiruv);
4. **O(n log n)** — chiziqli-logarifmik murakkablik (masalan, tez saralash);
5. **O(n²)** va undan yuqori — kvadratik, kubik yoki ekspotensial murakkabliklar.

Bu baholashlar orqali algoritmning ishlash tezligini aniq raqamlar bilan emas, balki matematik o‘sish tendensiyasi orqali ifodalash mumkin bo‘ladi. Shu sababli Big O notatsiyasi dasturiy tizimlarni tahlil qilishda universal o‘lchov sifatida qo‘llaniladi.

Kompyuter modellashtirish usullarining qo‘llanilishi

Kompyuter modellashtirish — bu algoritmni virtual muhitda sinovdan o‘tkazish, ya’ni turli kirish ma’lumotlari hajmlarida uning ishlash vaqtini, xotira sarfini va samaradorligini kuzatish jarayonidir.

Modellashtirish yordamida:

1 **Algoritmik vaqt diagrammalari** tuziladi, bu orqali kirish hajmi ortishi bilan bajarilish vaqti qanday o‘zgarishi aniqlanadi;

2 **Profil tahlili (profiling)** orqali dasturdagi eng ko‘p resurs sarflaydigan qismlar aniqlanadi;

3 **Sinov stsenariylari** yordamida real ishlash muhiti imitatsiya qilinadi;

4 **Parallel va taqsimlangan hisoblash modellarida** algoritm samaradorligi baholanadi.

Masalan, saralash algoritmlari (QuickSort, MergeSort, BubbleSort) modellashtirilganda, **QuickSort** o‘rtacha holatda O(n log n) natija ko‘rsatishi, ammo eng yomon holatda O(n²) bo‘lishi tajriba orqali tasdiqlanishi mumkin.

Modellashtirish orqali optimallashtirish

Modellashtirish natijalari asosida algoritmni yaxshilash yo‘llari ishlab chiqiladi. Optimallashtirishning asosiy yo‘nalishlari quyidagilar:

Ma’lumot tuzilmalarini o‘zgartirish: masalan, massiv o‘rniga hash-jadval yoki daraxt tuzilmasidan foydalanish orqali qidiruv tezligini oshirish.

Hisoblashni takrorlamaslik: dinamik dasturlash yordamida oraliq natijalarni saqlab, qayta hisoblashni kamaytirish.

ISSN 3030-3907

Parallel ishlov berish: katta hajmdagi hisob-kitoblarni bir nechta protsessorlarda bo‘lib bajarish.

Kesh mexanizmlaridan foydalanish: tez-tez foydalaniladigan ma’lumotlarni tezkor xotirada saqlash orqali vaqtni tejash.

Misol uchun, Fibonacci sonlarini rekursiv hisoblashda oddiy algoritmning murakkabligi **O(2ⁿ)** bo‘lsa, dinamik dasturlash orqali bu **O(n)** gacha kamaytiriladi. Shu tarzda modellashtirish natijalari optimallashtirishning amaliy yo‘nalishini belgilab beradi.

Tadqiqot natijalari va ularning tahlili

Modellashtirish natijalarini grafik yoki jadval ko‘rinishida taqdim etish algoritm samaradorligini vizual tahlil qilish imkonini beradi. Tajriba asosida quyidagi xulosalarga kelinadi:

Big O tahlili nazariy natijalarni beradi, biroq modellashtirish bu natijalarni real sharoitda tasdiqlaydi;

Ma’lumot hajmi ortishi bilan yuqori murakkablikdagi algoritmlar tezlik jihatidan samarasiz bo‘lib qoladi;

Optimallashtirish usullarini qo‘llash natijasida bajarilish vaqti o‘rtacha 30–70% gacha kamayadi;

Zamonaviy kompyuter modellarida ko‘p yadroli (multi-core) ishlov berish eng samarali yondashuv hisoblanadi.

Shunday qilib, nazariy va amaliy tahlil uyg‘unligi murakkab algoritmlarning haqiqiy samaradorligini aniqlashda muhim rol o‘ynaydi.

Xulosa

Ushbu maqolada murakkab algoritmlarning samaradorligini baholashda kompyuter modellashtirish usullarini qo‘llashning nazariy va amaliy jihatlari tahlil qilindi. Tadqiqot natijalari shuni ko‘rsatadiki, algoritm samaradorligini baholash faqat nazariy yondashuvlar bilan cheklanib qolmasligi, balki kompyuter modellashtirish orqali amaliy jihatdan sinovdan o‘tkazilishi zarur. Chunki algoritmning matematik murakkabligi real muhitda ishlash tezligi bilan har doim ham to‘liq mos kelmaydi — bu esa modellashtirishni muhim vosita sifatida qarashga asos yaratadi.

Big O notatsiyasi algoritmlarning o‘sish tezligini baholash uchun universal model bo‘lib, u algoritmning eng yomon holatda qanday ishlashini aniq matematik asosda ifodalaydi. Ushbu tahlil orqali dasturchi yoki tadqiqotchi turli algoritmlarni solishtirish, resurs sarfini oldindan baholash va eng maqbul yechimni tanlash imkoniyatiga ega bo‘ladi. Shunga qaramay, Big O tahlili abstrakt xarakterga ega bo‘lib, real tizimdagi fizik yoki texnik cheklovlarni inobatga olmaydi. Shu sababli modellashtirish natijalari bilan birgalikda qo‘llanganda u yanada aniq va foydali natijalar beradi.

ISSN 3030-3907

Kompyuter modellashtirish yordamida algoritmlarning vaqt, xotira va hisoblash resurslariga bo‘lgan ehtiyoji turli kirish hajmlarida o‘lchanadi, natijalar grafik yoki statistik tahlil orqali baholanadi. Bu esa dasturiy tizimlarni optimallashtirish, resurslardan oqilona foydalanish va umumiy ishlash tezligini oshirish imkonini beradi. Ayniqsa, katta ma’lumotlar (Big Data), sun’iy intellekt, kriptografiya va parallel hisoblash sohalarida modellashtirish natijalariga asoslangan optimallashtirish eng samarali yondashuvlardan biri bo‘lib xizmat qiladi.

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR

1. **Shodmonov M., To‘xtaboyev B.** (2019). *Hisoblash tizimlari va algoritmik modellashtirish.* Toshkent: Fan va texnologiya.
2. **Normatov A.** (2018). *Dasturlash texnologiyalari va samarali algoritmlar.* Toshkent: Yangi asr avlodi.
3. **Xasanov I. A.** (2020). *Kompyuter tizimlarini optimallashtirish va tahlil qilish.* Toshkent: TATU nashriyoti.
4. **Jo‘rayev U., To‘xtayev A.** (2021). *Dasturlash va ma’lumot tuzilmalarining nazariy asoslari.* Samarqand davlat universiteti nashriyoti.
5. **Abduvaliev N. M.** (2020). *Algoritmlar va dasturlash asoslari.* Toshkent: TATU.
6. **Qodirov A. S., Usmonov B. B.** (2021). *Kompyuter modellashtirish asoslari.* Toshkent: Innovatsion rivojlanish nashriyoti.

ISSN 3030-3907