IKKI O‘LCHOVLI XAAR TEZ O‘ZGARTIRISHLAR ASOSIDA GEOFIZIK SIGNALLARNI RAQAMLI ISHLASHNING PARALLEL ALGORITMLARI

Ibragimov Sanjarbek Salijanovich
Andijon davlat texnika instituti dotsenti, t.f.f.d. (PhD)
E-mail: sanjari07@yahoo.com

Annotatsiya: Ushbu maqolada ikki o‘lchovli geofizik signallarni raqamli ishlashda Xaar tez o‘zgartirishlar algoritmlari asosida spektral tahlilning parallel hisoblash yondashuvlari ishlab chiqilgan. Tadqiqotda magnitorazvedka, gravitatsion va elektr qidiruv usullari orqali olingan signallarga splayn funksiyalari va Xaar transformatsiyasi asosida ishlov berish tahlil qilinadi. Bipolinomial bazis funksiyalar asosida XTO algoritmlari yordamida parallel hisoblash texnikasi ishlab chiqilib, ADSP BF-533 va BF-561 protsessorlarida bajarilgan hisoblash tezligi solishtirilgan. Natijalarga ko‘ra, ikki yadroli protsessorlar bir yadroli protsessorlarga nisbatan sezilarli darajada yuqori samaradorlik ko‘rsatgan.

Kalit so‘zlar: Xaar transformatsiyasi, geofizik signal, parallel hisoblash, splayn funksiyasi, bipolinomial bazis, tezlashtirish koeffitsienti.

Аннотация: В данной статье разработаны параллельные вычислительные подходы к спектральному анализу на основе алгоритмов быстрого преобразования Хаара при цифровой обработке двухмерных геофизических сигналов. В исследовании рассматривается обработка сигналов, полученных с помощью методов магнитной разведки, гравитационной и электрической разведки, с использованием сплайн-функций и преобразования Хаара. Разработана техника параллельных вычислений с применением алгоритмов БПХ на основе биполиномиальных базисных функций, а также проведено сравнение скорости вычислений на процессорах ADSP BF-533 и BF-561. Согласно результатам, двухъядерные процессоры продемонстрировали значительно более высокую эффективность по сравнению с одноядерными процессорами.

Ключевые слова: преобразование Хаара, геофизический сигнал, параллельные вычисления, сплайн-функция, биполиномиальный базис, коэффициент ускорения.

Annotation: This article presents parallel computing approaches for spectral analysis based on fast Haar transform algorithms in the digital processing of two-dimensional geophysical signals. The study examines the processing of signals obtained through magnetometry, gravimetric, and electrical prospecting methods using spline functions and Haar transformation. A parallel computing technique based on fast Haar transform (FHT) algorithms using bipolynomial basis functions

ISSN 3030-3907

is developed, and the computation speeds on ADSP BF-533 and BF-561 processors are compared. According to the results, dual-core processors demonstrated significantly higher efficiency compared to single-core processors.

Keywords: Haar transform, geophysical signal, parallel computing, spline function, bipolynomial basis, acceleration coefficient.

Kirish

Geofizik tadqiqotlar yer osti resurslarini izlashda va fizik anomaliyalarni aniqlashda eng muhim ilmiy-texnik yo‘nalishlardan biridir. Magnitorazvedka, gravitatsion, elektr va elektromagnit qidiruv usullari orqali yerning fizik maydonlari haqida katta hajmdagi raqamli signal ma’lumotlari olinadi. Ushbu signallarni tahlil qilishda spektral metodlar va raqamli o‘zgartirish algoritmlari, xususan Xaar transformatsiyasi keng qo‘llaniladi. Biroq, katta o‘lchamli geofizik signallarni real vaqt rejimida tahlil qilish katta hisoblash quvvatini talab qiladi. Shu sababli, parallel hisoblash algoritmlari dolzarb masalaga aylanmoqda [1,3].

Ushbu maqolada ikki o‘lchovli geofizik signallarni Xaar tez o‘zgartirishlar asosida spektral tahlil qilish, bipolinomial bazislar yordamida parallel hisoblash algoritmlarini ishlab chiqish va ularni bir hamda ikki yadroli protsessorlarda samaradorligini tahlil qilish masalalari yoritilgan.

ASOSIY QISM

Ko‘pincha geofizik tadqiqotlarda ba’zi anomaliyalarni qidirish uchun tadqiqot maydonidan gamma nurlari radiometrlari, yer maydoni magnitometrlari, geoelektrik sensorlari yoki induksiyalangan elektromagnit sensorlari yordamida namunalar olinadi. Shuningdek, yer ostidan foydali qazilmalarni qidirishda gravitatsion qidiruv, elektr qidiruvi va magnit qidiruv usullaridan foydalaniladi. Magnitorazvedka usuli yer yuzasi ustidagi fizik maydonlarning parametrlarini o‘lchash uchun magnitometr kabi vositalardan foydalanadi. Bu usul o‘zgaruvchan magnit maydonlarning yo‘qligi yoki ulardagi o‘zgarishlar bilan bog‘liq anomaliyalarni aniqlash imkonini beradi. Magnitorazvedka usuli aerometodlar orqali (ya’ni samolyotlar va vertolyotlar yordamida) amalga oshirilishi mumkin va sezilarli ravishda yuzlab, km² joyni qamrab oladi [1,4-8].

Yer ostidan foydali qazilmalarni qidirishda esa gravitatsion qidiruv, elektr qidiruvi va magnit qidiruv usullaridan foydalaniladi. Bu usullar yerdagi o‘zgaruvchan gravitatsion, elektr va magnit maydonlarini tahlil qilishga imkon beradi. Bu usullar yordamida foydali qazilmalar topiladi va ularga oid obyektlar aniqlanadi.

Bir nechta tadqiqot usullari bir-birini takomillashtirish uchun ham ishlatiladi. Misol uchun, magnitorazvedka usuli elektr qidiruv usuli bilan bir-birini takomillashtirilishi mumkin, bu usullar yerdagi farqli fizik anomaliyalarni

ISSN 3030-3907

aniqlashda yordam beradi. Magnitometr, gamma nurlari radiometri va geoelektrik sensorlar boshqa tadqiqot usullariga nisbatan juda sezilarli va samarali usullardir. Shuningdek, bu usullar ko‘p qo‘llaniladigan va farqli maqsadlar uchun qo‘llaniladi [10,11].

Geofizik masalalarini hal qilishda matematik usullardan foydalanish juda katta ahamiyatga ega. Spektral analiz va splayn usullari geofizik muammolarni hal qilishda keng tarqalgan usullardan hisoblanadi.

Spektral analiz, geofizik obyektlarning xususiyatlarini o‘rganishda foydalaniladigan qiyosiy va mustaqil tahlil usulidir. Bu usul, geofizik obyektlarning spektri, spektral qismi, spektral yo‘nalishi va boshqa xususiyatlari haqida ma’lumot olishda foydalaniladi. Spektral analiz geofizik obyektlarning strukturasini aniqlashda va o‘zgarishlarini ko‘rib chiqishda muhimdir [2,7,9].

Ikki o‘lchovli geofizik signallarni raqamli ishlashda ikki o‘lchovli tez o‘zgartirishlar asosida spektral analiz usuli yer osti tuzilishi, neft va gaz zaxiralarining joylashuvi haqida ma’lumot olish uchun va yer osti mineral konlari tufayli yuzaga kelishi mumkin bo‘lgan yerning magnit maydonlaridagi anomaliyalarni aniqlash uchun ishlatiladi.

Haqiqiy ko‘p o‘lchovli signallarni qayta ishlashda ko‘pincha spektr bo‘yicha emas, balki maydon uzunligi bo‘yicha amalga oshiriladigan modellar qo‘llaniladi. Bunday sharoitda optimal o‘lchov qadamini tanlash uchun splayn funksiyalarining usullari ko‘proq mos keladi [5,7,11].

f(x,y) funksiyani yaqinlashtiruvchi m darajali ikki o‘lchovli ortogonal B-splaynlar [7] chekli sistemasining amplituda spektri quyidagicha ifodalanadi:

$$F_{\sum B}(\omega_x, \omega_y) = F_{B0,0}(\omega_x, \omega_y) \times \left| \sum_{i=0}^{n_1} \sum_{k=0}^{n_2} b_{ik} e^{(-ji\omega_x(m+1)h_x)} e^{(-ji \ \ y(m+1)h_y)} \right| \quad (1)$$

Bu yerda ω_x, ω_y lar fazoviy chastotalar;

$F_{B0,0}(\omega_x, \omega_y)$ - boshlang‘ich B-splayn spektri;

h_x, h_y – x va y o‘qlari bo‘yicha diskret qadamlarni tashkil qiluvchi tugun nuqtalar orasidagi masofa

Boshlang‘ich B – splayn spektri quyidagi formula bo‘yicha hisoblanadi:

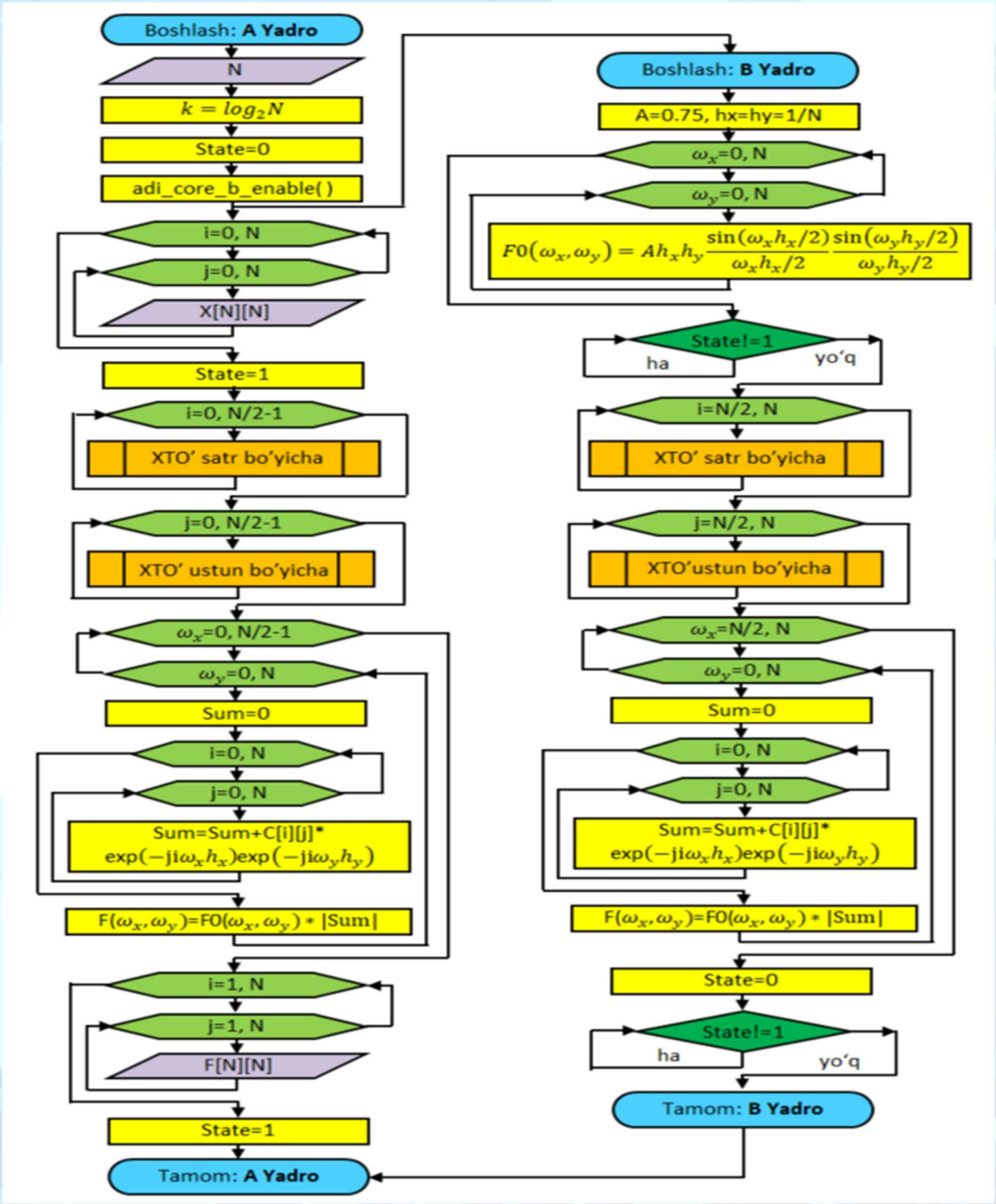
$$F_{B0,0}(\omega_x, \omega_y) = Ah_x h_y \left(\frac{\sin(\omega_x h_x/2)}{(\omega_x h_x/2)}\right)^{m+1} \left(\frac{\sin(\omega_y h_y/2)}{(\omega_y h_y/2)}\right)^{m+1} \quad (2)$$

Bu yerda A-boshlang‘ich B-splayn amplitudasi.

ISSN 3030-3907

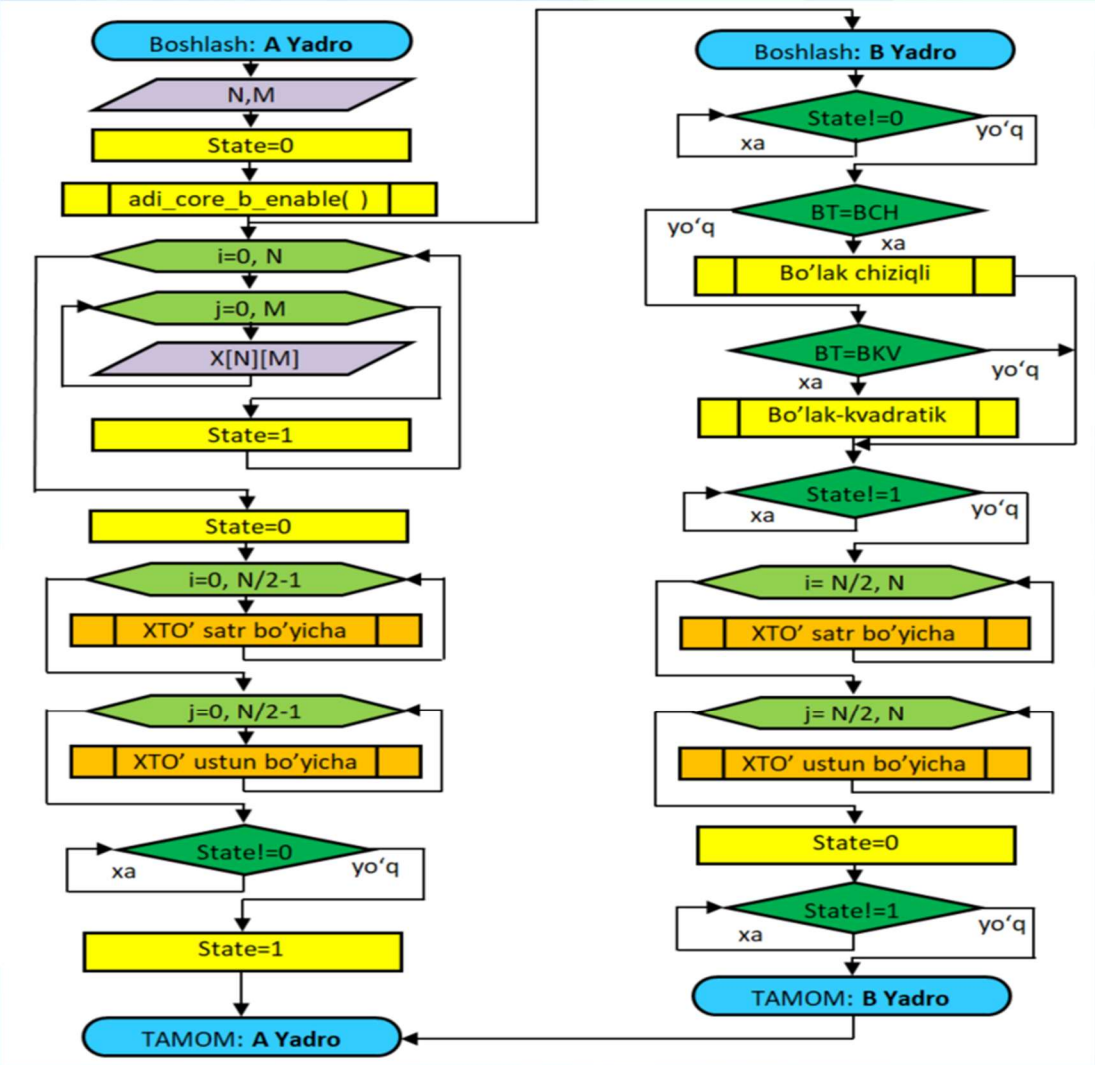
Yer yuzasidan elektromagnit usulda o’lchab olingan ikki o’lchovli geofizik signallarga real vaqt rejimida raqamli ishlov berish uchun Blackfin ADSP-BF561 ikki yadroli maxsus protsessorlarda Xaarning tez o‘zgartirish algoritmi asosida B-splaynlar chekli sistemasining amplituda spektrini parallel hisoblash algoritmini ishlab chiqdik (1-rasm). Algoritmda A Yadro va B Yadro tomonidan bajariladigan parallel operatsiyalar tafsilotlari berilgan. Ushbu jarayonda ortogonal B-splaynlarning cheklangan sistemasining amplituda spektri formulasi asos sifatida ishlatilgan. Xususan, B yadroning boshlang‘ich bosqichida amplituda spektrini hisoblashning (2) formulasi qo‘llanilgan. Parallel algoritmda A Yadro va B Yadro turlicha vazifalarni bajaradi. A Yadro dastlab ma'lumotlar matritsasini shakllantirib, Haar tez o‘zgartirishlarini satr va ustun bo‘yicha amalga oshiradi, hamda spektral tahlil uchun tayyorlaydi. B Yadro boshlang‘ich amplituda spektrini hisoblaydi va parallel tarzda spektral o‘zgartirishlarni amalga oshiradi. Ketma-ket va parallel hisoblash rejimlari algoritmda State parametri orqali boshqariladi.

ISSN 3030-3907

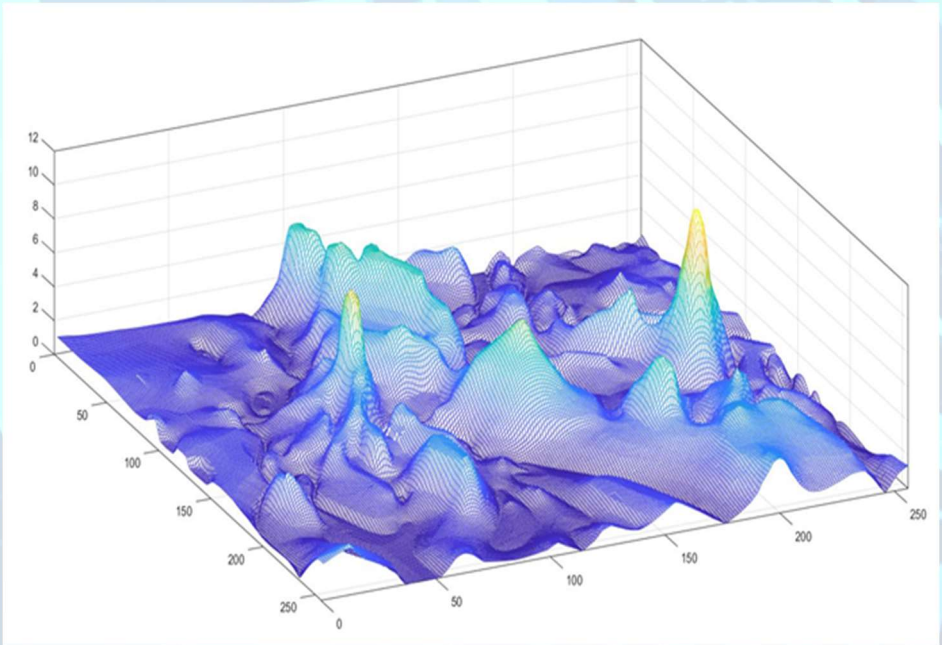


1-rasm. Ikki o'lchovli magnit maydon signallarni spektral koeffitsiyentlarini parallel hisoblash algoritmi

ISSN 3030-3907

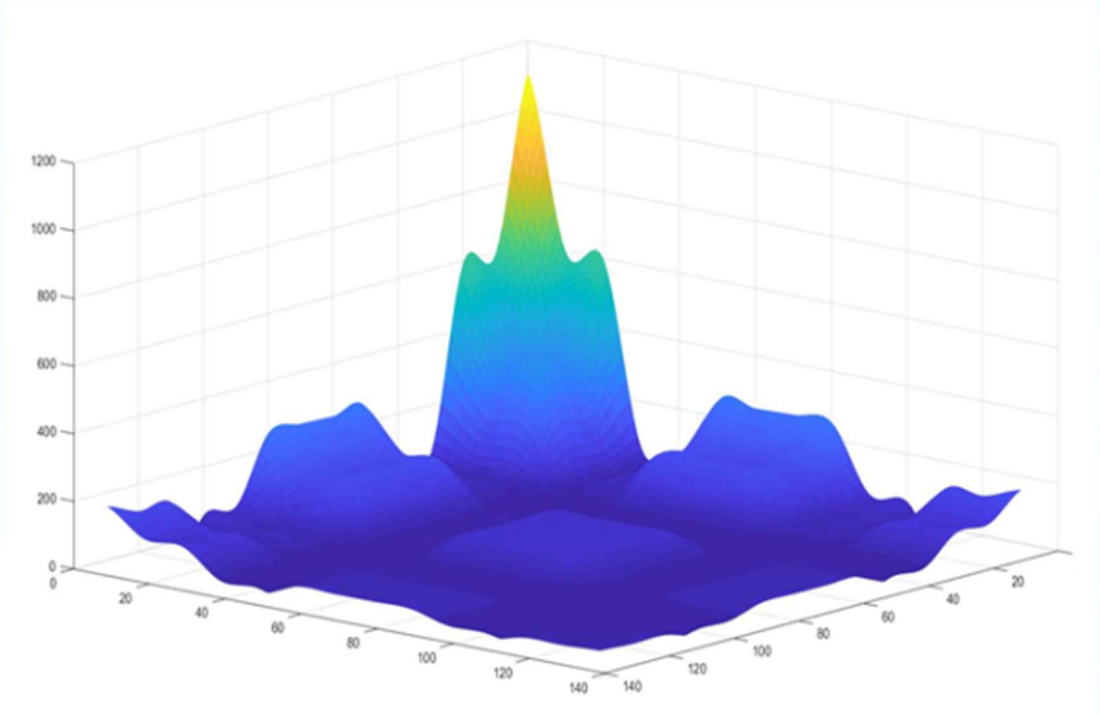


2-rasm. Bipolinomial bazislarda ikki o‘lchovli signallarni Xaar tez o‘zgartirishlarini parallel hisoblash algoritmi



3-rasm. Yer yuzasidan olingan Elektromagnit maydon qiymatlarning grafigi

ISSN 3030-3907



4-rasm. Elektromagnit maydon amplitudaviy spektri grafigi

3-rasmda yer yuzasidan aeromagnit tadqiqotlar usuli bilan o‘lchangan magnit maydoni qiymatlarining tasviri ko‘rsatilgan. Qiymatlarning har biri gorizontal *x* va *y* koordinatalari bo‘ylab 1 km ga teng masofalar orqali 15x15 km maydonda aeromagnit o‘lchovlar paytida olingan.

4-rasmda magnit maydonining ikki o‘lchovli signaliga mos fazoviy amplituda spektri tasvirlangan. Ushbu uch o‘lchovli spektral grafik — Xaar tez o’zgartirishiga asoslangan spektral tahlil natijasida olingan bo‘lib, geofizik signal tarkibidagi chastota komponentalarining intensivligini fazoda taqsimlangan holda ko‘rsatadi. Rasmdagi markaziy cho‘qqi eng kuchli spektral komponentani ifodalaydi — bu signalning asosiy energiyasi markaziy komponentalarda to‘planganligini bildiradi. Bu, o‘z navbatida, yer osti tuzilmasida mavjud bo‘lgan katta va barqaror magnit anomaliyani anglatadi. Atrofdagi pastroq cho‘qqilar esa mayda strukturaviy o‘zgarishlar yoki signal ichidagi yuqori chastotali komponentalar bilan bog‘liq bo‘lishi mumkin. Bu amplituda spektri Signalning energetik tarkibini aniqlashda, Dominant chastotalarni aniqlash orqali geofizik manbalarni aniqlashda, Parallel algoritmlar samaradorligini baholashda muhim ahamiyatga ega.

1-jadvalda Bipolinomial bazislarda Xaar tez o‘zgartirishlarini bir yadroli va ikki yadroli protsessorlarda hisoblash vaqtlarini taqqoslash jadvali keltirilgan. Ketma-ket va parallel hisoblashga sarflangan vaqtlari yordamida tezlashtirish koeffitsiyentlari aniqlandi. Jadvaldan ko‘rish mumkinki ikki yadroli protsessorda bir yadroli protsessorga nisbatan 1.52 dan 1.86 baravargacha kam vaqt sarflanar

ISSN 3030-3907

ekan, ya’ni ikki o‘lchovli signal qiymati 1024x1024 o‘lchamda bo‘lganda tezlashtirish koeffitsienti 1.86 ga teng bo‘ldi.

1-jadval.

Bipolinomial bazislarda Xaar tez o‘zgartirishlarini bir yadroli va ikki yadroli protsessorlarda hisoblash vaqtlarini taqqoslash jadvali

NxN	Bo‘lak o‘zgarmas		
	ADSP BF-533 (sek.)	ADSP BF-561 (sek.)	Tezlashtirish koeffitsiyenti
16x16	0,023632	0,015521	1,52
32x32	0,381383	0,226987	1,68
64x64	6,225121	3,5409972	1,76
128x128	101,03015	56,30185548	1,79
256x256	1640,14715	895,1995021	1,83
512x512	26619,0109	14412,71198	1,85
1024x1024	434488,594	233485,9341	1,86

Xulosa

Tadqiqot natijalari shuni ko‘rsatadiki, ikki o‘lchovli geofizik signallarni Xaar tez o‘zgartirishlar asosida bipolinomial bazislar orqali parallel hisoblash algoritmlari sezilarli samaradorlik beradi. ADSP BF-561 protsessorida amalga oshirilgan parallel hisoblashlar natijasida bir yadroli protsessor bilan solishtirganda 1.52 dan 1.86 baravargacha tezlashtirishga erishilgan. Ayniqsa, 1024x1024 o‘lchamdagi massivlar uchun hisoblash vaqtidagi farq sezilarli darajada kamayadi. Bu esa real vaqtda ishlov berish, masofaviy geofizik tadqiqotlar va katta hajmdagi elektromagnit ma’lumotlarni tahlil qilishda parallel algoritmlarning ustunligini isbotlaydi. Taklif etilgan yondashuv geofizik tahlil texnologiyalarining samaradorligini oshirishda muhim amaliy yechim hisoblanadi.

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR

1. Зайнидинов Х.Н. Методы и средства цифровой обработки сигналов в кусочно-полиномиальных базисах. // Монография, Академия государственного управления при Президенте РУз. Т: «Fan va texnologiyalar», 2014, -С. 192

2. Зайнидинов Х.Н., Зайнутдинова М.Б, Ибрагимов С.С. Алгоритм и программа цифровой обработки двумерных сигналов в биполиномиальных базисах. Кимёвий технология назорат ва бошқарув халқаро илмий-техника журнали 2017 й. 2-сон. 58-62 б.

ISSN 3030-3907

3. Пономарев А.В. Основы теории двумерной цифровой обработки сигналов в базисах Фурье с варьируемыми параметрами. // Вестник ИжГТУ им. Калашникова М.Т. 2019. – Т. 31. – № 15. – С. 27-35.
4. Свиньин С.Ф. Базисные сплайны в теории отсчётов сигналов. -Спб.: Наука, 2003. –118с
5. Ибрагимов С.С., Икки улчовли сигналларга ракамли ишлов беришда Хаар тез ўзгартириш алгоритми Toshkent amaliy fanlar universiteti “Innovatsion texnologiyalar: ilmiy g‘oyalar va ishlanmanalarni amaliyotga joriy etish masalalari va yechimlari” mavzusidagi xalqaro qoshma ilmiy-amaliy konferensiya Toshkent 2023 yil 26-27 may 10-12 b.
6. Пономарев А.В, Пономарева О.В. Роль и место операции дополнения нулями в теории двумерной Фурье-обработки сигналов // Цифровая обработка сигналов. 2020. №3. С. 50-55.
7. Сергеев В.В., Чичева М.А. Теория цифровой обработки сигналов и изображений: учеб. – Самара: Изд-во Самар, гос. аэрокосм, ун-та, 2013. – 216 с.: ил.
8. Takahashi D. Fast Fourier Transform Algorithms for Parallel Computers. Springer Nature Singapore Pte Ltd. 2019 – p.120.
9. Zaynidinov H.N., Ibragimov S.S., Tojiboyev G‘.O. Comparative Analysis of the Architecture of Dual-Core Blackfin Digital Signal Processors. International Conference On Information Science And Communications Technologies: Applications, Trends And Opportunities http://www.icisct2021.org/ ICISCT 2021, November 3-5, 2021. https://ieeexplore.ieee.org/document/9670135 (SCOPUS). p.1-5
10. Zaynidinov H.N., Ibragimov S.S., Tojiboyev G‘.O., Nurmurodov J.N. Efficiency of Parallelization of Xaar Fast Transform Algorithm in Dual-Core Digital Signal Processors. 2021 8th International Conference on Computer and Communication Engineering (ICCCE). 22-23 June 2021, Kuala Lumpur, Malaysia (SCOPUS). p. 7-12
11. Zaynidinov H.N., Ibragimov S.S., Yusupov I., Tojiboyev G‘.O. Algorithm and Program for Parallel Calculating of Xaar Fast Transform in Dual-Core Special Processors. Journal of Multidisciplinary Engineering Science and Technology. ISSN: 2458-9403 (Online) Vol. 7 Issue 9, September – 2020. p. 12696-12703

ISSN 3030-3907