

TÁBIYIY HÁM TEXNIKALÍQ ILIMLER

Fizika-matematika. Texnika. Informatika

KVANT TASVIRLARNI KODLASHDA FRQI VA MCRQI MODELLARINING

TAHLILI VA TAQQOSLANISHI

G.E.Ametova – *tayanch doktorant*

“TIQXMMI” Milliy tadqiqot universiteti

Tayanch soʻzlar: kvant tasvirlari, FRQI, MCRQI, kvant hisoblash, RGB modeli, qubit, kvant oʻlchov, fazaviy kodlash, kvant algoritmi.

Ключевые слова: квантовые изображения, FRQI, MCRQI, квантовые оценки, модель RGB, кубит, квантовое измерение, фазовое кодирование, квантовый алгоритм.

Key words: quantum images, FRQI, MCRQI, quantum estimates, RGB model, qubit, quantum measurement, phase coding, quantum algorithm.

1. Kirish. Kvant hisoblash sohasida tasvirni qayta ishlash yangi imkoniyatlarni yaratmoqda. Kvant algoritmlari va sxemalari klassik hisoblashning cheklovlaridan chiqib, yuqori samaradorlik va tezlikni taʼminlaydi. Tasvirni qayta ishlashda kvant texnologiyalarining qoʻllanilishi ayniqsa dolzarb boʻlib, bu yangi metodlarni ishlab chiqishga, shuningdek, mavjud klassik algoritmlarni takomillashtirishga olib keladi [1]. Quantum Image Processing (QIP) – bu sohadagi yangi yondashuvlar tarmogʻi boʻlib, tasvirni kvant holatda saqlash va ishlov berish imkoniyatlarini oʻz ichiga oladi [2]. Bundan tashqari, tasvirni qayta ishlashda yuzaga keladigan shovqin va xatolarni bartaraf etish muhim ahamiyatga ega. Klassik kompyuterlar uchun shovqin odatda hisoblashni ishdan chiqaradi, lekin kvant kompyuterlari oʻzining noyob xususiyatlari bilan shovqinni engib oʻtishga imkon beradi. Ushbu maqolada FRQI va MCRQI algoritmlari yordamida tasvirni kvant holatiga kodlash va ularning natijalari tavsiflanadi [3]. Shuningdek, Pauli xatolari va depolyarizatsiya kabi shovqin modellari orqali kodlash jarayonidagi ishonchlik tahlil qilinadi. Qiskit simulyatori orqali modellarni tekshirish va PSNR koʻrsatkichlari orqali vizual sifatni baholash imkoniyatlari keltirilgan [4]. Ushbu maqolada, kvant algoritmlarining tasvirni qayta ishlashdagi foydali xususiyatlari, shovqinlarni boshqarish usullari va kvant hisoblashning kelajakdagi rivojlanishi haqida muhokama qilinadi. Ushbu maqolaning maqsadi, Kvant tasvirni qayta ishlash (QIP) sohasidagi yangi yondashuvlarni ishlab chiqish va mavjud texnologiyalarni takomillashtirishdir. Maqolada tasvirga Gauss filtri qoʻllash orqali intensivlikni yumshatish va shovqinni kamaytirish usullari koʻrsatiladi [5]. Kvant simulyatsiyasi yordamida tasvirni qayta ishlashda yuzaga keladigan xatolar va shovqinlarning taʼsiri tahlil qilinadi, va shovqinni kamaytirish uchun Pauli xatolar va depolarizatsiya kabi noise modelari qoʻllaniladi [6]. Maqolaning asosiy maqsadi, kvant algoritmlari yordamida tasvirni qayta ishlashni samarali va ishonchli tarzda amalga oshirish, shovqinlarni bartaraf etish usullarini aniqlash va kvant hisoblash texnologiyalarining amaliy qoʻllanilishini koʻrsatishdir. Bu yondashuv nafaqat kvant tasvirni qayta ishlashning yangi metodlarini yaratishga, balki mavjud tasvirni qayta ishlash algoritmlarini takomillashtirishga ham yordam beradi [7].

2. Usullar. Maqolada quyidagi usullardan foydalanildi:

FRQI algoritmi. Tasvirni kvant holatiga kodlash va uni oʻlchov orqali klassik qiymatlarga qayta tiklash quyidagi bosqichlarda amalga oshiriladi. FRQI sxemasida oʻtkazilgan oʻlchov $|c\rangle|i\rangle_{2^n}$ koʻrinishidagi holatni beradi,

bu erda $|c\rangle$ rangli qubit va $|i\rangle_{2^n}$ – pozitsiyani kodlaydigan kubitlar. Biroq, ushbu sxemaning bitta oʻlchovi pikselning intensivligi haqida hech qanday maʼlumot bermaydi, chunki bu maʼlumot davlat amplitudalari orasidagi fazada kodlangan. Shuning uchun, amplitudalarni olish uchun koʻplab bir xil FRQI holatlarining bir nechta oʻlchovlari talab qilinadi. Natijalar ehtimollik taqsimotini hosil qiladi, keyinchalik intensivlik darajalarini kodlaydigan burchaklarni olish uchun ishlab chiqiladi. $2^n \times 2^n$ tasvirning i – shi pikselining faqat intensivlik maʼlumotlarini kodlaydigan FRQI holatining matematik ifodasini olish

$$|c_i\rangle = \frac{1}{2^n} \cos(\theta_i) |0\rangle + \sin(\theta_i) |1\rangle,$$

va kontaktlarning zanglashiga olib, N_{0i} va N_{1i} ni bir xil holatda rang qubitining oʻlchovi mos ravishda 0 va 1 ga teng boʻlishi aniqlangan soni sifatida aniqlash mumkin. Shtatning amplitudalari quyidagicha qayta olinadi:

$$c_{0i} = \frac{1}{2^n} \cos(\theta_i) = \sqrt{\frac{N_{0i}}{N_{o'lov}}}, \quad c_{1i} = \frac{1}{2^n} \sin(\theta_i) = \sqrt{\frac{N_{1i}}{N_{o'lov}}}.$$

Burchak haqidagi maʼlumotni ekstrapolyatsiya qilish uchun baʼzi hisob-kitoblarni amalga oshirgandan soʻng, teskari funktsiyani qoʻllash kifoya:

$$\theta_i = \arctan\left(\sqrt{\frac{N_{0i}}{N_{1i}}}\right).$$

Shuni taʼkidlash kerakki, FRQI holatini yumshatish natijasida olingan natijalar har doim asl tasvirning yaqinlashuvi boʻladi va aniq yaqinlashuvni olish uchun tasvirning oʻlchamiga qarab etarlicha yuqori oʻlchovlarni bajarish kerak.

MCRQI algoritmi: FRQI ni rangli tasvirlar namoyishiga kengaytirish uchun [4] da kvant tasvirlari uchun koʻp kanalli vakillik (MCRQI) joriy qilingan. U rang maʼlumotlarini ifodalash uchun keng tarqalgan RGB rang modelidan foydalanadi va yana ikkitasini qoʻshadi. Qizil (R), yashil (G) va koʻk (B) maʼnosini anglatuvchi RGB modeli ranglarning keng assortimentini qayta ishlab chiqarish uchun turli intensivlikdagi asosiy ranglardan foydalanadigan qoʻshimcha rang modelidir. Buni amalga oshirish uchun uchta kubit kerak faqat bitta emas, balki rang maʼlumotlarini kodlash uchun yaratilgan. Olingan ifoda quyidagicha:

$$|I\rangle = \frac{1}{2^{n+1}} \sum_{i=0}^{2^n-1} C_{RGB}^i \otimes |i\rangle,$$

bu erda $|C_{RGB}^i\rangle$ R, G va B kanallari maʼlumotlarini kodlaydi.

$$\begin{aligned} |C_{RGB}^i\rangle &= |C_R\rangle|00\rangle + |C_G\rangle|01\rangle + |C_B\rangle|10\rangle \text{ bilan} \\ |C\rangle &= \cos\theta^R|0\rangle + \cos\theta^G|1\rangle, \quad |C_G\rangle = \cos\theta_G^i|0\rangle + \cos\theta_G^i|1\rangle, \\ |G^R\rangle &= \cos\theta_B^R|0\rangle + \cos\theta_B^R|1\rangle, \end{aligned}$$

1-rasmdagi kabi 2×2 o'lchamdagi rasmni misol qilib olsak, umumiy holat quyidagicha tasvirlangan:

$$\begin{aligned} |I\rangle &= \frac{1}{4}[(\cos\theta_0^R|000\rangle + \cos\theta_0^G|001\rangle + \cos\theta_0^B|010\rangle + \\ &+ \sin\theta_0^R|100\rangle + \sin\theta_0^G|101\rangle + \sin\theta_0^B|110\rangle) \otimes |00\rangle + \\ &+ (\cos\theta_1^R|000\rangle + \cos\theta_1^G|001\rangle + \cos\theta_1^B|010\rangle + \\ &+ \sin\theta_1^R|100\rangle + \sin\theta_1^G|101\rangle + \sin\theta_1^B|110\rangle) \otimes |01\rangle + \\ &+ (\cos\theta_2^R|000\rangle + \cos\theta_2^G|001\rangle + \cos\theta_2^B|010\rangle + \\ &+ \sin\theta_2^R|100\rangle + \sin\theta_2^G|101\rangle + \sin\theta_2^B|110\rangle) \otimes |10\rangle + \\ &+ (\cos\theta_3^R|000\rangle + \cos\theta_3^G|001\rangle + \cos\theta_3^B|010\rangle + \\ &+ \sin\theta_3^R|100\rangle + \sin\theta_3^G|101\rangle + \sin\theta_3^B|110\rangle) \otimes |11\rangle] \end{aligned}$$

MCRQI holatini yaratish tartibi FRQI holatiga juda o'xshash. Pozitsiya qubitlari superpozitsiyaga qo'yiladi va piksellarning intensivligi aylanish eshigini qo'llash orqali R kubit deb ataladigan bitta rangli kubitning fazasiga kodlanadi. Buning o'rniga asosiy farqlar quyidagilardir:

θ_0 00	θ_1 01
θ_2 10	θ_3 11

1-rasm. 2×2 MCRQI tasvir

Sxemaga yana ikkita kubit qo'shiladi, ular G va B kubitlari deb ataladi. Faza o'zgarishini qo'llaydigan aylanish geytlari ham G va B kubitlari, shuningdek, pozitsiya qubitlari tomonidan boshqariladi.

Ikki qo'shilgan rangli kubitlar barcha uchta kanalning intensivlik ma'lumotlarini joylashtirish uchun asosiy holatlarning ko'proq kombinatsiyalarini yaratish uchun ishlatiladi. Har bir pozitsiya uchun superpozitsiyaga yana ikkita kubit qo'shilishi, asosiy holat kombinatsiyalari sonini bitta o'rniga to'rttagacha kengaytirishi mumkin. MCRQI kodlash faqat uchta har bir kanal uchun bittadan foydalanadi. R kubitning fazasi tsiklik ravishda uchta kanalning har birining intensivligini ifodalaydi. O'lchov operatsiyasini boshqarish vositalarini qo'llash orqali uchta kanalni farqlash mumkin.

Shunday qilib, MCRQI tasviri uchun zarur bo'lgan kubitlarning umumiy soni

$$N = N_{pos} + N_{color} = 2n + 3.$$

2×2 MCRQI tasviri uchun kvant sxemasi quyida keltirilgan. Oddiylik uchun faqat birinchi piksel kodlangan, qolganlari uchun protsedura doimiy bo'lgani uchun. Boshqaruv qubitlarining holatini o'zgartiruvchi X shlyuzlarining qo'llanilishini aniq ko'rsatish o'rniga, inkor qilingan boshqaruv elementlari CNOT eshigi uchun 1-bo'limda ko'rsatilganidek, oq nuqta bilan ifodalanadi. Sxemadan ko'rinib turibdiki, har bir piksel uchun uchta boshqariladigan aylanish kerak va oxirida tasvirni olishda uchta rang kanalini ajratishga imkon beruvchi uchta o'lchov operatsiyasi. Algoritmi amalga oshirish uchun zarur bo'lgan oddiy operatsiyalar:

$2 + 2n$ Hadamard Geyts $3 \times 2^{2n} C^{2n+2}(R_y(2\theta))$ ga bo'linadi,

$$-3 \times 2^{2n} \times (2^{2n+1} - 1) C(R_y(2\theta)), \quad C(R_y(-2\theta))$$

$-3 \times 2^{2n} \times (2^{2n+1} - 1)$ CNOT geytler jami $24 \times 2^{4n} - 9 \times$

$2^{2n} + 2n + 2$ elementar eshiklarni beradi. Hisoblash murakkabligi $O(2^{4n})$, FRQI bilan bir xil.

3. Natijalar. FRQI, siqilgan FRQI va MCRQI modellari Qiskit simulyatori orqali tekshirildi.



2-rasm. Asl namuna va FRQI kodlashdan olingan natijalar

2-rasmda FRQI modelining standart va siqilgan versiyalari PSNR = 36.91 dB ko'rsatkichini berdi. Bu esa zararsiz siqishni samarali amalga oshiruvchi standart versiya bilan bir xil natijani beradi.



3-rasm. Asl namuna va siqilgandan olingan natijalar FRQI kodlash versiyasi

RGB tasvirlar uchun MCRQI modelining PSNR ko'rsatkichi 27.12 dB ni tashkil etdi. Bu ko'rsatkichlar modellar orqali vizual sifatni baholashda yuqori samaradorlikni ko'rsatadi.



4-rasm. Asl namuna va MCRQI kodlashdan olingan natijalar

4. Xulosa. FRQI va MCRQI modellarining har biri kvant tasvirlarni kodlashda turli tuzilma va imkoniyatlarga ega bo'lgan muqobil kvant tasvir modellarini namoyon etadi. FRQI modeli soddaligi bilan ajralib turadi va monokrom tasvirlar uchun qulay. Ammo MCRQI modeli ko'p kanalli tasvirlar uchun mos keladi va tasvirni mukammalroq kodlash imkonini beradi. Har ikki model kvant hisoblashda vizual ma'lumotni samarali qayta ishlash va kodlash uchun yangi yondashuvlarni taklif qiladi. Ushbu ish kelajakda kvant sun'iy intellekt, kvant uzatish va kvant xotira tizimlarida muhim ahamiyat kasb etishi mumkin.

Adabiyotlar

1. Wang Z., Xu M., Zhang Y. Review of quantum image processing, Arch. Comput. Methods Eng. 29 (2), 2022. –P. 737-761.
2. Salvador E. Vengas-Andraca Fei Yan and Kaoru Hirota. Toward implementing efficient image processing algorithms on quantum computers. 2021.
3. Ruan Y., Xue X., Shen Y. Quantum image processing: opportunities and challenges, Math. Probl. Eng. 2021. –P. 1-8.
4. Fangyan Dong Phuc Q. Le and Kaoru Hirota. A flexible representation of quantum images for polynomial preparation, image compression, and processing operations. 2010.
5. Sun Bo., Phuc Q.Le., Abdullah M., Ilyasu J., Adrian Garcia Fei Yan, Fangyan Dong, and Kaoru Hirota. Multi-channel representation for images on quantum computers using the RGB α color space. 2018.
6. Dey A., Bhattacharyya S., Dey S., Platos J., Snasel V. Automatic clustering of colour images using quantum inspired meta-heuristic algorithms, Appl. Intell. 53 (9), 2023. –P. 9823-9845.
7. Zhang Y., Lu K., Gao Y., Wang M. NEQR: a novel enhanced quantum representation of digital images, Q. Inf. Process. 12. 2013. –P. 2833-2860.

REZYUME. Maqolada FRQI va MCRQI kvant modellari asosida tasvirlarni kodlash usullari, ularning fazaviy ifodasi va vizual sifati tahlil qilingan. Qiskit muhitidagi simulyatsiya natijalari PSNR ko'rsatkichlari orqali baholanib, ko'p kanalli va monokanalli tasvirlar uchun modellar samaradorligi solishtirilgan.

РЕЗЮМЕ. В статье рассмотрены методы кодирования изображений на основе квантовых моделей FRQI и MCRQI, их фазовое представление и визуальное качество. Результаты симуляций в среде Qiskit оценены с помощью показателей PSNR, а эффективность моделей сравнивается для одно- и многоканальных изображений.

SUMMARY. This article analyzes image encoding methods based on the quantum models FRQI and MCRQI, including their phase representation and visual quality. Simulation results in the Qiskit environment are evaluated using PSNR metrics, and the models' performance is compared for both single-channel and multi-channel images.

UDK: 66.095.21

YENGIL BENZIN FRAKSIYASINI IZOMERIZATSIYALASH TEXNOLOGIYALARI TAHLILI VA VOLFRAM ASOSLI KATALIZATORLARNING SAMARADORLIGINI TADQIQ QILISH

M.J.Maxmudov – *texnika fanlari doktori (DSc), professor*

A.A.Saloydinov – *texnika fanlari bo'yicha falsafa doktori, dotsent*

A.M.Hasanov – *magistrant*

Buxoro davlat texnika universiteti

S.O.Svaykosov – *texnika fanlari bo'yicha falsafa doktori, dotsent*

A.I.Abdraximov – *magistrant*

P.B.Turdimuratov – *magistrant*

Berdaq nomidagi Qoraqalpoq davlat universiteti

Tayanch so'zlar: volfram, katalizator, izomerizatsiya, parafinlar, benzin, ekologik, uglevodorod, reaktor, regeneratsiya, xlorlangan alyuminiy oksidi.

Ключевые слова: вольфрам, катализатор, изомеризация, парафины, бензин, экологический, углеводород, реактор, регенерация, хлорированный оксид алюминия.

Key words: tungsten, catalyst, isomerization, paraffins, gasoline, environmental, hydrocarbon, reactor, regeneration, chlorinated aluminum oxide.

Kirish. Neftni qayta ishlash sanoatida yoqilg'ining oktan sonini oshirish muhim jarayonlardan biri hisoblanadi. Izomerizatsiya jarayoni yengil parafinlarni izoparafinlarga aylantirib, benzin fraksiyalarining sifatini yaxshilash imkonini beradi. Bunda samarali katalizator tanlovi jarayonning asosiy bosqichlaridan biri hisoblanadi. Deyarli barcha davlatlar avtomobil benzinlarining sifatiga qo'yiladigan talablarni oshirib bormoqda. Bu esa ularning oktan sonini oshirish bilan birga, tarkibidagi oltingugurt birikmalari, aromatik va to'yinmagan uglevodorodlar miqdorini kamaytirish bilan bog'liq [1]. Ekologik talblarning doimiy ravishda kuchayib borishi motor yoqilg'ilarining uglevodorod tarkibini o'zgartirish zaruratini keltirib chiqarmoqda. Avvalo, aromatik qator uglevodorodlar ulushini kamaytirish orqali tovar benzini tarkibiga yuqori oktanli, ekologik xavfsiz izoalkan komponentlar – izomerizat va alkilat kiritilishi talab etilmoqda. Yevropa Ittifoqi me'yorlari va Bojxona ittifoqining texnik reglamentida belgilangan ekologik talablarni amalga oshirish neftni qayta ishlash jarayonlarining qayta tashkil etilishiga, ya'ni ishlab chiqarilayotgan tovar benzinlarining

sifatiga javob beradigan tarkibiy bo'linmalarni shakllantirishga sabab bo'ldi. Volfram asosidagi katalizatorlar yuqori termik va kimyoviy barqarorligi, shuningdek, gidroizomerizatsiya va gidrokraking jarayonlaridagi samaradorligi tufayli keng qo'llaniladi. Ushbu maqolada volframli katalizatorlarning tarkibi, ishlash mexanizmi va texnologik jarayonlari tahlil qilinadi [2].

Izomerizatsiya qurilmasi texnologik oqimlar bilan o'zaro bog'langan bloklardan iborat texnologik tizim hisoblanadi. Xomashyoni tayyorlash bloki (odatda xomashyoni gidrotamizlash, gidrogenizatsiya bug'latish kolonnasida barqarorlashtirishdan iborat bo'ladi, shuningdek, molekulyar elaklarda adsorbsion tozalash jarayonini ham o'z ichiga olishi mumkin). Seolitli katalizatorlar boshqa turdagi katalizatorlarga nisbatan kamroq faollikka ega bo'lib, yuqoriroq haroratda ishlatiladi, buning natijasida izomerizat mahsulotining oktan soni past bo'ladi. Biroq, ular xomashyo tarkibidagi zaharlovchi aralashmalarga nisbatan yuqori bardoshlilikka va qurilma reaktorida to'liq regeneratsiyalash (qayta tiklash) xususiyatiga ega. Ushbu jarayonning texnologik sxemasida gaz-xomashyo