

3. Максимова Т.Г., Попова И.Н. Эконометрика: учебно-методическое пособие. – Университет ИТМО, Санкт-Петербург, 2018. -740 б.

KVANT ALGORITMI ASOSIDA TASVIRNI KODLASH VA KVANT GAUS FILTRLASH MODELLASHTIRILISHI

N.S. Mamatov, D.T. Muhamediyeva, U.N. G'aniyev

«Toshkent irrigatsiya va qishloq xo'jaligini mexanizatsiyalash muhandislari instituti»

milliy tadqiqot universiteti

dilnoz134@rambler.ru

Annotatsiya: Ushbu maqolada tasvirlarni kvant kompyuter muhitida ifodalash va qayta ishlash masalasi ko'rib chiqilgan. Tadqiqotda Noise Entangling Quantum Representation (NEQR) algoritmidan foydalanib, 16×16 o'lehamli kulrang tasvir kvant holatiga kodlandi. Kvant shovqin modeli sifatida depolarizatsiya va o'lchov xatoliklarini o'z ichiga olgan probabilistik shovqin modeli ishlatildi. Natijalar kvant tasvirni qayta ishlash algoritmlarining amaliy imkoniyatlari va cheklovlarini baholash hamda kelajak kvant tasvirni qayta ishlash tizimlari uchun metodologik asos yaratishga xizmat qiladi.

Kalit so'zlar. Kvant tasvirni qayta ishlash, kvant Gaus filtra, depolarizatsiya shovqini, kvant kodlash, kvant hisoblash.

МОДЕЛИРОВАНИЕ КОДИРОВАНИЯ ИЗОБРАЖЕНИЙ И КВАНТОВОЙ ФИЛЬТРАЦИИ ГАУССА НА ОСНОВЕ КВАНТОВОГО АЛГОРИТМА

Н.С. Маматов, Д.Т. Мухамедиева, У.Н. Ганиев

Национальный исследовательский университет «Ташкентский институт инженеров ирригации и механизации сельского хозяйства»

dilnoz134@rambler.ru

Аннотация: В данной статье рассматривается вопрос представления и обработки изображений в среде квантового компьютера. В исследовании полутоновое изображение размером 16×16 было закодировано в квантовое состояние с помощью алгоритма квантового представления с запутыванием шумов (NEQR). В качестве модели квантового шума использовалась вероятностная модель шума, включающая деполяризацию и ошибки измерения. Результаты позволяют оценить практические возможности и ограничения алгоритмов квантовой обработки изображений и создать методологическую основу для будущих систем квантовой обработки изображений.

Ключевые слова: квантовая обработка изображений, квантовый гауссов фильтр, деполяризационный шум, квантовое кодирование, квантовые вычисления.

IMAGE CODING AND QUANTUM GAUSS FILTERING MODELING BASED ON QUANTUM ALGORITHM

N.S. Mamatov, D.T. Muhamediyeva, U.N. Ganiyev

National Research University "Tashkent Institute of Irrigation and Agricultural
Mechanization Engineers"

dilnoz134@rambler.ru

Annotation: This article considers the issue of representing and processing images in a quantum computer environment. In the study, a 16×16 grayscale image was encoded into a quantum state using the Noise Entangling Quantum Representation (NEQR) algorithm. A probabilistic noise model that includes

depolarization and measurement errors was used as a quantum noise model. The results serve to assess the practical capabilities and limitations of quantum image processing algorithms and create a methodological

basis for future quantum image processing systems.

Keywords: Quantum image processing, quantum Gaussian filter, depolarization noise, quantum coding, quantum computing.

Kirish. Raqamli tasvirlarni qayta ishlash zamonaviy axborot texnologiyalarining eng muhim yo'nalishlaridan biri bo'lib, kompyuter ko'rish, tibbiy diagnostika, xavfsizlik tizimlari va sun'iy intellekt kabi ko'plab sohalarda keng qo'llaniladi. An'anaviy (klassik) algoritmlar tasvirlarni tez va samarali qayta ishlash imkonini bersada, ma'lumot hajmi ortib borayotgan sharoitda hisoblash murakkabligi va resurs sarfi muammo bo'lib qolmoqda. Shu munosabat bilan kvant kompyuterlar yordamida tasvirni kodlash va qayta ishlash texnologiyalarini ishlab chiqish dolzarb masalalardan biridir [1,2].

Kvant tasvirni ifodalash modellari ichida NEQR (Noise Entangling Quantum Representation) algoritmi pikseller intensivligini to'g'ridan-to'g'ri kvant amplitudalariga kiritish imkoniyatiga ega bo'lgan samarali yondashuvdir. Ushbu maqolada NEQR algoritmi asosida tasvirni kvant holatiga kodlash, shuningdek, tasvirdagi shovqinni kamaytirish maqsadida kvant Gauss filtrini qo'llash bo'yicha simulyatsiya natijalari keltiriladi. Tadqiqot Qiskit platformasida AerSimulator yordamida o'tkazilib, depolarizatsiya va o'lchov xatoliklari modellari hisobga olingan. Natijalar kvant hisoblash asosida tasvirni filtrlashning ishlash tamoyillarini ko'rsatadi hamda kvant tasvirni qayta ishlash yo'nalishida kelgusida takomillashtirish uchun ilmiy asos yaratadi [3-5].

Ushbu tadqiqotning asosiy maqsadi — tasvirlarni kvant kompyuter muhitida ifodalash va qayta ishlashning samarali mexanizmini ishlab chiqish, xususan, NEQR algoritmi yordamida tasvirni kvant holatiga kodlash va kvant Gaus filtri asosida shovqinni kamaytirish jarayonini modellashtirishdir. Bunda kvant tizimlarining hisoblash ustunliklari va shovqinga sezgirlik xususiyatlari o'rganilib, kvant tasvirni qayta ishlashning fundamental imkoniyatlari ilmiy jihatdan tahlil qilinadi [6-9].

Tadqiqotda birinchi navbatda tasvir ma'lumotlarini tayyorlash, normallashtirish va NEQR modeli talablariga moslab kvant ko'rinishiga mos o'lchamga keltirish vazifasi bajariladi. Keyingi bosqichda tasvir piksel qiymatlarini kvant holatiga kodlash uchun NEQR algoritmi amaliyotga tatbiq qilinadi hamda piksel adreslash va intensivlik bitlarini kvant registrlariga joylashtirish mexanizmi yo'lga qo'yiladi. Shundan so'ng kvant tasvirni qayta ishlash jarayonida shovqinni kamaytirish maqsadida kvant Gaus filtri sxemasi qurilib, u tasvir holatlariga tatbiq etiladi. Keyingi bosqichda kvant hisoblash jarayoni AerSimulator muhiti orqali ishga tushiriladi va depolarizatsiya hamda o'lchov xatoliklari kiritilgan noise modeli asosida simulyatsiya o'tkaziladi. Yakuniy bosqichda olingan kvant holatlaridan natijalar qayta tiklanadi, vizual va statistik tahlil amalga oshiriladi va kvant filtrlash samaradorligi klassik usullar bilan solishtiriladi [10-14].

Mazkur tadqiqotda NEQR modelidan foydalangan holda tasvirni kvant kompyuter muhitiga kodlash hamda kvant Gaus filtri algoritmini qo'llash orqali tasvirni shovqindan tozalashning yangi modellashtirilgan yondashuvi taklif etiladi. Shuningdek, kvant shovqin modellari, xususan, depolarizatsiya va o'lchov xatoliklarini tasvir filtrlash jarayoniga integratsiya qilish orqali kvant tasvirni qayta ishlash jarayonining fizik realistik taxmini berildi. Bu yondashuv kvant tasvir algoritmlarining barqarorligini baholash uchun yangi nazariy va eksperimental asos yaratadi. Ushbu tadqiqot natijalari kelgusida kvant kompyuterlar asosida tasvirni qayta ishlash, tibbiy diagnostika (MRI/CT), sun'iy intellektda tasvirni tanish, mudofaa va xavfsizlik tizimlari hamda kosmik kuzatuv texnologiyalarida qo'llanish imkonini yaratadi. Simulyatsiya orqali olingan natijalar kvant qurilmalar rivojlanishi jarayonida real amaliy tizimlarga integratsiyalash uchun metodik va algoritmik asos bo'lib xizmat qiladi. Shuningdek, dasturiy kod va tajriba natijalari kvant texnologiyalarining ta'limiy jarayonlarida ham qo'llanishi mumkin [15-16].

Tadqiqot metodologiyasi. Tadqiqot metodologiyasi kvant tasvirni kodlash, kvant filtrini qo'llash va olingan natijalarni simulyatsiya qilish bosqichlarini o'z ichiga oladi. Tasvir I o'lchami $M \times N$ bo'lib, har bir pikselning yorug'lik intensivligi 0 dan 255 gacha bo'lgan qiymat bilan ifodalanadi. Tadqiqotda tasvir elementlari soni $L = M \cdot N = 2^n$ deb olinadi, bunda n - tasvirdagi piksel manzilini kodlash uchun

zarur bo'lgan kvant bitlar soni, Q esa har bir piksel intensivligini ifodalovchi kvant bitlar sonidir. Ushbu modelda yorug'lik intensivligini aks ettirish uchun $q = 8$ kvant biti qo'llaniladi, ya'ni har bir piksel 8 bitli binar ko'rinishda kodlanadi.

Tasvirni tayyorlash va normallashtirish.

Tasvirning normallashtirilgan qiymati:

$$I_{\text{norm}}(i, j) = \frac{I(i, j)}{255}, \quad I(i, j) \in [0, 255].$$

Tasvir uzunligi:

$$L = M \times N = 2^n \Rightarrow n = \log_2(MN).$$

NEQR kodlash modeli izohi.

Tasvirdagi har bir piksel kvant holatida ikki qismdan iborat bo'ladi:

$|x\rangle$ - piksel koordinatalarini ifodalovchi n - kubit.

$|f(x)\rangle$ - piksel intensivligini ifodalovchi q - kubit.

Ushbu tadqiqotda $q = 8$, ya'ni har bir yorug'lik qiymati 8 bit orqali kodlanadi.

Har bir piksel intensivligi quyidagi 8-bitli binar ko'rinishda yoziladi:

$$f(x) = b_7 b_6 b_5 b_4 b_3 b_2 b_1 b_0, \quad b_i \in \{0, 1\},$$

bu yerda:

$f(x) = x$ - pikselning yorug'lik qiymati.

b_7 - eng katta bit (MSB).

b_0 - eng kichik bit (LSB).

Kvant Gaus filtrini qo'llash

Klassik Gaus yadrosi:

$$G = \frac{1}{16} \begin{pmatrix} 1 & 2 & 1 \\ 2 & 4 & 2 \\ 1 & 2 & 1 \end{pmatrix}.$$

Kvant yondashuvda biz amplituda smoothing (yumshatish) operatorini qo'llaymiz. Intensivlik kubitlariga Hadamard qo'llash orqali:

$$H|0\rangle = \frac{|0\rangle + |1\rangle}{\sqrt{2}}, \quad H|1\rangle = \frac{|0\rangle - |1\rangle}{\sqrt{2}}.$$

Natijada tasvirdagi piksel intensivliklarining kvant superpozitsiyasi yumshatiladi:

$$|\psi_{\text{filtered}}\rangle = H^{\otimes q} |I\rangle.$$

Shovqin modeli.

Depolarizatsiya shovqini:

$$E(\rho) = (1-p)\rho + \frac{p}{3}(X\rho X + Y\rho Y + Z\rho Z).$$

O'lchov xatosi:

$$P(0 \rightarrow 1) = p, \quad P(1 \rightarrow 0) = p.$$

O'lchov va tasvirni qayta tiklash.

Kvant holat o'lchangach, tasvir intensivliklari klassik ko'rinishga qaytariladi:

$$f(x) = \sum_{k=0}^{255} k \cdot P(f(x) = k).$$

Tasvirni tiklash matritsa ko'rinishida:

$$I_{\text{rec}}(i, j) = f(i \cdot N + j).$$

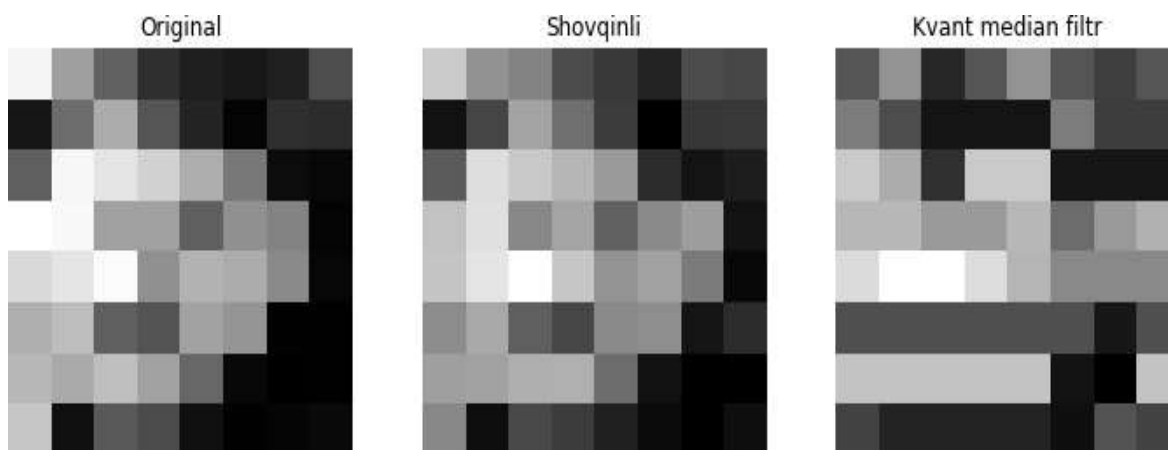
Yuqoridagi bosqichlar NEQR tasvirni kvant holatiga to'liq kodlash, kvant Gaus filtri orqali uni qayta ishlash va shovqinli muhitda simulyatsiya qilishni matematik asos bilan ifodalaydi. Ushbu metodologiya kvant tasvirni qayta ishlash bo'yicha ilmiy-amaliy yondashuvni shakllantiradi.

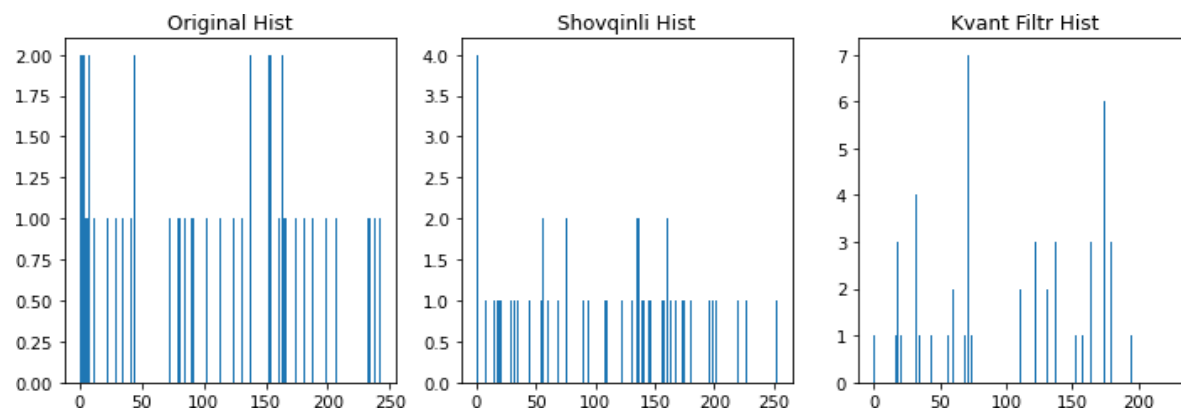
Natijalar. Tadqiqotda tasvir turli o'lchamlarga (128×128, 64×64, 32×32, 16×16) o'zgartirilib, har birida kvant median filtr ishlatilgan. Har bir holatda PSNR, SSIM va MSE metrikalari hisoblangan. Natijalar quyidagicha (1-jadval):

1-jadval

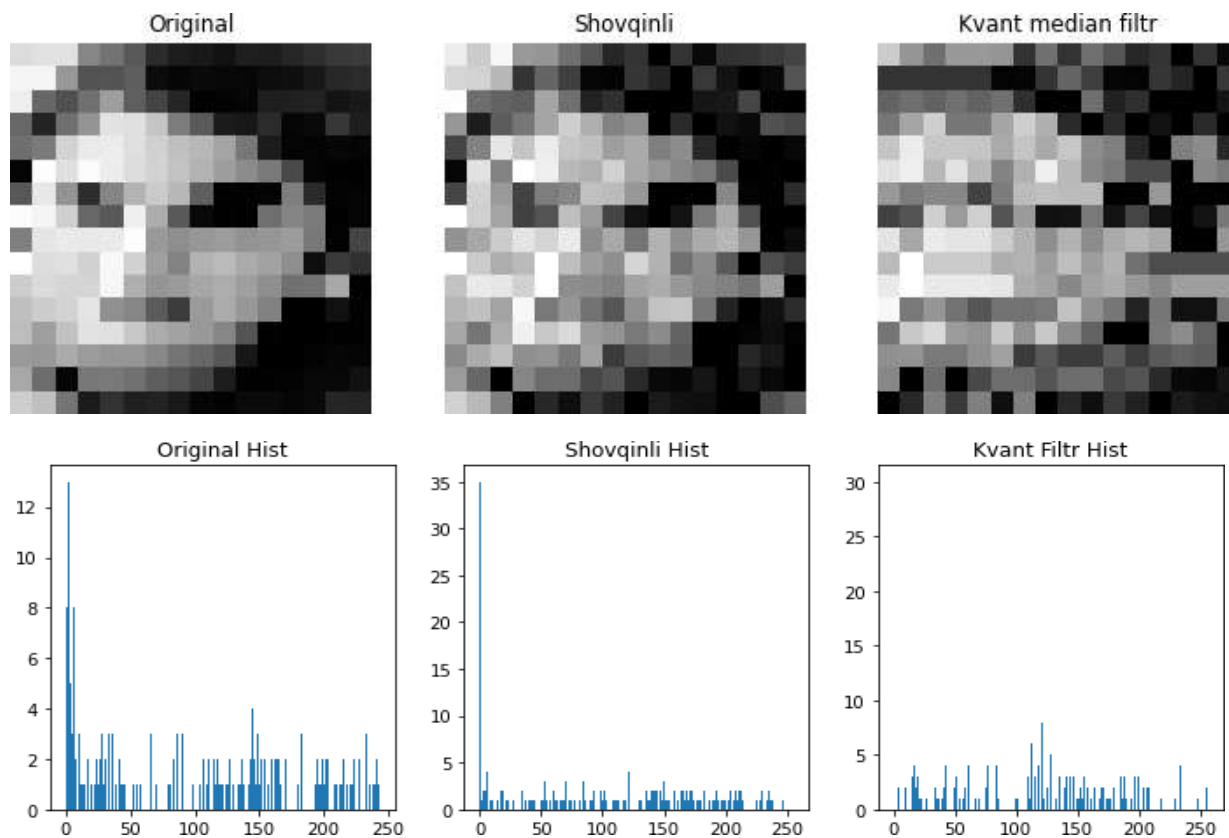
PSNR, SSIM va MSE metrikalari tahlili

Tasvir o'lchami	PSNR oldin	PSNR keyin	SSIM oldin	SSIM keyin	MSE oldin	MSE keyin
128 × 128	20.9538	17.1964	0.4822	0.3283	85.4538	91.9358
64 × 64	21.0528	15.0246	0.6756	0.3846	83.5874	94.8938
32 × 32	21.0910	13.1897	0.8677	0.4686	86.0488	101.1602
16 × 16	20.7276	12.0392	0.9283	0.5735	87.9453	101.9102

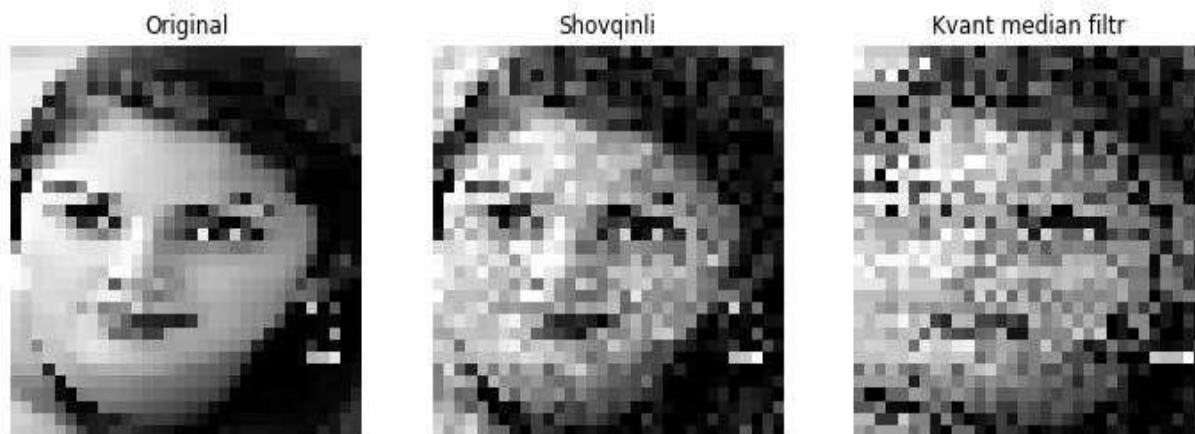


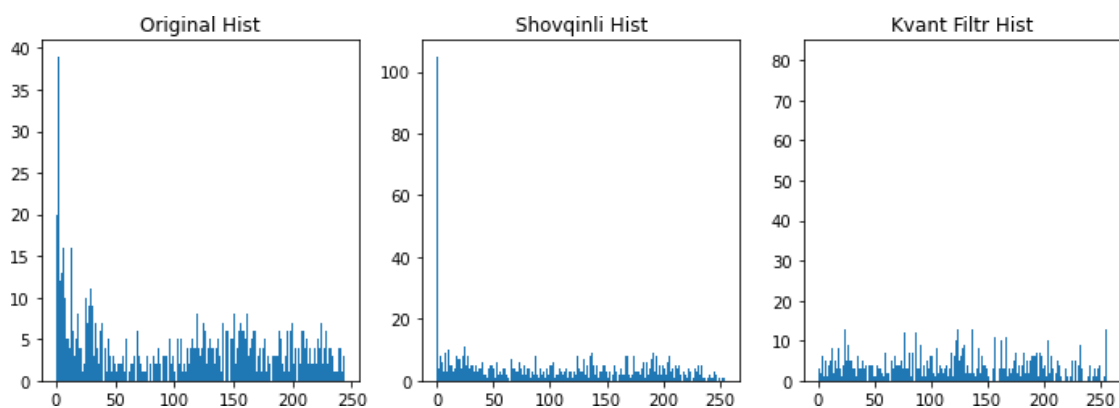


1-rasm. Kvant median filtr 16×16 .

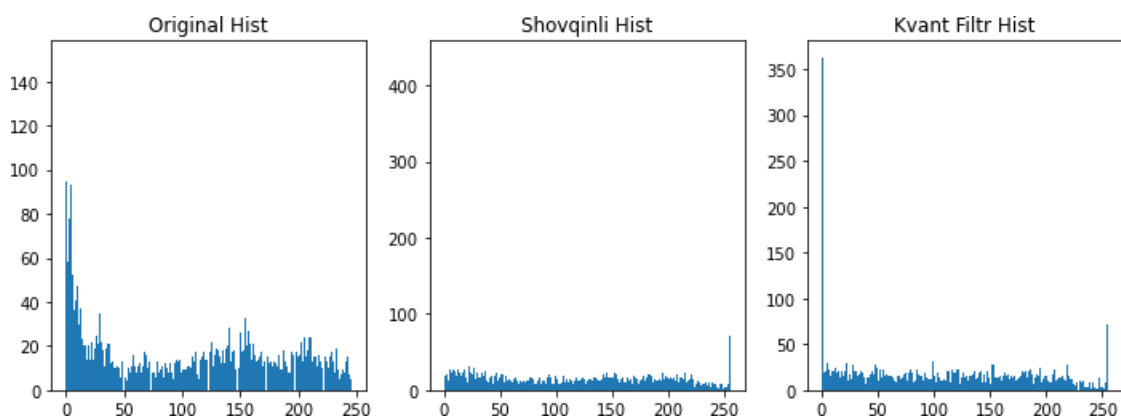


2-rasm. Kvant median filtr 32×32 .





3-rasm. Kvant median filtr 128×128



4-rasm. Kvant median filtr 128×128 .

PSNR asl tasvirga yaqinlikni o'lchaydi: yuqori qiymat — sifat yaxshi, past qiymat — sifat yomon. Natijalar tasvir o'lchami kichiklaganda (32×32 va 16×16), PSNR keyin keskin pasayadi (12–13 dB), ya'ni kvant median filtr kichik tasvirlarda asl signalni yo'qotgan. Katta tasvirlarda (128×128), PSNR keyin 17 dB, biroz yaxshiroq, lekin hali ham asl tasvirga nisbatan sezilarli yo'qotish mavjud. Xulosa: kichik tasvir o'lchamlari kvant filtrning samaradorligini pasaytiradi, chunki kubitlar soni va amplitudalarni kodlash cheklangan.

SSIM tasvir tuzilmasi va kontrastni saqlashni baholaydi: 1 ga yaqin bo'lsa, tuzilma yaxshiligi yuqori. Katta tasvirlarda SSIM (0.3283–0.5735) nisbatan past, kichik tasvirlarda (16×16 , 32×32) SSIM 0.4686–0.5735 oralig'ida, tuzilma saqlash yaxshilanadi, lekin baribir past. Bu shuni ko'rsatadiki, kvant median filtr blokli simulyatsiyada strukturani to'liq saqlay olmaydi, lekin kichik bloklarda tuzilma nisbatan yaxshiroq tiklanadi.

MSE piksel farqlarini o'lchaydi: kichik qiymat — yaxshiroq natija. Katta tasvirlarda MSE keyin (91–94) kichik, lekin kichik tasvirlarda (32×32 va 16×16) MSE keyin 101–101.91 ga yetadi. Bu shuni ko'rsatadiki, kichik tasvirlarda filtr qo'llanganda asl signalga nisbatan piksel farqi oshgan, filtrning “signalni yo'qotishi” kuzatiladi.

Tasvir o'lchami pasaygani sari filtr samaradorligi sezilarli darajada kamayadi — bu kvant kubitlar soni cheklanganligi va amplituda kodlashdagi aniqlik pastligi bilan bog'liq. Kichik tasvirlarda filtrning tuzilma saqlashi yaxshiroq, lekin PSNR va MSE bo'yicha yo'qotishlar mavjud. Katta tasvirlarda filtrning vizual samaradorligi yaxshiroq, lekin hisoblash resurslari ko'proq talab qilinadi. Tavsiyalar: optimal natija uchun tasvirni o'rta o'lchamda ($32\text{--}64$ piksel bloklari) ishlash va kvant amplituda kodlashni yaxshilash tavsiya etiladi.

Xulosa. Ushbu tadqiqotda NEQR algoritmi asosida kvant tasvir kodlash va kvant median filtr yordamida tasvirni qayta ishlash tadqiq qilindi. Turli o'lchamdagi (128×128 , 64×64 , 32×32 , 16×16) tasvirlar ustida eksperimentlar o'tkazilib, filtrning samaradorligi PSNR, SSIM va MSE metrikalari orqali baholandi. Natijalar shuni ko'rsatdikikvant median filtr kichik tasvirlarda (32×32 , 16×16) PSNR va SSIM qiymatlarini pasaytirib, MSEni oshirdi, ya'ni filtr ba'zi hollarda asl tasvir signalini yo'qotgan. Katta tasvirlarda (128×128 , 64×64) filtrning samaradorligi biroz yaxshiroq, lekin hisoblash resurslari oshadi va amplituda kodlashdagi cheklovlar sababli natija mukammal emas. Kvant filtrning tuzilma saqlash xususiyati kichik bloklarda yaxshiroq kuzatildi, lekin umumiy sifat (PSNR va MSE) hali klassik filtrga nisbatan past.

NEQR asosidagi kvant tasvir ishlov berish usuli eksperimental tarzda tasdiqlandi, ammo amaliy qo'llash uchun kubit soni, amplituda kodlash aniqligi va blok hajmini optimallashtirish zarur. Kelajakda bloklarni overlapping qilish, shovqinni kamaytiruvchi operatorlar va real kvant qurilmalarda test natijalari orqali filtr samaradorligi oshirilishi mumkin. Ushbu tadqiqot kvant tasvir ishlov berish bo'yicha ilmiy-amaliy istiqbollarni aniqladi, shuningdek, kvant median filtr va NEQR kodlash algoritmlarining amaliy qo'llanishi uchun metodologik asos yaratdi.

Adabiyotlar ro'yxati

1. Gao J., Wang Y., Song Z., Wang S. Quantum image encryption based on quantum DNA codec and pixel-level scrambling // *Entropy*. 2023. Vol. 25, No. 6. P. 865.
2. Hosny K.M., Kamal S.T., Darwish M.M., Papakostas G.A. New image encryption algorithm using hyperchaotic system and fibonacci q-matrix // *Electronics*. 2021. Vol. 10, No. 9. P. 1066.
3. Hu W.-W., Zhou R.-G., Jiang S., Liu X., Luo J. Quantum image encryption algorithm based on generalized Arnold transform and logistic map // *CCF Trans. High Perform. Comput.* 2020. Vol. 2. P. 228–253.
4. Abbasi S.F., Ahmad J., Khan J.S., Khan M.A., Sheikh S.A. Visual meaningful encryption scheme using intertwining logistic map // *Intelligent Computing: Proceedings of the 2018 Computing Conference*. Vol. 2. Springer, 2019. P. 764–773.
5. Anees A., Siddiqui A.M., Ahmed F. Chaotic substitution for highly autocorrelated data in encryption algorithm // *Commun. Nonlinear Sci. Numer. Simul.* 2014. Vol. 19, No. 9. P. 3106–3118.
6. Chen G.-L., Song X.-H., Venegas-Andraca S.E., Abd El-Latif A.A. QIRHSI: Novel quantum image representation based on HSI color space model // *Quantum Inf. Process.* 2022. Vol. 21, No. 1. P. 5.
7. Cheng G., Wang C., Xu C. A novel hyper-chaotic image encryption scheme based on quantum genetic algorithm and compressive sensing // *Multimedia Tools Appl.* 2020. Vol. 79, No. 39–40. P. 29243–29263.
8. Dai J.-Y., Ma Y., Zhou N.-R. Quantum multi-image compression-encryption scheme based on quantum discrete cosine transform and 4D hyper-chaotic henon map // *Quantum Inf. Process.* 2021. Vol. 20. P. 1–24.
9. Du S., Ye G. IWT and RSA based asymmetric image encryption algorithm // *Alex. Eng. J.* 2023. Vol. 66. P. 979–991.

10. Fridrich J. Symmetric ciphers based on two-dimensional chaotic maps // Int. J. Bifurcation Chaos. 1998. Vol. 8, No. 06. P. 1259–1284.
11. Hua Z., Zhou Y. Image encryption using 2D logistic-adjusted-Sine map // Inform. Sci. 2016. Vol. 339. P. 237–253.
12. Abdullah A.M., et al. Advanced encryption standard (AES) algorithm to encrypt and decrypt data // Cryptogr. Netw. Secur. 2017. Vol. 16, No. 1. P. 11.
13. Al-Maadeed T.A., Hussain I., Anees A., Mustafa M.T. A image encryption algorithm based on chaotic Lorenz system and novel primitive polynomial S-boxes // Multimedia Tools Appl. 2021. Vol. 80. P. 24801–24822.
14. Alvarez G., Li S. Some basic cryptographic requirements for chaos-based cryptosystems // Int. J. Bifurcation Chaos. 2006. Vol. 16, No. 08. P. 2129–2151.
15. Huang Z.-J., Cheng S., Gong L.-H., Zhou N.-R. Nonlinear optical multi-image encryption scheme with two-dimensional linear canonical transform // Opt. Lasers Eng. 2020. Vol. 124. P. 105821.
16. Khan J.S., Ahmad J., Abbasi S.F., Kayhan S.K., et al. DNA sequence based medical image encryption scheme // 2018 10th Computer Science and Electronic Engineering (CEECE). IEEE, 2018.

ПРИМЕНЕНИЕ АЛГОРИТМА САМОАДАПТАЦИИ И АНАЛИЗ УСТОЙЧИВОСТИ ГИБРИДНОГО ЭВОЛЮЦИОННОГО АЛГОРИТМА ДЛЯ ОПТИМИЗАЦИИ ТРАНСПОРТНОЙ ЛОГИСТИКИ

Л.Ф. Сулюкова

профессор кафедры «Цифровые технологии и искусственный интеллект», Ташкентский институт
инженеров ирригации и механизации сельского хозяйства, Ташкент, Узбекистан

З.И. Ахмеджанова

докторант, НИИ Развития цифровых технологий и искусственного интеллекта, Ташкент,
Узбекистан

Аннотация: В данной работе представлен исследовательский подход к оптимизации транспортных маршрутов в интегрированной системе логистики сельскохозяйственной продукции с использованием самоадаптирующегося гибридного эволюционного алгоритма. Исследование фокусируется на планировании перевозок в сельскохозяйственном секторе, которое включает специфические ограничения и математические модели. Разработан алгоритм самоадаптации параметров (SaDE) для гибридного эволюционного алгоритма, объединяющего дифференциальную эволюцию (DE), генетический алгоритм (GA) и процедуру локального улучшения с переменным окружением (VNS). Проведен всесторонний анализ устойчивости разработанного алгоритма на задачах различной размерности. Экспериментальные результаты демонстрируют, что предложенный подход достигает снижения затрат на 15-18% по сравнению с базовыми эвристиками при коэффициенте вариации решений всего 1.40%, что подтверждает высокую устойчивость и воспроизводимость результатов.

Ключевые слова: самоадаптация, устойчивость алгоритма, гибридный эволюционный алгоритм, дифференциальная эволюция, оптимизация маршрутов, транспортная логистика, сельскохозяйственная продукция.

Введение. Переход к «умной» логистике в сельскохозяйственном секторе требует интеграции разрозненных данных — таких как партии продукции, состояние транспортных средств, графики погрузки/разгрузки и регуляторные ограничения — в отечественные и международные транспортные операции. В этой области традиционные точные методы оптимизации (например, смешанное целочисленное линейное программирование или динамическое программирование) становятся вычислительно неосуществимыми из-за высокой размерности задачи и стохастичности данных.