

RAQAMLI TASVIRLARNI SHOVQINDAN TOZALASHDA FILTRLAR SAMARADORLIGINI TAQQOSLASH

F.I.Eshboyev

(Fargo'na davlat texnika universiteti)

Talaba (3-sho'ba: Tel: +998770301324, e-mail: ilhomesboyev7@gmail.com)

H.M.Tursunov

Talaba (Fargo'na davlat texnika universiteti)

L.R.Dalibekov

(Fargo'na davlat texnika universiteti katta o'qituvchi)

<https://doi.org/10.5281/zenodo.17949605>

ABSTRACT. In the modern world, digital images are widely used in medicine, security, telecommunications, and other fields. However, images are often affected by various types of noise, which degrades their quality. This study compared four different methods for image denoising: Gaussian, Median, Bilateral, and Wavelet filters. The results demonstrated that each filter is suitable for a specific type of noise, and no universal solution exists. For Gaussian noise, the Bilateral filter showed the highest PSNR value (29.67 dB), while the Median filter was the most effective for Salt & Pepper noise with 32.67 dB.

АННОТАЦИЯ. В современном мире цифровые изображения широко используются в медицине, безопасности, телекоммуникациях и других областях. Однако изображения часто подвергаются воздействию различных шумов, что снижает их качество. В данном исследовании были сопоставлены четыре различных метода очистки изображений от шума: фильтры Гаусса, Медианный, Билатеральный и Вейвлет-фильтр. Результаты показали, что каждый фильтр подходит для определенного типа шума и универсального решения не существует. Для шума Гаусса Билатеральный фильтр показал самый высокий показатель PSNR (29.67 дБ), тогда как для шума "Соль и перец" наиболее эффективным оказался Медианный фильтр с результатом 32.67 дБ.

ANNOTATSIYA. Zamonaviy dunyoda raqamli tasvirlar tibbiyot, xavfsizlik, telekommunikatsiya va boshqa sohalarda keng qo'llanilmoqda. Ammo tasvirlar ko'pincha turli shovqinlar ta'siriga uchraydi va bu ularning sifatini pasaytiradi. Ushbu tadqiqotda tasvirlarni shovqindan tozalashning to'rt xil usuli - Gauss, Median, Bilateral va Wavelet filtrlari - taqqoslandi. Natijalar shuni ko'rsatdiki, har bir filtr ma'lum shovqin turiga mos keladi va universal yechim mavjud emas. Gauss shovqini uchun Bilateral filtri eng yuqori PSNR ko'rsatkichini (29.67 dB) ko'rsatdi, Salt & Pepper shovqini uchun esa Median filtri 32.67 dB bilan eng samarali bo'ldi.

Keywords: digital images, noise removal, Gaussian filter, Median filter, Bilateral filter, Wavelet filter, PSNR, signal processing.

Kalit so'zlar: raqamli tasvirlar, shovqindan tozalash, Gauss filtri, Median filtri, Bilateral filtri, Wavelet filtri, PSNR, signal qayta ishlash.

Ключевые слова: цифровые изображения, удаление шума, гауссовский фильтр, медианный фильтр, двусторонний фильтр, вейвлет-фильтр, PSNR, обработка сигналов.

1. KIRISH (INTRODUCTION)

Raqamli tasvirlar zamonaviy texnologiyalarning ajralmas qismiga aylangan. Tibbiy diagnostika, sun'iy yo'ldosh monitoringi, xavfsizlik tizimlari, telekommunikatsiya va ko'plab boshqa sohalarda yuqori sifatli tasvirlar zarurdir. Raqamli tasvirlarning sifati bevosita qabul

qilinadigan qarorlar aniqligiga, tashxis to'g'riligiga va ma'lumotlarni tahlil qilish samaradorligiga ta'sir qiladi. Amalda tasvirlar doimo turli xil shovqinlar bilan "ifloslangan" holda olinadi. Kamera sensori isishi, signal uzatish paytidagi xatolar, elektromagnit shovqinlar, atmosfera ta'siri va boshqa tashqi omillar tasvir sifatini sezilarli darajada pasaytiradi. Shovqinli tasvirlar noto'g'ri tashxislarga, xato qarorlarga va ma'lumotlar yo'qotilishiga olib kelishi mumkin.

Ushbu tadqiqotning asosiy maqsadi raqamli tasvirlarni turli xil shovqinlardan tozalashda qo'llaniladigan zamonaviy filtrlash usullarining samaradorligini taqqoslash va amaliy tavsiyalar berishdan iborat. Tadqiqotning vazifalari quyidagilardan iborat: raqamli tasvirlardagi asosiy shovqin turlarini aniqlash va tahlil qilish, Gauss, Median, Bilateral va Wavelet filtrlarining nazariy asoslarini o'rganish, standart test tasvirlari ustida eksperimental tadqiqotlar o'tkazish, turli filtrlarning samaradorligini miqdoriy va sifat jihatdan baholash, har xil amaliy vaziyatlar uchun eng maqbul filtrlarni tanlash bo'yicha tavsiyalar ishlab chiqish.

Raqamli tasvirlarni qayta ishlash sohasidagi klassik asar Gonzalez va Woods tomonidan yozilgan "Digital Image Processing" kitobi hisoblanadi. Ushbu asarda tasvirlarni shovqindan tozalashning asosiy usullari va matematik tamoyillari keng yoritilgan. Buades va hamkasblari tomonidan taklif qilingan nochiziqli algoritm tasvirlarni tozalashda yangi yo'nalish ochdi. Tomasi va Manduchi tomonidan ishlab chiqilgan Bilateral filtr chekka detallarni saqlash bilan birga samarali shovqin kamaytirishni ta'minlaydi. O'zbekiston Respublikasining axborot texnologiyalari sohasidagi qonunchilik bazasi zamonaviy texnologiyalarni qo'llash uchun huquqiy asosni yaratadi.

2. MATERIAL VA USULLAR (MATERIALS AND METHODS)

Raqamli tasvir ikki o'lchovli diskret funksiya ko'rinishida ifodalangan ma'lumot bo'lib, piksellardan tashkil topgan: $I(x,y): \{0,1,...,M-1\} \times \{0,1,...,N-1\} \rightarrow \{0,1,...,255\}$. Bu yerda M va N tasvirning o'lchamlari, (x,y) pikselning koordinatalari, $I(x,y)$ esa pikselning intensivlik qiymatidir. Kulrang tasvirlarda bu qiymat 0 (qora) dan 255 (oq) gacha bo'ladi.

Tadqiqotda uchta asosiy shovqin turi ko'rib chiqildi. Gauss shovqini kamera sensorlarining isishi natijasida paydo bo'ladi va normal taqsimot qonuniga bo'ysunadi: $p(z) = (1/\sqrt{2\pi\sigma^2}) \exp(-(z-\mu)^2/2\sigma^2)$, bu yerda μ o'rtacha qiymat, σ standart og'ish. Salt & Pepper shovqini tasodifiy piksellarni qora (0) yoki oq (255) rangga o'zgartiradi va ma'lumot uzatishda xatolar tufayli yuzaga keladi. Speckle shovqini ultratovush yoki radar tasvirlarida ko'proq uchraydi va multiplikativ xususiyatga ega.

Sifat baholash uchun uchta asosiy mezon ishlatildi. PSNR (Peak Signal-to-Noise Ratio) signal va shovqin nisbatini detsibellarda ifodalaydi: $PSNR = 10 \log_{10}(MAX^2/MSE)$, bu yerda $MAX = 255$ (8-bitli tasvirlar uchun). MSE (Mean Square Error) asl va qayta ishlangan tasvir orasidagi o'rtacha kvadratik xatoni ko'rsatadi: $MSE = (1/MN) \sum_i \sum_j [I(i,j) - K(i,j)]^2$. SSIM (Structural Similarity Index) ikkita tasvirning strukturaviy o'xshashligini 0 dan 1 gacha shkalada baholaydi.

To'rt xil filtrlash usuli qo'llanildi. Gauss filtri Gauss funksiyasi asosida qurilgan yadro bilan tasvirni konvolyutsiya qiladi: $G(x,y) = (1/2\pi\sigma^2) \exp(-(x^2+y^2)/2\sigma^2)$, va har bir piksel atrofida piksellarning og'irlikli o'rtachasini hisoblaydi. Median filtri nochiziqli filtr bo'lib, har bir pikselning qiymati uning atrofida piksellarning medianasi bilan almashtiriladi: $I_{\text{filtered}}(x,y) = \text{median}\{I(x+i, y+j) \mid (i,j) \in W\}$, bu yerda W deraza o'lchami (masalan, 3×3 yoki 5×5). Bilateral filtri bir vaqtning o'zida ikkita omilni hisobga oladi: $BF[I]_p = (1/W_p) \sum_{q \in S} G_{\sigma_s}(\|p-q\|) G_{\sigma_r}(\|I_p -$

Iq]) Iq, bu yerda $G\sigma_s$ fazoviy komponent, $G\sigma_r$ intensivlik farqi komponenti. Wavelet Transform asosidagi filtrlashda tasvir turli chastota darajalariga ajratiladi: $W(a,b) = (1/\sqrt{a}) \int f(t)\psi((t-b)/a)dt$, va yuqori chastotali komponentlarda shovqin maxsus threshold orqali kamaytiriladi.

Tadqiqot uchun quyidagi standart test tasvirlari tanlandi: Lena (512×512), Cameraman (256×256), Peppers (512×512). Dasturiy ta'minot sifatida Python 3.8, OpenCV 4.5, NumPy 1.21, SciPy 1.7, PyWavelets 1.1 ishlatildi. Har bir tasvir uchun turli darajadagi shovqinlar qo'shildi va barcha filtrlar qo'llanildi. Har bir eksperiment 10 marta takrorlandi va o'rtacha natijalar hisoblandi.

3. NATIJALAR (RESULTS)

Lena tasviri ustida Gauss shovqini ($\sigma = 25$) qo'shilgan holda olingan natijalar 1-jadvalda keltirilgan.

1-jadval. Gauss shovqini uchun filtrlar samaradorligi

Filtr	PSNR (dB)	MSE	Ishlash vaqti (s)
Shovqinli tasvir	20.18	623.45	-
Gauss filtri	27.84	106.87	0.012
Median filtri	26.45	147.23	0.034
Bilateral filtri	29.67	70.15	0.421
Wavelet filtri	28.93	83.19	0.187

Natijalardan ko'rinib turibdiki, Gauss shovqini uchun Bilateral filtri eng yuqori PSNR ko'rsatkichini (29.67 dB) berdi, ammo ishlash vaqti eng uzoq bo'ldi (0.421 s). Gauss filtri eng tez ishladi (0.012 s), lekin sifat jihatidan Bilateral va Wavelet filtrlaridan past natija ko'rsatdi.

Cameraman tasviri ustida Salt & Pepper shovqini (10% zichligi) qo'shilgan holda olingan natijalar 2-jadvalda keltirilgan.

2-jadval. Salt & Pepper shovqini uchun filtrlar samaradorligi

Filtr	PSNR (dB)	MSE	Ishlash vaqti (s)
Shovqinli tasvir	15.34	1897.56	-
Gauss filtri	19.45	738.92	0.009
Median filtri	32.67	35.12	0.028
Bilateral filtri	24.18	248.45	0.356
Wavelet filtri	26.73	138.06	0.152

Bu natijalar butunlay boshqacha manzarani ko'rsatadi. Salt & Pepper shovqini uchun Median filtri aniq ustunlik qildi (32.67 dB) va Gauss filtri juda past natija berdi (19.45 dB).

Besh nafar mutaxassis tomonidan tasvirlarning sifati 10 ballik shkala bo'yicha baholandi. Natijalar 3-jadvalda keltirilgan.

3-jadval. Ekspertlar tomonidan vizual baholash (o'rtacha ball)

Filtr	Gauss shovqini	Salt & Pepper
Gauss filtri	7.2	4.1

Filtr	Gauss shovqini	Salt & Pepper
Median filtri	6.8	9.1
Bilateral filtri	8.6	7.3
Wavelet filtri	8.1	7.8

Vizual baholash miqdoriy natijalarni tasdiqladi: Gauss shovqini uchun Bilateral filtri (8.6 ball), Salt & Pepper uchun Median filtri (9.1 ball) eng yuqori baholarga sazovor bo'ldi.

Peppers tasviri ustida turli darajadagi Gauss shovqini ($\sigma = 10, 25, 50$) qo'shilgan holda Bilateral filtringing ishlashi tekshirildi.

4-jadval. Bilateral filtringing turli shovqin darajalaridagi natijalari

σ (shovqin darajasi)	PSNR kirish (dB)	PSNR chiqish (dB)	Yaxshilanish (dB)
10	28.13	34.52	6.39
25	20.17	29.84	9.67
50	14.15	24.36	10.21

Natijalar shuni ko'rsatdiki, shovqin darajasi oshgan sari Bilateral filtringing samaradorligi (mutlaq yaxshilanish dB da) ortadi.

4. MUHOKAMA (DISCUSSION)

Olib borilgan tadqiqot natijalari shuni aniq ko'rsatdiki, tasvirlarni shovqindan tozalashda universal yechim mavjud emas. Har bir filtr ma'lum shovqin turiga moslashgan va o'zining afzalliklari hamda kamchiliklariga ega. Gauss shovqini uchun Bilateral filtri eng yaxshi natija berdi (29.67 dB). Bu filtring chekka detallarni saqlash bilan birga samarali shovqin kamaytirishni ta'minlashi bilan izohlanadi. Ammo Bilateral filtringing murakkab hisob-kitoblari uning sekin ishlashiga olib keladi (0.421 s). Agar real-time qayta ishlash talab qilinsa, Gauss filtri (0.012 s) yoki Wavelet filtri (0.187 s) maqbul tanlov bo'lishi mumkin.

Salt & Pepper shovqini uchun Median filtringing ustunligi (32.67 dB) uning noxiziqli tabiati bilan bog'liq. Median filtri ekstremum qiymatlarni (0 va 255) samarali bartaraf etadi va asl piksel qiymatlarini yaxshi saqlaydi. Chiziqli filtrlar (Gauss) bu turdagi shovqinni "yoyib yuboradi" va natijada past natija beradi.

Tadqiqot natijalari asosida turli amaliy vaziyatlar uchun quyidagi tavsiyalar beriladi. Tibbiy tasvirlar (MRI, CT, rentgen) uchun Wavelet yoki Bilateral filtrlaridan foydalanish tavsiya etiladi, chunki bu sohalarida detallarni yo'qotmaslik juda muhim va tashxis to'g'riligi bevosita tasvir sifatiga bog'liq. Sun'iy yo'ldosh tasvirlari uchun Wavelet filtri eng maqbul tanlov, chunki u turli chastota diapazonlarida shovqinni moslashuvchan tarzda kamaytiradi va geografik detallarni saqlaydi. Xavfsizlik kameralari uchun real-time qayta ishlash talab qilingani uchun tez ishlaydigan Gauss filtri yoki GPU-da optimallashtirilgan Bilateral filtri ishlatilishi mumkin, agar Salt & Pepper shovqini ustunlik qilsa, Median filtri afzalroq. Mobil ilovalar uchun qurilma resurslarini hisobga olgan holda Gauss yoki Median filtrlaridan foydalanish mantiqiy, zamonaviy smartfonlar uchun optimallashtirilgan Bilateral filtri ham qo'llanilishi mumkin.

Ushbu tadqiqotning ba'zi cheklovlari mavjud. Faqat kulrang tasvirlar ko'rib chiqildi, rangli tasvirlar uchun qo'shimcha tadqiqotlar zarur. Shuningdek, faqat ikkita asosiy shovqin turi (Gauss va Salt & Pepper) sinaldi, boshqa shovqin turlari (Speckle, Poisson) kelajakda

tekshirilishi kerak. Kelajakdagi tadqiqotlarda gibrid usullar (bir necha filtrlarni ketma-ket qo'llash), chuqur o'rganish (deep learning) asosidagi zamonaviy usullar va real-time tizimlar uchun GPU-accelerated algoritmlarni taqqoslash rejalashtirilamoqda.

5. XULOSA (CONCLUSION)

Ushbu tadqiqotda raqamli tasvirlarni shovqindan tozalashning to'rt xil usuli - Gauss, Median, Bilateral va Wavelet filtrlari - keng qamrovli taqqoslandi. Eksperimental natijalar quyidagi asosiy xulosalarni berdi:

Gauss shovqini uchun Bilateral filtri eng yuqori sifat ko'rsatkichlarini (PSNR = 29.67 dB) beradi, ammo hisoblash murakkabligi yuqori. Tezlik muhim bo'lgan holatlarda Wavelet filtri (28.93 dB, 0.187 s) yaxshi murosaga erishadi.

Salt & Pepper shovqini uchun Median filtri aniq eng yaxshi tanlov (PSNR = 32.67 dB) bo'lib, u tez ishlaydi va chekka detallarni yaxshi saqlaydi.

Universal filtr mavjud emas - har bir amaliy vaziyat uchun shovqin turi, tezlik talablari va sifat mezonlarini hisobga olgan holda maqbul yechim tanlanishi kerak.

Zamonaviy amaliy tizimlarda gibrid yondashuvlar (shovqin turini avtomatik aniqlash va tegishli filtrni qo'llash) kelajakdagi tadqiqotlar yo'nalishi bo'lishi mumkin.

Tadqiqot natijalari tibbiyot, xavfsizlik, sun'iy yo'ldosh monitoringi va boshqa sohalarda tasvirlarni qayta ishlash tizimlarini loyihalashda amaliy qo'llanilishi mumkin.

Adabiyotlar, References, Литературы:

1. Gonzalez R.C., Woods R.E. Digital Image Processing. 4th Edition. Pearson, 2018. 1168 p.
2. Buades A., Coll B., Morel J.M. A non-local algorithm for image denoising // IEEE Computer Vision and Pattern Recognition. 2005. Vol. 2. P. 60-65.
3. Tomasi C., Manduchi R. Bilateral filtering for gray and color images // Sixth International Conference on Computer Vision. 1998. P. 839-846.
4. O'zbekiston Respublikasining "Axborot texnologiyalari va kommunikatsiyalar to'g'risida"gi Qonuni. Toshkent, 2020.
5. Zhang K., Zuo W., Chen Y., Meng D., Zhang L. Beyond a Gaussian Denoiser: Residual Learning of Deep CNN for Image Denoising // IEEE Transactions on Image Processing. 2017. Vol. 26. No. 7. P. 3142-3155.
6. Dabov K., Foi A., Katkovnik V., Egiazarian K. Image denoising by sparse 3-D transform-domain collaborative filtering // IEEE Transactions on Image Processing. 2007. Vol. 16. No. 8. P. 2080-2095.