TASVIR SIFATINI BAHOLASH VA TUZ-MURCH SHOVQININI YO'QOTISH BO'YICHA ZAMONAVIY YONDASHUVLAR

Sultanov Djamshid Baxodirovich[1], Qodirov Raximjon Rasuljon o'g'li[2]

[1]Muhammad al-Xorazmiy nomidagi TATU, Texnika fanlari doktori, dotsent
[2]Muhammad al-Xorazmiy nomidagi TATU, tayanch doktorant
Email: Rahimjonqodirov1997uzbek@gmail.com

K E Y W O R D S

Baholash parametrlari, Tuz va murch shovqini, Impuls shovqini, MSE, RMSE, PSNR, SSIM, IEF

A B S T R A C T

Tasvirlar nosoz yoki past sifatli qurilmalarda olinganda yoki uzoq masofalarga uzatilish jarayonida impulsli shovqin ta'siriga uchrashi mumkin. Shu sababli bunday shovqinlarni kamaytirish va tasvir sifatini tiklash bo'yicha turli usullar taklif etilmoqda. Har bir yondashuvning o'ziga xos ustunliklari bilan bir qatorda, ayrim cheklovlari ham mavjud. Shuningdek, ushbu maqolada turli shovqinni bartaraf etish usullarining samaradorligi keng doiradagi shovqin zichliklari uchun tahlil qilinadi. Tahlil jarayonida Signal va shovqin o'rtasidagi cho'qqi nisbat (PSNR) hamda Tuzilmaviy o'xshashlik indeksi (SSIM) kabi sifat ko'rsatkichlari qo'llanildi.

Kirish

Impulsli shovqinni aniqlashda odatda tasvirdagi g'ayritabiiy ravishda yorqin yoki qorong'i piksel nuqtalari kuzatiladi. 8-bitli tasvirlarda bunday piksel qiymatlari 0 va 255 oralig'ida bo'lib, mos ravishda eng past va eng yuqori yorqinlik darajasini bildiradi. Ushbu turdagi shovqinlarni bartaraf etish uchun turli tasvirni qayta ishlash usullari ishlab chiqilgan bo'lib, bu jarayon ilmiy adabiyotlarda shovqindan tozalash deb ataladi.

So'nggi yillarda *"tuz va murch"* turidagi impulsli shovqinlar ta'siriga uchragan tasvirlarni tiklash bo'yicha ko'plab ilg'or filtratsiya yondashuvlari taklif etilgan. Ushbu tadqiqotning asosiy maqsadi turli xil shovqindan tozalash filtrlari haqida umumlashtirilgan bilim berish va ularning shovqindan tozalagandan keying baholash holatlarini o'rganishdan iboratdir.

1. Baholash parametrlari

Tasvirlarni shovqindan tozalash jarayonida turli filtrlarning samaradorligini baholash uchun bir nechta sifat ko'rsatkichlari (quality assessment metrics) qo'llaniladi. Umuman olganda, bu ko'rsatkichlar *subyektiv* va *miqdoriy* turlarga bo'linadi. *Subyektiv baholash* inson ko'zining tasvirdagi tuzilma va shakl elementlarini farqlash qobiliyatiga asoslanadi. Bu yondashuv tasvirning vizual sifatini inson sezgisi orqali aniqlash imkonini beradi. *Miqdoriy* baholash esa matematik ifodalar yordamida tasvir sifatini aniq raqamli qiymatlar asosida o'lchaydi. Ushbu yondashuv amaliy jihatdan sodda, takrorlanuvchan va turli filtrlar samaradorligini bir xil mezon asosida taqqoslash imkonini beradi. Bunda maxsus matematik formulalar yordamida shovqinli va shovqindan tozalangan tasvirning asl tasvirdan og'ish darajasi hisoblab chiqiladi. Quyida bir nechta baxolash turlari ko'rib chiqilgan:

O'rtacha kvadratik xato (MSE) bu asl tasvir va qayta ishlangan tasvir piksel qiymatlari o'rtasidagi farqning kvadratlari o'rtachasini ifodalovchi miqdoriy ko'rsatkichdir. Ushbu ko'rsatkich qayta ishlash jarayonida yuzaga kelgan umumiy xatolik darajasini aniqlashga xizmat qiladi. Ya'ni MSE qiymati asl tasvirdagi har bir pikselning intensivlik qiymati bilan qayta ishlangan tasvirdagi mos piksel qiymati orasidagi farqni hisoblab, ularning kvadratlarini yig'indisini o'rtacha shaklda ifodalaydi. MSE qancha kichik bo'lsa, tasvirni qayta tiklash sifati shuncha yuqori bo'ladi. O'rtacha kvadratik xato quyidagi (1) matematik ifoda orqali aniqlanadi:

$$MSE = \frac{1}{M*N} \sum_{i=1}^{M} \sum_{j=1}^{N} [I(i,j) - K(i,j)]^2 \quad (1)$$

Bu yerda:

©Dj.B. Sultanov, R.R. Qodirov

- *M va N - tasvirning o'lchamlari (qator va ustunlar soni),*
- $I(i,j)$ *- asl tasvirdagi piksel qiymati,*
- $K(i,j)$ *- qayta ishlangan tasvirdagi mos piksel qiymati.*

Ildizli o'rtacha kvadratik xato (RMSE) bu haqiqiy va tiklangan piksel qiymatlari orasidagi farqlarning kvadratlari o'rtachasining ildizini olish orqali aniqlanadigan o'lchovdir. Boshqacha aytganda, u o'rtacha kvadratik xatoning kvadrat ildizini hisoblash yo'li bilan ham topiladi. U quyidagi (2) matematik ifoda orqali aniqlanadi:

$$RMSE = \sqrt{\frac{1}{M*N}\sum_{i=1}^{M}\sum_{j=1}^{N}[I(i,j)-K(i,j)]^2} \quad (2)$$

Signal va shovqin quvvatlarining maksimal nisbati (PSNR). Signalning eng yuqori mumkin bo'lgan quvvati bilan tasvirdagi shovqin sababli yuzaga keladigan buzilish quvvatining nisbati *PSNR* deb ataladi. Bu ko'rsatkich odatda tasvirni tiklash usullarining aniqligini baholashda qo'llaniladi. PSNR inson ko'zi tomonidan tiklangan tasvir sifatini qanday qabul qilishini taxminiy tarzda ifodalovchi miqdor sifatida ham talqin qilinadi. PSNR ning *desibel (dB)* dagi matematik ifodasi (3) formula orqali aniqlanadi:

$$PSNR = 10\,log_{10}(\frac{MAX^2}{MSE}) \quad (3)$$

Bu yerda MSE — o'rtacha kvadratik xato, MAX esa — signalning maksimal qiymatini bildiradi.

Tuzilma o'xshashlik indeksi (SSIM) ko'rsatkichi qayta tiklangan yoki qayta ishlangan tasvir bilan asl tasvir o'rtasidagi tuzilma jihatidan o'xshashlik darajasini aniqlash uchun qo'llaniladi. Ushbu indeks tasvir sifatini baholashda asl (ya'ni siqilmagan) tasvirni etalon sifatida qabul qilib, unga nisbatan solishtirish orqali aniqlanadi.

$$SSIM(x,y) = \frac{(2\mu_x\mu_y+C_1)(2\sigma_{xy}+C_2)}{(\mu_x{}^2+\mu_y{}^2+C_1)(\sigma_x{}^2+\sigma_y{}^2+C_2)} \quad (4)$$

Bu yerda μ_x va μ_y mos ravishda x va y yo'nalishlaridagi o'rtacha qiymatlar, σ_x va σ_y esa ularning standart og'ishlarini bildiradi. Shuningdek, C_1 va C_2 doimiy qiymatlar shunday tanlanadiki, SSIM ko'rsatkichining eng yuqori qiymati 1, eng past qiymati esa 0 bo'ladi.

Tasvirni yaxshilash koeffitsienti (IEF) - bu (5)-formula orqali ifodalanganidek, asl va buzilgan tasvir o'rtasidagi o'rtacha kvadratik xatolik qiymatining asl va tiklangan tasvir o'rtasidagi o'rtacha kvadratik xatolikga nisbati sifatida aniqlanadi. Ushbu ko'rsatkich shovqindan tozalangan tasvir sifatining yaxshilanish darajasini *aniq baholash* uchun qo'llaniladigan samarali mezon hisoblanadi.

$$IEF = \frac{\sum_{i=1}^{M}\sum_{j=1}^{N}(\hat{y}_{i,j}-x_{i,j})^2}{\sum_{i=1}^{M}\sum_{j=1}^{N}(y_{i,j}-x_{i,j})^2} \quad (5)$$

(3) dan (5) gacha bo'lgan formulalarda ishlatilgan belgilarning izohi:

- M, N - tasvirning o'lchamlari (eni va bo'yi);
- $x_{i,j}$ - hech qanday shovqin kiritilmagan, asl tasvir piksellari;
- $y_{i,j}$ - shovqindan tozalangan (de-noise qilingan) tasvir piksellari;
- $\hat{y}_{i,j}$ - shovqin ta'siriga uchragan (buzilgan) tasvir piksellari;
- Max - tasvirdagi piksellar uchun ruxsat etilgan eng katta qiymatni aniqlovchi funksiya.

Ushbu maqola asosan impuls shovqining xususiy holi bo'lga *Tuz va Murch* shovqini va uni bartaraf etish usullarini o'rganishga bag'ishlangan. Bu shovqini ba'zan *ma'lumot yo'qotish shovqini* deb ham ataladi, chunki u statistik jihatdan tasvirdagi ayrim piksellar yorqinligini eng yuqori yoki eng past qiymatga o'zgartiradi. Shu sababli u ko'pincha "Tuz va murch shovqini" (Salt and Pepper Noise) nomi bilan ham tanilgan. Quyida bu shovqinini bartaraf etish bo'yicha turli olimlar tomonidan taklif etilgan samarali usullar tahlil qilinadi va ularning natijalari muhokama qilinadi.

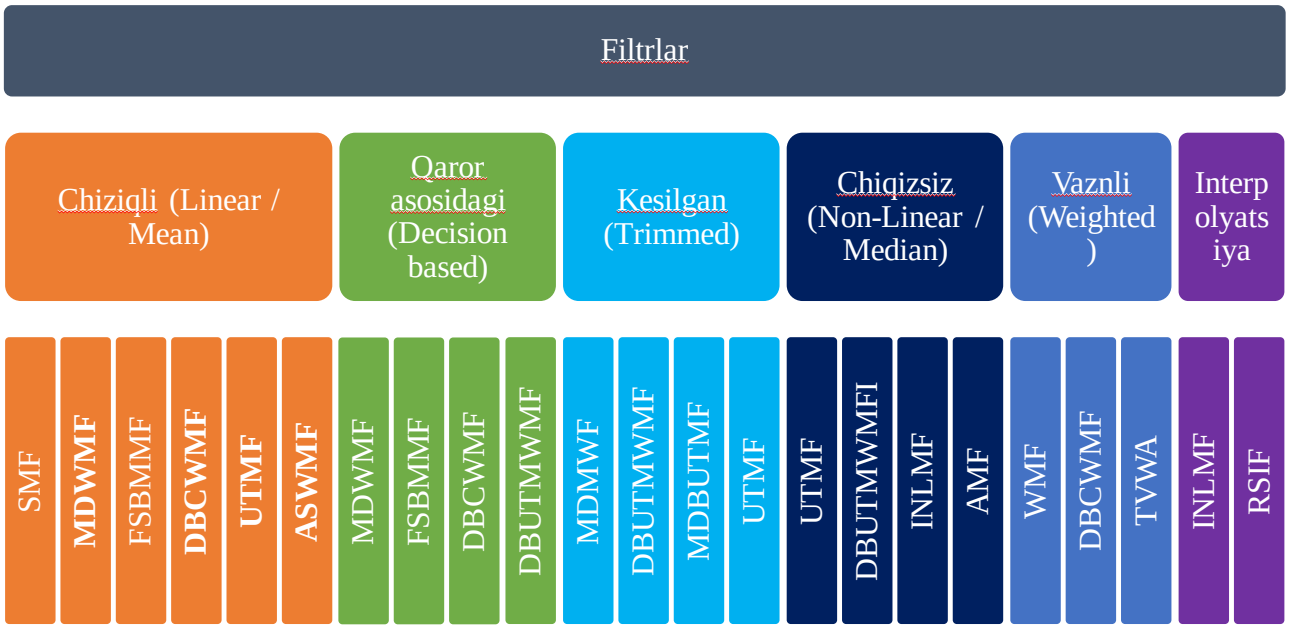
2. Tuz va murch shovqinini olib tashlash filtrlari

Umumiy tavsif. "Oyna" yoki "yadro" atamasi, belgilangan o'lchamdagi piksel atrofidagi qo'shni hududni ifodalaydi. Filtrlash jarayonida odatda 3×3, 5×5 va 7×7 o'lchamdagi oynalar ishlatiladi. Shovqinni kamaytirishda oyna kattaligi ortishi bilan shovqin ta'siri pasayadi, ammo

©Dj.B. Sultanov, R.R. Qodirov

tasvirning muhim xususiyatlari yo'qolishi ehtimoli mavjud. Kam zichlikdagi shovqin holatlarida kichik oyna samaraliroq bo'lsa, yuqori zichlikdagi shovqinlarda katta oyna yaxshiroq natija beradi, lekin bu tasvirning biroz xiralashishiga olib keladi.

Filtrlash - tasvir sifatini yaxshilash uchun qo'llaniladigan usuldir. Ushbu jarayonda, tiklangan tasvirdagi har bir piksel qiymati *shovqinli piksel va uning qo'shnilariga* nisbatan bajariladigan ma'lum operatsiyalar orqali hisoblanadi. Tasvirni filtrlashda qo'llaniladigan asosiy operatsiyalar qatoriga *silliqlashtirish (smoothing), keskinlashtirish (sharpening) va qirra kuchaytirish (edge enhancement)* kiradi. Tuz va murch shovqinini bartaraf etishga mo'ljallangan turli filtrlash usullari quyidagi rasmda tasvirlangan:



1-rasm. Tuz va murch shovqinini bartaraf etish filtrlarining tasnifi

Chiziqli filtrlash usullari. Ushbu filtrlash texnikalarida tiklangan piksel qiymati, shovqinli piksel atrofidagi belgilangan o'lchamdagi oynadagi piksel qiymatlarining chiziqli kombinatsiyasi sifatida hisoblanadi. Bunday usullar odatda xiralashish (blurring) effektini keltirib chiqaradi va signalga bog'liq shovqinlarni bartaraf etishda samaradorligi past bo'ladi. Eng keng tarqalgan chiziqli filtr turi — quyida batafsil tushuntirilgan o'rtacha (mean) yoki averaging filtr hisoblanadi.

1-jadval.

Chiziqli filtrlash usullarining umumiy tavsifi

Filtr turi	To'liq nomi	Qisqacha izoh	Yadrosi/tarkibi
SMF	Standard Median Filter	Har bir pikselni uning qo'shnilarining median qiymati bilan almashtiradi	3×3, 5×5 va hokazo
MDWMF	Modified Decision Based Weighted Median Filter	Tuz-murch nuqtalarini aniqlab, og'irlik berilgan median bilan almashtiradi	Adaptiv 3×3 yoki 5×5
FSBMMF	Fuzzy Switching Based Modified Median Filter	Fuzzy qoidalar asosida shovqinli piksellarni median bilan almashtiradi	Adaptiv yadrolar
DBCWMF	Decision Based Cascading Weighted Median Filter	Qadamli median filtrlar ketma-ketligi, qaror qabul qilish bilan	Ketma-ket 3×3/5×5 medianlar

©Dj.B. Sultanov, R.R. Qodirov

UTMF	Unsharp Truncated Median Filter	Median filtrni qo‘llab, ekstremal qiymatlarni cheklaydi	3×3 yoki 5×5
ASWMF	Adaptive Switching Weighted Median Filter	Shovqin darajasiga qarab median va og‘irlikli medianni tanlaydi	Adaptiv yadrolar

Chiziqsiz filtrlash usullari. Bir nechta chiziqsiz filtrlash usullari [2–12, 15, 16] chiziqli filtrlardan yuqori samaradorlik ko‘rsatish va ularning cheklovlarini bartaraf etish maqsadida ishlab chiqilgan. Nomidan ham ko‘rinib turibdiki, ushbu turdagi filtrlarda superpozitsiya prinsipi qo‘llanilmaydi. Ushbu bo‘limda adabiyotlarda mavjud bo‘lgan turli chiziqsiz filtrlash usullarining keng qamrovli tahlili taqdim etiladi.

2-jadval.

Chiziqsiz filtrlash usullarining umumiy tavsifi

Filtr turi	To‘liq nomi	Qisqacha izoh	Yadrosi/tarkibi / Printsipi
UTMP	Unsharp Truncated Median Filter with Preprocessing	Median filtrni qo‘llab, ekstremal qiymatlar (0 yoki 255) ni cheklaydi va unsharp (nozik detallari saqlash) preprocessing qiladi	3×3 yoki 5×5 median yadrosi, ekstremal qiymatlar truncation bilan
DBUTMWMF	Decision Based Unsharp Truncated Median Weighted Median Filter	Shovqinli piksellarni aniqlab, ularni weighted median bilan almashtiradi, qadamli qaror qabul qilish (decision based)	Adaptiv 3×3/5×5 median + weighted median ketma-ketligi
INLMF	Improved Non-Linear Median Filter	Oddiy median filtrning yaxshilangan varianti, shovqinli piksellarni median yoki og‘irlikli median bilan almashtiradi, detalni saqlaydi	3×3 yoki 5×5 median yadrosi, shovqin identifikatsiyasi bilan
AMF	Adaptive Median Filter	Piksellar shovqin darajasiga qarab median yadrosini o‘zgartiradi (kattalashadi), ekstremal qiymatlarni olib tashlaydi	Adaptiv yadrolar, boshlang‘ich 3×3, zarurat bo‘lsa kengaytirish

Qaror asosidagi algoritmlar. Yuqori shovqin zichligida, buzilgan markaziy piksel qiymati shovqinsiz qo‘shni piksel qiymati bilan almashtiriladi. Shu bilan birga, qo‘shni piksel bilan takroriy almashtirish jarayonida streyk effekti (streaking effect) yuzaga kelishi mumkin [3-4, 7, 14].

Moslashuvchan filtrlash. Nomidan ko‘rinib turibdiki, ushbu turdagi filtrlash usullarining [1, 2, 8, 9, 11, 13, 17] xatti-harakati tasvir va filtr

©Dj.B. Sultanov, R.R. Qodirov

hududining statistik xususiyatlariga qarab o‘zgaradi. Moslashuvchan filtrlashni amalga oshirish murakkab bo‘lsa-da, u boshqa filtrlar bilan solishtirganda yuqori samaradorlik ko‘rsatadi. Ushbu shovqinni kamaytirish algoritmi quyidagi bosqichlardan iborat:

1. Tahlil (Analysis): Ushbu bosqichda tasvirdagi o‘xshash bloklar guruhlarga ajratiladi.
2. Qayta ishlash (Processing): Olingan guruhlar thresholding orqali filtrlashdan o‘tkaziladi.
3. Sintez (Synthesis): Filtrlashdan o‘tgan bloklar yordamida yakuniy tasvir tiklanadi, bunda bloklar ustida bajarilgan operatsiyalar natijasi hisobga olinadi.

Kombinatsiyalangan filtrlash. Ushbu filtrlar chiziqli va chiziqsiz usullarni birlashtirib, shovqinli piksel qiymatlarini tiklashga xizmat qiladi. Filtrlash jarayonida, shovqin zichligi yoki ishlov berilayotgan oynada shovqinsiz piksel mavjudligiga qarab, ular chiziqli yondashuv (masalan, o‘rtacha qiymat, interpolatsiya) yoki chiziqsiz yondashuv (masalan, median filtr) usullaridan birini tanlaydi. Quyidagi kichik bo‘limlarda so‘nggi yillarda taklif qilingan turli kombinatsiyalangan filtrlash usullari batafsil tahlil qilinadi.

Xulosa

Ushbu maqolada tuz va murch shovqinini bartaraf etish bo‘yicha zamonaviy usullar va ularning solishtirma tahlili keltirilgan. Maqola orqali turli shovqin turlarini aniqlash va ularni bartaraf etish uchun ishlatiladigan filtrlash texnikalarini ularning asosiy algoritmlariga ko‘ra tasniflash imkoniga ega bo‘ladi. Turli filtrlarning xususiyatlari jadval shaklida keltirilgan bo‘lib, tezkor solishtirma tahlilni amalga oshirishga yordam beradi. Xususan filtrlangan tasvirlarning qanday darajada shovqinlardan bartaraf etilganlik darajasini aniqlash uchun baholash parametrlari ham o’rganildi.

Kelajakdagi ishlar bu algoritmlarni real hayotiy ilovalarda qo‘llash, jumladan, chuqurlik effekti bilan tasvirlarni filtrlash kabi masalalarni o‘z ichiga oladi. Shuningdek, algoritmlarni tezlik va xotira samaradorligi nuqtai nazaridan optimallashtirish ham muhim hisoblanadi.

Adabiyotlar ro‘yxati

1. Ahmed F, Das S (2013) Removal of high-density salt-and-pepper noise in images with an iterative adaptive fuzzy filter using alpha-trimmed mean. IEEE Trans Fuzzy Syst 22(5):1352–1358
2. Balasubramanian G, Chilambuchelvan A, Vijayan S, Gowrison G (2016) An extremely fast adaptive high-performance filter to remove salt and pepper noise using overlapping medians in images. Imaging Sci J 64(5):241–252
3. Balasubramanian G, Chilambuchelvan A, Vijayan S, Gowrison G (2016) Probabilistic decision based filter to remove impulse noise using patch else trimmed median. AEU Int J Electron Commun 70(4):471-481
4. Bhadouria VS, Ghoshal D, Siddiqi AH (2014) A new approach for high density saturated impulse noise removal using decision-based coupled window median filter. Sig Image Video Process 8(1):71–84
5. Dong Y, Xu S (2007) A new directional weighted median filter for removal of random-valued impulse noise. IEEE Signal Process Lett 14(3):193–196
6. Erkan U, G¨okrem L, Engino˙glu S (2018) Different applied median filter in salt and pepper noise. Comput Electric Eng 70:789–798
7. Esakkirajan S, Veerakumar T, Subramanyam AN, PremChand C (2011) Removal of high density salt and pepper noise through modified decision based unsymmetric trimmed median filter. IEEE Signal Processing Letters 18(5):287–290
8. Faragallah OS, Ibrahem HM (2016) Adaptive switching weighted median filter framework for suppressing salt-and-pepper noise. AEU Int J Electron Commun 70(8):1034–1040
9. Hwang H, Haddad RA (1995) Adaptive median filters: new algorithms and results. IEEE Trans Image Process 4(4):499–502
10. Lu C-T, Chou T-C (2012) Denoising of salt-and-pepper noise corrupted image using modified directional-weighted-median filter. Pattern Recogn Lett 33(10):1287–1295
11. Meher SK, Singhawat B (2014) An improved recursive and adaptive median filter for high density impulse noise. AEU Int J Electron Commun 68(12):1173–1179

©Dj.B. Sultanov, R.R. Qodirov

12. Ng P.-E., Ma K.-K. (2006) A switching median filter with boundary discriminative noise detection for extremely corrupted images. IEEE Trans Image Process 15(6):1506–1516
13. Roy A, Laskar RH (2017) Non-casual linear prediction based adaptive filter for removal of high density impulse noise from color images. AEU Int J Electron Commun 72:114–124
14. Srinivasan K, Ebenezer D (2007) A new fast and efficient decision-based algorithm for removal of high-density impulse noises. IEEE Signal Process Lett 14(3):189–192
15. Vijaykumar V, Mari GS, Ebenezer D (2014) Fast switching based median–mean filter for high density salt and pepper noise removal. AEU Int J Electron Commun 68(12):1145–1155
16. Zhang S, Karim MA (2002) A new impulse detector for switching median filters. IEEE Signal Process Lett 9(11):360–363
17. Zhang P, Li F (2014) A new adaptive weighted mean filter for removing salt-and-pepper noise. IEEE Signal Process Lett 21(10):1280–1283

©Dj.B. Sultanov, R.R. Qodirov