

Generalized Varying Weight Trimmed Mean Filter

Boşcan Tiberiu-Ioan

1 Introducere

Generalized Varying Weight Trimmed Mean Filter (GVWTMF) este un algoritm de filtrare de tip trece-jos şi nonliniar. Acest filtru reprezintă o soluţie eficientă pentru îndepărtarea zgomotului aditiv, impulsiv sau a combinaţiilor dintre acestea din imagini, păstrând detalii importante precum contururile.

GVWTMF combină metode de filtrare care elimină eficient zgomotul impulsiv prin ignorarea pixelilor dintr-o fereastră cu valori foarte diferite faţă de valoarea mediană, similar filtrelor de tip trimmed mean (TM), cum ar fi α -TM şi MTM ([2]). În plus, algoritmul ajustează dinamic greutatea pixelilor în funcţie de diferenţele lor faţă de mediana ferestrei, asemenea filtrului VWTM (Varying Weight Trimmed Mean), introdus pentru prima dată în [3]. De asemenea, GVWTMF ia în considerare pixelul central, la fel ca filtrul GTMF (Generalized Trimmed Mean Filter), prezentat în acelaşi articol [1].

2 Mod de implementare

Implementarea filtrului Generalized Varying Weight Trimmed Mean (GVWTMF) presupune aplicarea unei ferestre glisante peste imagine, cu scopul de a calcula o valoare filtrată pentru fiecare pixel.

Procesul începe prin extinderea imaginii originale cu o margine pentru a permite aplicarea ferestrei pe toată suprafaţa imaginii fără pierderi. Fereastra de filtrare are o dimensiune predefinită şi se deplasează pixel cu pixel pe întreaga imagine.

Pentru fiecare poziţie a ferestrei:

1. Se extrage o zonă pătrată de dimensiune corespunzătoare ferestrei de filtrare.
2. Valorile pixelilor din această zonă sunt sortate pentru a determina valoarea mediană, ceea ce conferă algoritmului o complexitate de $O(n \log n)$.
3. Pixelii cu valori semnificativ diferite faţă de valoarea mediană sunt eliminaţi printr-un proces de tăiere(trimming), păstrându-se doar acei pixeli ale căror valori se încadrează într-un interval de toleranţă $[I_m - q, I_m + q]$.
4. Se calculează o nouă mediană pentru pixelii rămaşi.
5. Pentru calculul valorii finale a fiecărui pixel, se aplică o medie ponderată a pixelului central şi a celor din vecinătatea ferestrei de filtrare, conform formulei următoare:

$$F_c = \frac{(\beta + \alpha w(x_{cm}))I_c + \sum_{j=m-L}^{m+L} w(x_{jm})I_j}{(\beta + \alpha w(x_{cm})) + \sum_{j=m-L}^{m+L} w(x_{jm})} \quad (1)$$

În formulă, parametrii α şi β controlează contribuţia pixelului central, iar w reprezintă o funcţie de pondere care returnează un rezultat în intervalul $[0,1]$. Un exemplu de astfel de funcţie este:

$$w(x) = e^{-A\left(\frac{x}{x-1}\right)^2} \quad (2)$$

unde A este o constantă. În experimentele descrise în secţiunea 3, am folosit valoarea $A = 2$.

x_{jm} reprezintă diferența absolută dintre valoarea de intensitate I_j și valoarea mediană de intensitate I_m , având formula:

$$x_{jm} = \frac{|I_j - I_m|}{B} \quad (3)$$

Unde B este valoarea maximă a unui pixel pentru un anumit tip de imagine (de exemplu, $B = 255$).

3 Experimente

Experimentele au fost realizate pentru a compara performanțele filtrului GVWTM cu filtrele clasice de medie aritmetică și mediană. Testele s-au efectuat pe imagini color afectate de zgomot gaussian și impulsiv (salt and pepper). Analiza a inclus atât măsurători obiective (PSNR, SSIM), cât și observații subiective privind păstrarea detaliilor și reducerea artefactelor.

Setul de date utilizat pentru aceste experimente a inclus șapte imagini color RGB, naturale și digitale, cu rezoluții mici. Pentru primul experiment, fiecare imagine a fost afectată de zgomot gaussian cu deviație standard de 10, iar pentru zgomotul impulsiv s-a utilizat o intensitate de 10%. Imaginile au fost refiltrate o dată pentru un rezultat mai apropiat de imaginea inițială de cele mai multe ori.

Filtru	PSNR Gaussian	PSNR Impulsiv	SSIM Gaussian	SSIM Impulsiv
Fără Filtrare	28.7 ± 1.1	14.9 ± 0.8	0.60 ± 0.15	0.22 ± 0.12
Mean Filter	29.2 ± 4.2	22.3 ± 1.7	0.82 ± 0.08	0.41 ± 0.14
Median Filter	31.6 ± 5.0	32.1 ± 5.9	0.83 ± 0.04	0.94 ± 0.07
GVWTM Filter	31.7 ± 4.5	31.4 ± 4.7	0.83 ± 0.07	0.92 ± 0.06

Tabela 1: Graficul de comparație între PSNR și SSIM pentru cele trei filtre aplicate. 7 imagini de test cu zgomot gaussian cu deviație standard de 10, respectiv zgomot impulsiv cu intensitate de 10%

Tabela 1 confirmă că GVWTM reprezintă o soluție robustă pentru reducerea zgomotului, păstrând un echilibru între eliminarea artefactelor și conservarea detaliilor imaginii.

De asemenea, din punct de vedere subiectiv, GVWTM oferă un rezultat vizual echilibrat, menținând claritatea conturilor și păstrând structura vizuală generală mai bine decât filtrul de medie aritmetică și, uneori, decât filtrul median.

În Tabela 2, sunt prezentate rezultatele pentru un caz mai complex în care zgomotul gaussian și zgomotul impulsiv de tip salt and pepper au fost aplicate simultan. Aici, filtrul GVWTM demonstrează o performanță echilibrată, oferind valori PSNR și SSIM comparabile cu filtrul median.

Filtru	PSNR	SSIM
Fără Filtrare	14.8 ± 0.79	0.20 ± 0.13
Mean Filter	22.1 ± 1.84	0.41 ± 0.14
Mean Filter Refiltered	23.3 ± 2.47	0.51 ± 0.13
Median Filter	29.4 ± 3.84	0.79 ± 0.04
Median Filter Refiltered	30.2 ± 4.57	0.84 ± 0.05
GVWTM Filter	29.6 ± 3.70	0.80 ± 0.06
GVWTM Filter Refiltered	29.7 ± 4.31	0.84 ± 0.06

Tabela 2: Rezultate pentru imaginile de test cu zgomot gaussian cu deviație standard 10 și 10% zgomot impulsiv de tipul salt and pepper simultan și abateri standard pentru PSNR și SSIM.

Tabela 3 extinde analiza asupra zgomotelor de intensitate variabilă. S-au utilizat aceleași imagini testate anterior, dar zgomotul gaussian a fost aplicat cu deviații standard de 25, 50 și 100, iar zgomotul impulsiv a fost crescut treptat la 20%, 40% și 80% pentru copii a 3 dintre imagini. Rezultatele arată că GVWTM rămâne competitiv, mai ales în cazurile de zgomot moderat și ridicat, menținând valori PSNR și SSIM constante sau ușor superioare filtrului median în anumite scenarii. Filtrul de medie aritmetică continuă să fie dezavantajat în fața zgomotului impulsiv, având performanțe mult mai scăzute în comparație cu celelalte metode.

În urma experimentelor, am observat următoarele:

Filtru	PSNR Gaussian	PSNR Impulsiv	SSIM Gaussian	SSIM Impulsiv
No Denoising	21.12 ± 7.63	12.16 ± 3.01	0.42 ± 0.23	0.16 ± 0.12
Mean Filter	25.02 ± 5.47	19.23 ± 3.64	0.63 ± 0.21	0.34 ± 0.14
Mean Filter Refiltered	25.10 ± 4.98	20.35 ± 3.90	0.69 ± 0.19	0.43 ± 0.14
Median Filter	25.34 ± 7.23	25.01 ± 8.94	0.60 ± 0.24	0.73 ± 0.29
Median Filter Refiltered	26.24 ± 7.02	26.70 ± 8.26	0.66 ± 0.23	0.80 ± 0.21
GVWTM Filter	25.20 ± 7.56	24.60 ± 8.37	0.61 ± 0.26	0.72 ± 0.28
GVWTM Filter Refiltered	25.67 ± 6.94	25.81 ± 7.45	0.66 ± 0.24	0.79 ± 0.20

Tabela 3: Rezultate pentru 7 imagini cu zgomot gaussian cu deviatie standard 10, 3 din ele filtrate si cu 25, 50 si 100 si pentru aceleazi 7 imagini cu zgomot impulsiv de intensitate 10%, 3 dintre ele cu 20%, 40% si 80%.

- Filtrul GVWTM oferă rezultate vizuale similare cu filtrul median pentru imagini afectate de zgomot impulsiv, dar și aditiv. Totuși, în multe cazuri, GVWTM reușește să reducă mai eficient combinații de zgomot aditiv și impulsiv, ceea ce îl face subtil superior filtrului median în acest context.
- Filtrul de medie aritmetică oferă performanțe vizuale bune pentru zgomotul aditiv de tip gaussian, însă atât filtrul median, cât și GVWTM depășesc această abordare. Filtrul de medie aritmetică are rezultate foarte slabe pentru zgomotul impulsiv, întrucât nu poate elimina eficient valorile extrem de diferite, iar efectul de estompare (blur) devine predominant.
- Analiza măsurătorilor obiective arată că GVWTM are valori PSNR și SSIM mai mari în comparație cu filtrul de medie aritmetică pentru zgomot aditiv. Pentru zgomot impulsiv, GVWTM are performanțe foarte apropiate de filtrul median.

4 Concluzie

Filtrul GVWTM reprezintă o soluție echilibrată și eficientă pentru reducerea zgomotului din imagini, oferind performanțe comparabile cu filtrul median în termeni de PSNR, SSIM și calitate vizuală. Spre deosebire de filtrul de medie aritmetică, acesta elimină eficient zgomotul impulsiv fără a cauza estompare excesivă (blurring), fiind o alegere superioară pentru imagini afectate de zgomot aditiv sau impulsiv. Datorită stabilității și capacității sale de a păstra detaliile și structura vizuală, GVWTM se dovedește a fi o opțiune robustă pentru procesarea imaginilor afectate de zgomot.

Bibliografie

- [1] D. J. Kouri, M. M. Zhang, and D. S. Zhang. On a new nonlinear image filtering technique. In *2017 11th International Conference on Signal Processing and Communication Systems (ICSPCS)*, pages 1–5, 2017.
- [2] Y. Lee and S. Kassam. Generalized median filtering and related nonlinear filtering techniques. *IEEE Transactions on Acoustics, Speech, and Signal Processing*, 33(3):672–683, 1985.
- [3] D. Zhang and D. Kouri. Varying weight trimmed mean filter for the restoration of impulse noise corrupted images. In *Proceedings. (ICASSP '05). IEEE International Conference on Acoustics, Speech, and Signal Processing, 2005.*, volume 4, pages iv/137–iv/140 Vol. 4, 2005.