

Labolatorium PTI – ćwiczenie 3, przykład 1

Ekstrakcja informacji

Usuwanie szumu z obrazów filtrami falkowymi

1. Wstęp

Transformata falkowa posiada szerokie zastosowanie w dziedzinie przetwarzania sygnałów cyfrowych, w tym także obrazów. Częstotliwościowo-przestrzenna reprezentacja obrazu daje szereg możliwości w kontekście jego analizy i przekształceń, również tych mających na celu redukcję szumów.

Usuwanie szumów z obrazów w taki sposób by nie stracić istotnych informacji często stanowi bardzo trudne zadanie. Podczas stosowania tradycyjnych filtrów odszumiających krawędzie znajdujących się na obrazie obiektów ulegają rozmyciu a szczegóły zanikają co niekorzystnie wpływa na jakość obrazu. W niektórych dziedzinach takich jak obrazowanie medyczne niezwykle istotne jest by usunąć szum i jednocześnie zachować widoczne krawędzie i drobne struktury anatomiczne. Filtracja oparta o przekształcenia falkowe może stanowić rozwiązanie powyższego problemu.

2. Metody i opis eksperymentu

Postanowiono wstępnie sprawdzić skuteczność filtracji opartej o przekształcenia falkowe. Do analizy wybrano obraz medyczny (obraz T2-zależny z Rezonansu Magnetycznego

1. Wstęp

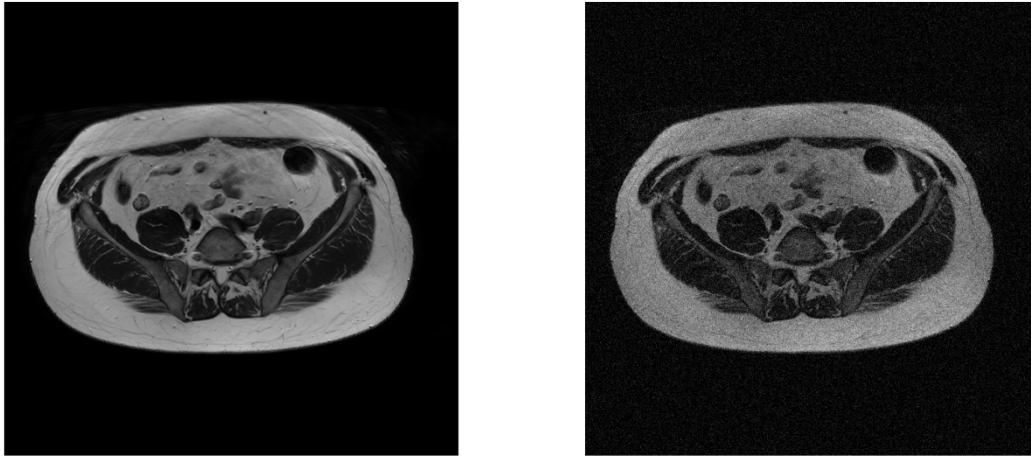
Transformata falkowa posiada szerokie zastosowanie w dziedzinie przetwarzania sygnałów cyfrowych, w tym także obrazów. Częstotliwościowo-przestrzenna reprezentacja obrazu daje szereg możliwości w kontekście jego analizy i przekształceń, również tych mających na celu redukcję szumów.

Usuwanie szumów z obrazów w taki sposób by nie stracić istotnych informacji często stanowi bardzo trudne zadanie. Podczas stosowania tradycyjnych filtrów odszumiających krawędzie znajdujących się na obrazie obiektów ulegają rozmyciu a szczegóły zanikają co niekorzystnie wpływa na jakość obrazu. W niektórych dziedzinach takich jak obrazowanie medyczne niezwykle istotne jest by usunąć szum i jednocześnie zachować widoczne krawędzie i drobne struktury anatomiczne. Filtracja oparta o przekształcenia falkowe może stanowić rozwiązanie powyższego problemu.

2. Metody i opis eksperymentu

Postanowiono wstępnie sprawdzić skuteczność filtracji opartej o przekształcenia falkowe. Do analizy wybrano obraz medyczny (obraz T2-zależny z Rezonansu Magnetycznego

prostaty), do którego następnie dodano szum Gaussa. Podczas realizacji eksperymentu korzystano z pakietu *Wavelet toolbox* programu Matlab.



Rysunek 1. Po lewej stronie obraz oryginalny, po prawej obraz zaszumiony

Zdecydowano się na porównanie filtracji z użyciem 5 różnych rodzin falek. Dla każdego rodzaju falek użyto falek różnych rzędów.

Wykonano dekompozycję falkową obrazu zaszumionego (*Multilevel 2-D wavelet decomposition*) funkcją *wavedec2.m*. Dla wszystkich eksperymentów ustalono dekompozycje do skali 5 (zgodnie z sugestią zawartą w dokumentacji programu Matlab, w artykule *Wavelet denoising*). Dla poszczególnych testów wybierano różne falki. Następnie użyto funkcji *wdencmp*, która usuwa szum z obrazu wykorzystując efekty dekompozycji falkowej.

Do eksperymentów wybrano następujące rodziny falek: Falki Daubechies, Coifelety, Symlety, filtry Fejer-Korovkina i falki biortogonalne. Dla każdej falki obliczono stosunek sygnału do szumu (SNR) i błąd średniokwadratowy (MSE). Poczyniono także własne, subiektywne obserwacje odnośnie jakości przetworzonych obrazów.

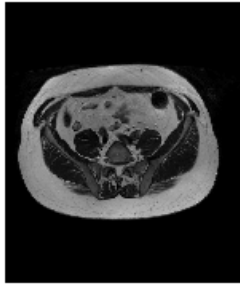
3. Wyniki eksperymentów

Wyniki eksperymentów zebrano w poniższej tabeli. W tabeli zamieszczono rodzaj użytej do usuwania szumu falki, wartości SNR i MSE. Dla obrazu zaszumionego szumem Gaussa SNR wyniósł **10,3** a MSE **2892,8**. Kolorem zielonym oznaczono rodzaj falki przy której uzyskano najmniejszy błąd MSE i najwyższy stosunek sygnału do szumu. Kolorem czerwonym natomiast oznaczono falkę przy której obliczone miary jakości przetwarzania były najmniej korzystne. Dodatkowo załączono przetworzone obrazy.

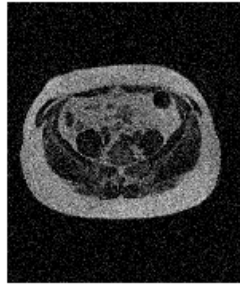
Tabela 1. Wyniki eksperymentów

rodzaj falki	rzęd	SNR	MSE
Daubechies	1	14,4	1135,1
	20	14,7	1056,3
	45	14,4	1125,9
Coifelet	1	15,0	977,7
	3	15,2	935,0
	5	15,2	932,2
Symlets	2	15,0	990,6
	10	15,2	945,7
	20	15,2	946,6
Fejer-Korovkin	4	14,7	1058,1
	14	15,0	984,7
	22	14,9	1005,9
Biorthogonal	1.1	14,4	1134,8
	3.5	16,2	749,9
	6.8	15,3	917,9

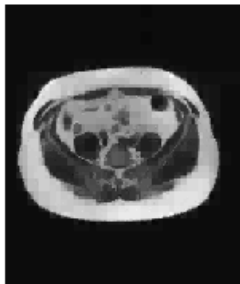
Obraz oryginalny



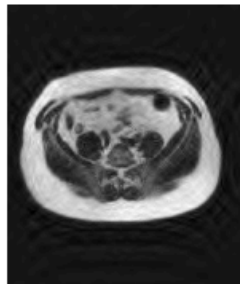
Obraz zaszumiony



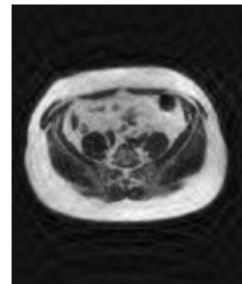
Daubechies 1



Daubechies 20

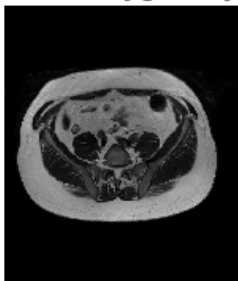


Daubechies 45

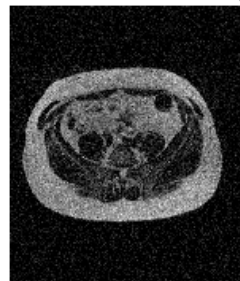


Rysunek 2. Efekty przetwarzania obrazu falkami Daubechies

Obraz oryginalny



Obraz zaszumiony



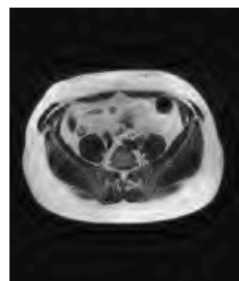
Coifelet 1



Coifelet 3

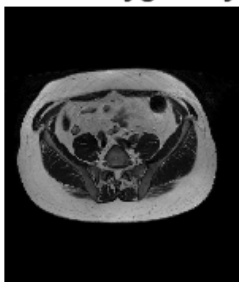


Coifelet 5

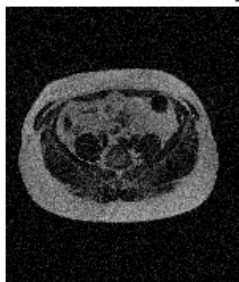


Rysunek 3. Efekty przetwarzania obrazu falkami Coifelet

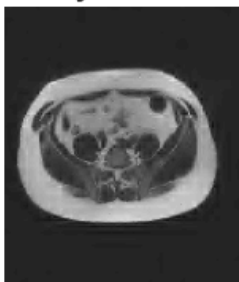
Obraz oryginalny



Obraz zaszumiony



Symlets 2



Symlets 10

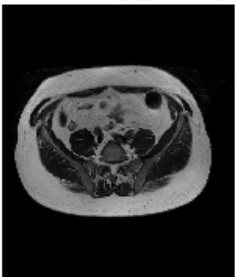


Symlets 20



Rysunek 4. Efekty przetwarzania obrazu falkami Symlet

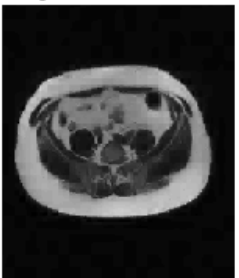
Obraz oryginalny



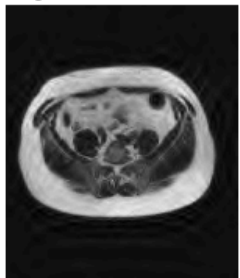
Obraz zaszumiony



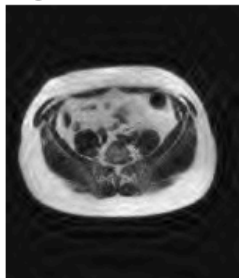
Fejer-Korovkin 4



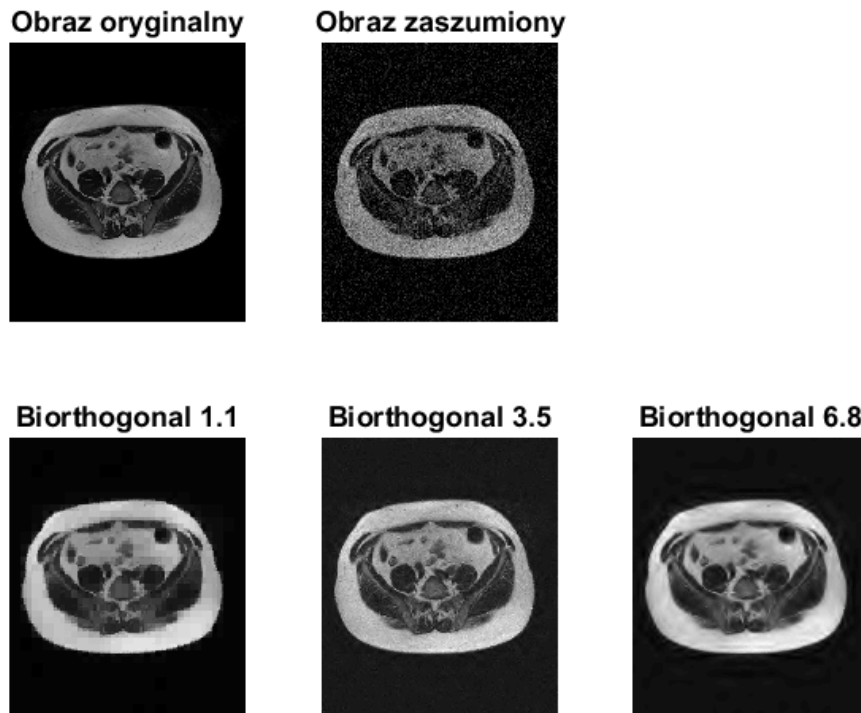
Fejer-Korovkin 14



Fejer-Korovkin 22



Rysunek 5. Efekty przetwarzania obrazu falkami Fejera-Korovkina



Rysunek 6. Efekty przetwarzania obrazu falkami biortogonalnymi

4. Obserwacje i wnioski

Metody bazujące na transformacji falkowej dobrze usuwają szum z obrazu. We wszystkich przypadkach stosunek sygnału do szumu znacznie się polepszył, a błąd zmalał. Co istotne krawędzie nie uległy rozmyciu a w większości przypadków nie doszło do utraty szczegółów obrazu. Jednak niektóre rodzaje falek wprowadziły do obrazu artefakty (np. Daubechies, Symlety czy Fejer-Korovkin rzędu 22). Najwyższe rzędy nie dawały też najlepszych rezultatów. Obserwacje i ocena wizualna znalazły odzwierciedlenie w wynikach liczbowych. Najgorsze efekty zauważono dla falek Daubechies. Falka Daubechies 1 (falka Haara) dała najgorsze rezultaty, obraz mimo usuniętego szumu, stał się nieczytelny i zbyt „uproszczony”. Obserwacje te znajdują potwierdzenie w teorii, falka Haara jest falką najprostszą, nieciągłą. Najlepsze efekty uzyskano dla falki biortogonalnej 3.5. Szum został usunięty, krawędzie nie uległy rozmyciu a szczegóły są bardzo dobrze widoczne. Ponadto nie widać większych artefaktów.

Podsumowując metody falkowe mogą potencjalnie być wykorzystywane do usuwania szumów z obrazów medycznych, na efekty ma wpływ dobór rodziny i rzędu falki. Dalszą poprawę efektów przetwarzania można prawdopodobnie uzyskać poprzez dalszą optymalizację parametrów przetwarzania (testy dla większej ilości rodzajów falek, różnych wartości parametru *level* itd.)

Kod źródłowy

```
im_org = imread('prostata2.png'); %obraz oryginalny
im_n = imnoise(im_org, 'gaussian', 0, 0.000001) ; %obraz zaszumiony

wname = 'rbio1.1'; %rodzaj falki
wname2 = 'rbio3.5';
wname3 = 'rbio6.8';
level = 5;
[C,S] = wavedec2(im_n,level,wname);
[C2,S2] = wavedec2(im_n,level,wname2);
[C3,S3] = wavedec2(im_n,level,wname3);

thr = wthrmngr('dw2ddenoLVL','penalhi',C,S,3);
thr2 = wthrmngr('dw2ddenoLVL','penalhi',C2,S2,3);
thr3 = wthrmngr('dw2ddenoLVL','penalhi',C3,S3,3);
sorgh = 's';
[XDEN,cfsDEN,dimCFS] = wdencmp('lvd',C,S,wname,level,thr,sorgh);
[XDEN2,cfsDEN,dimCFS] = wdencmp('lvd',C2,S2,wname2,level,thr2,sorgh);
[XDEN3,cfsDEN,dimCFS] = wdencmp('lvd',C3,S3,wname3,level,thr3,sorgh);

figure;
subplot(2,3,1);
imagesc(im_org); colormap gray; axis off;
title('Obraz oryginalny');
subplot(2,3,2);
imagesc(im_n); colormap gray; axis off;
title('Obraz zaszumiony');
subplot(2,3,4);
imagesc(XDEN); colormap gray; axis off;
title(' Biorthogonal 1.1');
subplot(2,3,5);
imagesc(XDEN2); colormap gray; axis off;
title(' Biorthogonal 3.5');
subplot(2,3,6);
imagesc(XDEN3); colormap gray; axis off;
title(' Biorthogonal 6.8');
% parametry oceny
[peaksnr, snr] = psnr(XDEN, double(im_org))
[peaksnr2, snr2] = psnr(XDEN2,double(im_org))
[peaksnr3, snr3] = psnr(XDEN3,double(im_org))

err = immse(XDEN,double(im_org))
err2 = immse(XDEN2,double(im_org))
err3 = immse(XDEN3,double(im_org))
```