

Nieulotne znaki wodne

Damian Karwowski

Politechnika Poznańska

Kierunek: Elektronika i Telekomunikacja

Specjalność: Multimedia i elektronika
powszechnego użytku

Plan wystąpienia:

- ❖ Wprowadzenie i cel pracy
- ❖ Umieszczanie wiadomości tekstowej w obrazach
- ❖ Umieszczanie obrazu w obrazie
- ❖ Testowanie odporności znaku wodnego na filtrację obrazu
- ❖ Umieszczanie odcisku palca w obrazie

Wprowadzenie i cel pracy

W ostatnich kilku latach można zaobserwować dramatyczne zwiększenie wykorzystania cyfrowych danych multimedialnych.

Aspekt solidnego i niezawodnego zabezpieczenia tych danych przyczynił się do rozwoju metod ukrywania informacji w danych cyfrowych.

Jedną z metod ukrywania znaków wodnych, zdaniem autora spełniającą powyższe wymagania jest metoda Coxa.

Opis metody:

Aby znak wodny był odporny na różnego rodzaju filtracje obrazu, czy złośliwe ataki musi on być umieszczony w percepcyjnie najbardziej znaczących składnikach obrazu.

Żeby nie wprowadzić znacznych zniekształceń sygnału oryginalnego najlepiej umieszczany znak wodny rozproszyć w dziedzinie częstotliwości sygnału.

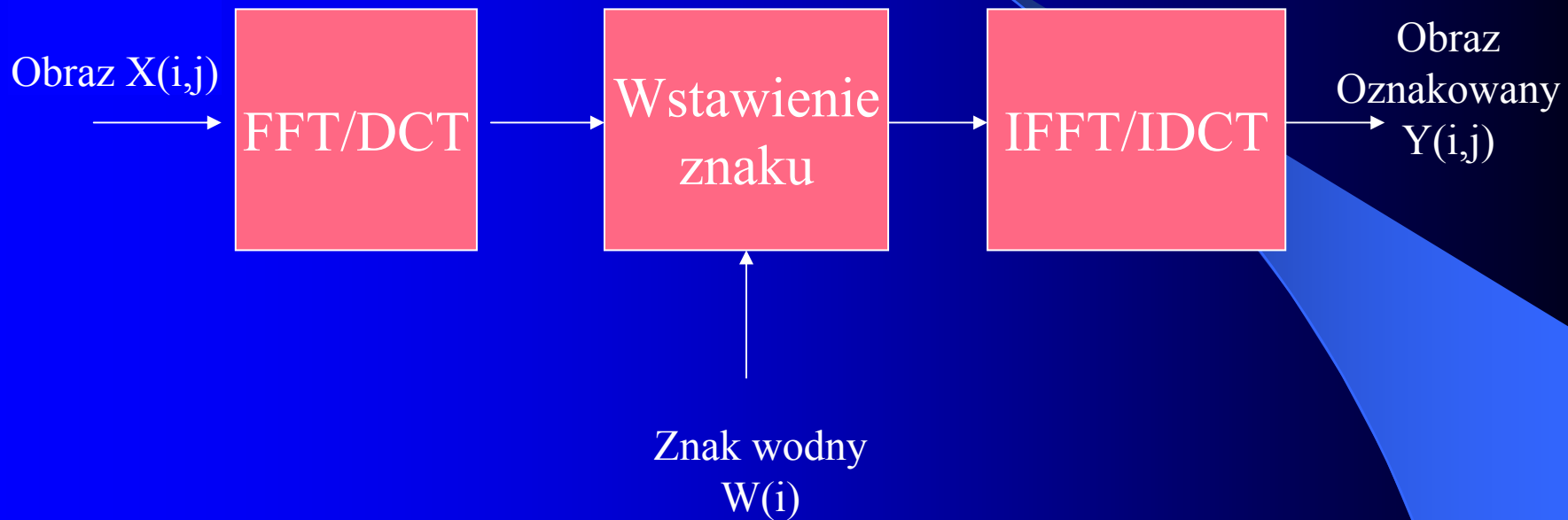
Opis metody (c.d.):

Zdaniem autora metody tak umieszczony znak wodny będzie odporny na różnego rodzaju zniekształcenia geometryczne obrazu, takie jak: przetwarzanie cyfrowo – analogowe i analogowo – cyfrowe, przepróbkowywanie, kwantyzacja, kompresja, rotacja czy skalowanie.

Metoda Coxa - algorytm

- ❖ Wyznaczenie FFT lub DCT obrazu oryginalnego w celu zidentyfikowania najbardziej znaczących rejonów obrazu najlepszych do umieszczenia znaku wodnego;
- ❖ Umieszczenie znaku wodnego w dziedzinie częstotliwości poprzez zmianę wybranych współczynników transformaty obrazu oryginalnego w następujący sposób:
$$Y(i) = X(i) * (1 + \alpha * W(i)),$$
 gdzie $\alpha = 0.1$, $W(i)$ – znak wodny
- ❖ Wyznaczenie transformaty odwrotnej w celu uzyskania obrazu oznakowanego

Schemat blokowy



Umieszczanie tekstu w obrazach

Zasada działania programu jest następująca:

Obraz dzielony jest na bloki o rozmiarze 8x8 punktów.

Dla każdego bloku wyznaczane jest FFT. Współczynniki FFT z bloku są sortowane w kolejności malejącej (wg modułu)

Bit znaku wodnego jest umieszczany we współczynniku FFT, który posiada największy moduł (z pominięciem składowej stałej DC), zgodnie z zależnością: $Y(i)=X(i)*(1+\alpha*W(i))$, gdzie $\alpha=0.5$
W ten sposób zmianie ulega część rzeczywista i urojona współczynnika FFT.

Każdy znak z ciągu tekstowego rozkładany jest na 8 bit zgodnie ze swoją reprezentacją w kodzie ASCII, każdy bit umieszczany jest niezależnie.

Umieszczanie tekstu w obrazach (c.d.)

Do programu wprowadzony został element kryptografii.

Podczas umieszczania znaku wodnego użytkownik podaje klucz, będący jądrem generatora liczb pseudolosowych losującego liczbę z zakresu $(0, 2^{31}-1)$.

Według tego klucza kolejno losowane są bloki w których umieszczone będą bity znaku wodnego.

W podobny sposób przebiega operacja wydobywania znaku wodnego z obrazu. Zatem użytkownik nie znający klucza, nawet dysponując kopią programu nie będzie w stanie wydobyć znaku wodnego.

Umieszczanie tekstu – działanie programu

Obraz oryginalny (boats24.bmp)

Obraz oznakowany (boats24_tekst.bmp)



klucz:2722474 umieszczony znak wodny:"umieszczanie_znakow_wodnych"
wydobyty znak wodny:"umieszczanie_znakow_wodnych"

Działanie filtru medianowego (maska 3x3)

Obraz oryginalny (boats24.bmp)

Obraz przefiltrowany (boats24_tekst1.bmp)



klucz:2722474 znak wodny:nie wydobyto!!!

Umieszczanie tekstu – wnioski

Filtracja medianowa wprowadziła zniekształcenia w obrazie oznakowanym. Przekłamanie choćby 1 bitu w bloku 8 bitowym powoduje, iż nie jesteśmy w stanie odczytać umieszczonego znaku. Program wydobywający znak wodny działa tak długo, aż nie napotka na znak końca ciągu tekstowego ('\0'). Ponieważ filtracja medianowa zmieniła obraz filtrowany, to program w ogóle może nie napotkać na taki znak, co miało miejsce w programie. Dlatego nie udało się wydobyć znaku wodnego, a program nie zakończył swojego działania.

W związku z powyższym dalsze testowanie programu na różnego rodzaju filtry jest bezzasadne.

Umieszczanie obrazu w obrazie

Zasada działania programu jest identyczna jak wcześniej opisana, z jednym wyjątkiem: znak wodny jest obrazem binarnym o wielkości 16x16 punktów.

Znak wodny może zostać umieszczony we współczynniku FFT, którego moduł jest nie mniejszy niż 400!!!

Uważa się, że dany współczynnik FFT przenosi znak wodny, jeśli różnica modułów tego współczynnika po i przed umieszczeniem znaku wodnego jest nie mniejsza niż 6.

Do programu wprowadzono dodatkową opcję: punkt znaku wodnego może zostać kilkakrotnie umieszczony w obrazie poprzez określenie współczynnika repetycji.

Dla wszystkich operacji umieszczania znaku wodnego zastosowano klucz:2722474

Umieszczanie obrazu w obrazie – działanie programu

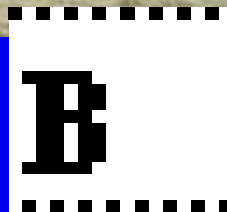
obraz oryginalny (boats24.bmp)



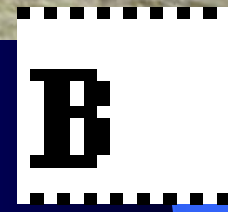
Obraz ze znakiem wodnym (boats24_obraz.bmp)



znak wodny:
(znak_wodny.bmp)



wydobyty znak wodny:
(wydobyty_obraz_cox.bmp)



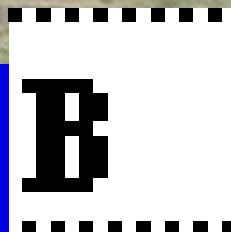
Działanie filtru medianowego (maska 3x3)

Obraz oznakowany (boats24_obraz.bmp)

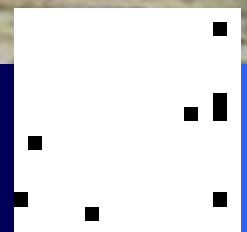
Obraz przefiltrowany (boats24_obraz1.bmp)



Znak wodny:
(wyd_obraz_cox.bmp)



Znak wodny wydobyty:
(wyd_obraz_cox1.bmp)



Umieszczanie obrazu w obrazie - wnioski

- Filtracja medianowa całkowicie usunęła znak wodny z obrazu, pomimo iż zmianie ulegały współczynniki, których moduł ≥ 400 .
- Metoda Coxa jako nośniki znaku wodnego wybiera współczynniki najbardziej znaczące z całego obrazu (brak możliwości losowania bloków). Wprowadzenie opcji losowania znacznie pogorszyło efekty tej metody (pomimo założenia iż moduł musi być ≥ 400).
- Większa zmiana modułu współczynnika FFT, w którym ma być umieszczony znak wodny, poprawia odporność znaku wodnego, jednak prowadzi do dość znacznych zniekształceń obrazu, co z góry wyklucza takie podejście
- W kolejnym kroku wprowadziłem własne modyfikacje metody Coxa (na drodze doświadczalnej) co znacznie poprawia odporność metody.

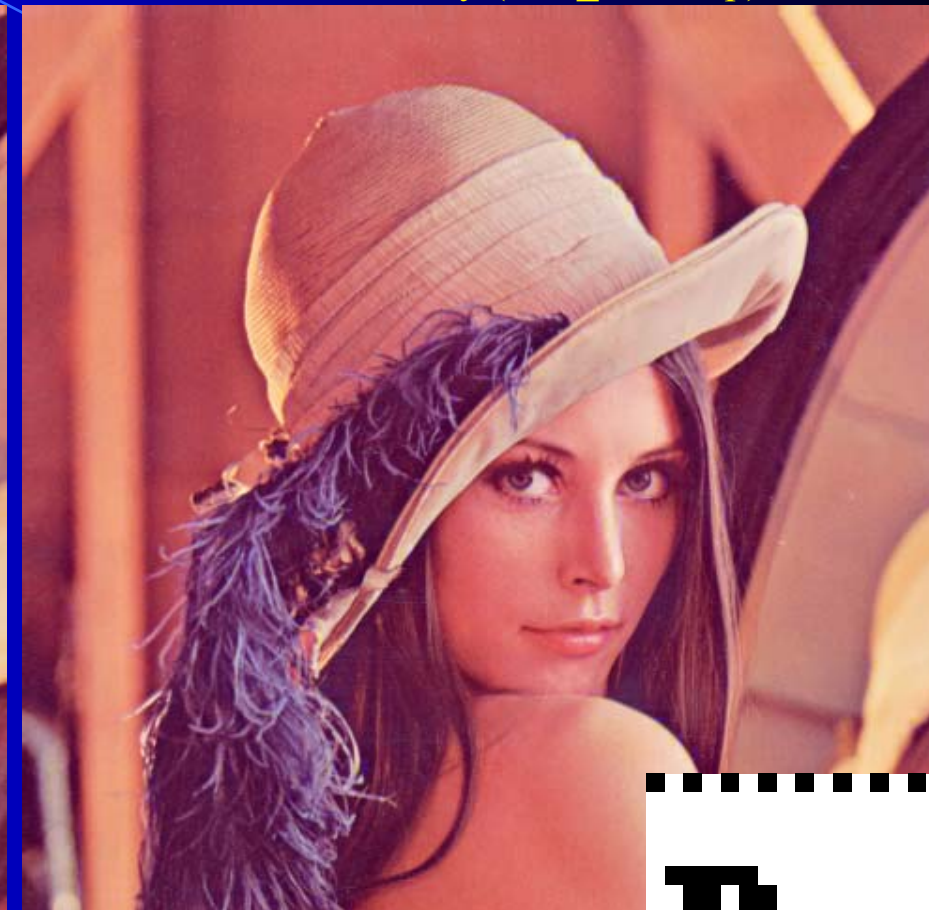
Zmodyfikowana metoda Coxa

- ❖ Obraz wejściowy dzielony jest na bloki 8x8 punktów;
- ❖ Następnie generator liczb pseudolosowych losuje numer bloku, w którym ma zostać umieszczony bit znaku wodnego. Współczynniki FFT z bloku sortowane są w kolejności malejącej i wybierany jest współczynnik o największym module (poza składową stałą);
- ❖ Znak wodny jest umieszczany w składowej niebieskiej poprzez wyzerowanie części urojonej wybranego współczynnika FFT, z tym że jego moduł musi być ≥ 400 , oraz wartość bezwzględna części urojonej musi być ≥ 400 . Jeśli taki warunek nie będzie spełniony, ponownie losowany jest inny blok 8x8 obrazu.
- ❖ Część urojona jest lepszym nośnikiem znaku wodnego, ponieważ w obrazie jest stosunkowo więcej współczynników, których części urojone spełniają powyższe warunki niż ma to miejsce dla części rzeczywistych tych współczynników, a poza tym tak znaczna modyfikacja części rzeczywistych współczynników wprowadzałaby bardzo duże zniekształcenia w obrazie.
- ❖ Uważa się, że dany współczynnik przenosi znak wodny, jeśli iloraz części urojonej tego współczynnika po i przed umieszczeniem jest mniejszy od **0.62**
- ❖ Nie umieszcza się znaku wodnego we współczynnikach którym odpowiadają następujące wartości składowych RGB: $b < 90$ i $r < 120$ i $g < 120$.

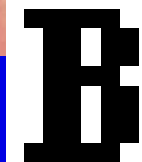
Umieszczenie obrazu w obrazie – działanie programu

Obraz oryginalny (lena.bmp)

Obraz oznakowany (lena_ozn.bmp)



Znak wodny:
(znak_wodny.bmp)



Wydobyty znak wodny:
(wydobyty_lena.bmp)



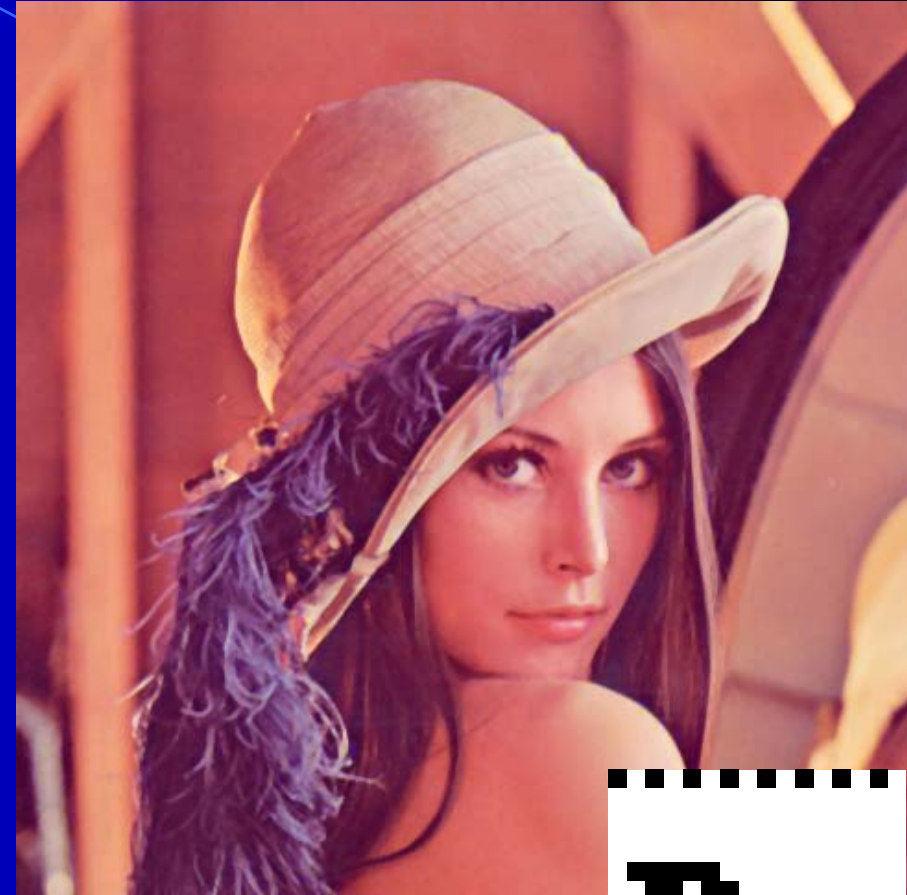
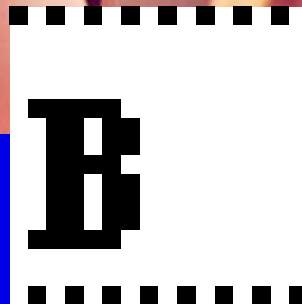
Działanie filtru medianowego (maska 3x3)

Obraz oznakowany (lena_ozn.bmp) 512x512

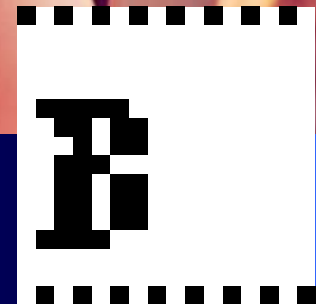
Obraz przefiltrowany (lena_ozn1.bmp) 512x512



Znak wodny wydobyty:
(wydobyty_lena.bmp)



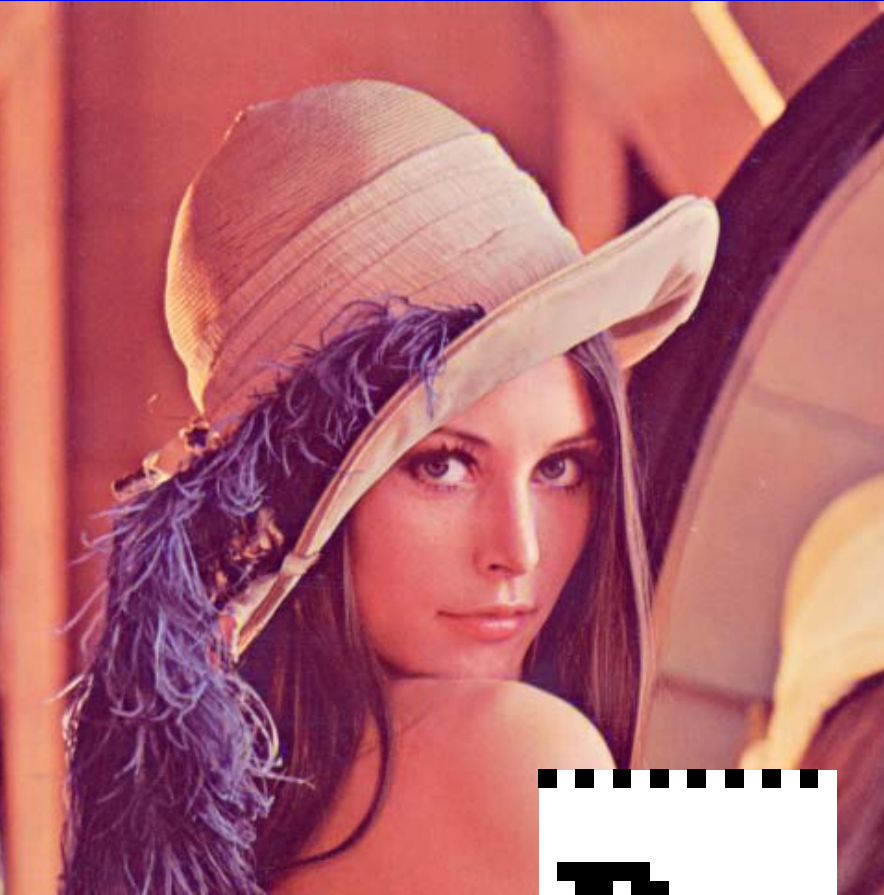
Znak wodny wydobyty:
(wydobyty_lena1.bmp)



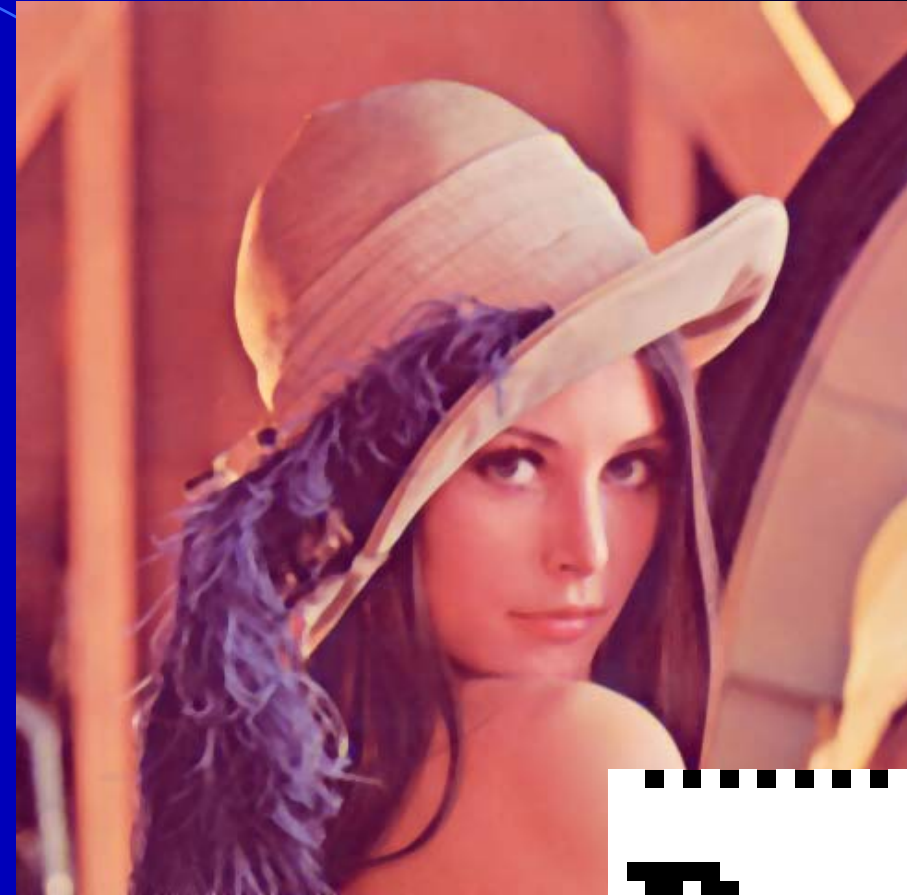
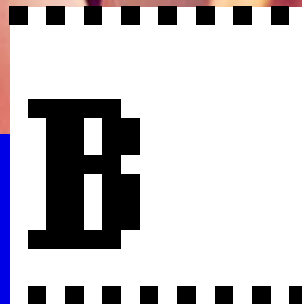
Działanie filtru medianowego (maska 5x5)

Obraz oznakowany (lena_ozn.bmp) 512x512

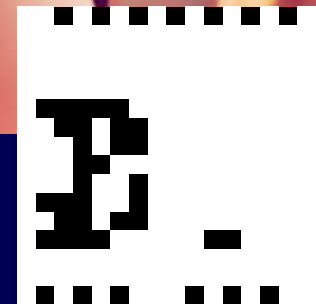
Obraz przefiltrowany (lena_ozn2.bmp) 512x512



Znak wodny wydobyty:
(wydobyty_lena.bmp)



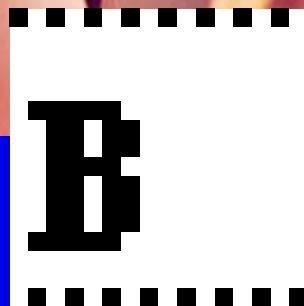
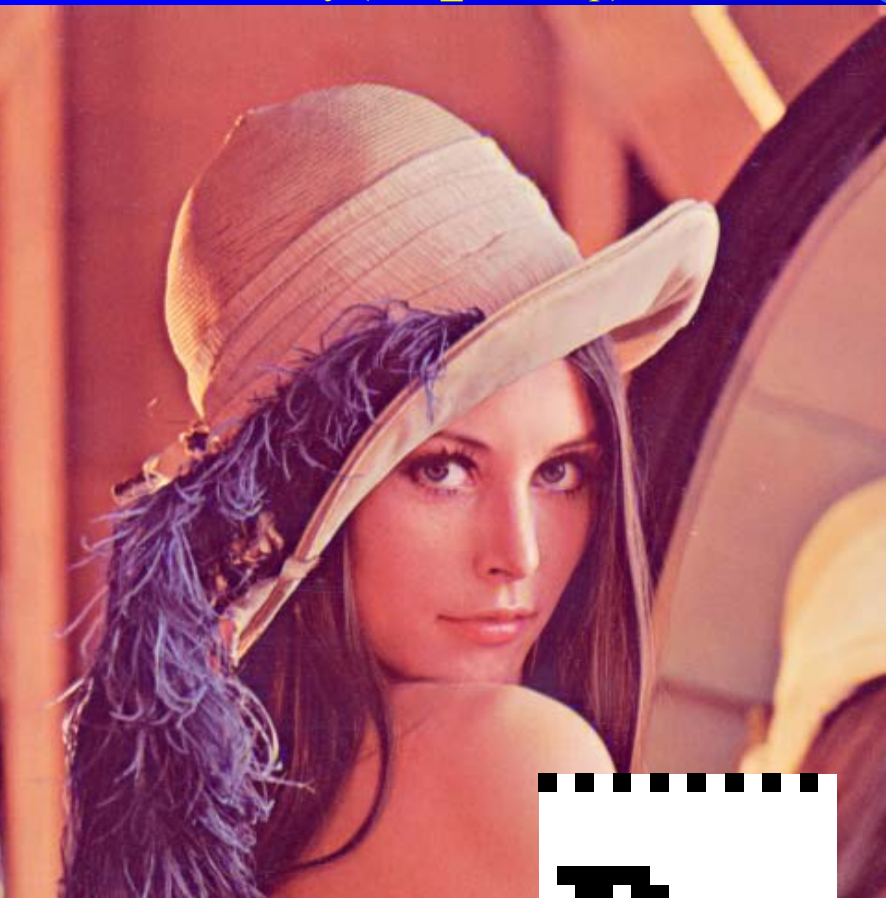
Znak wodny wydobyty:
(wydobyty_lena2.bmp)



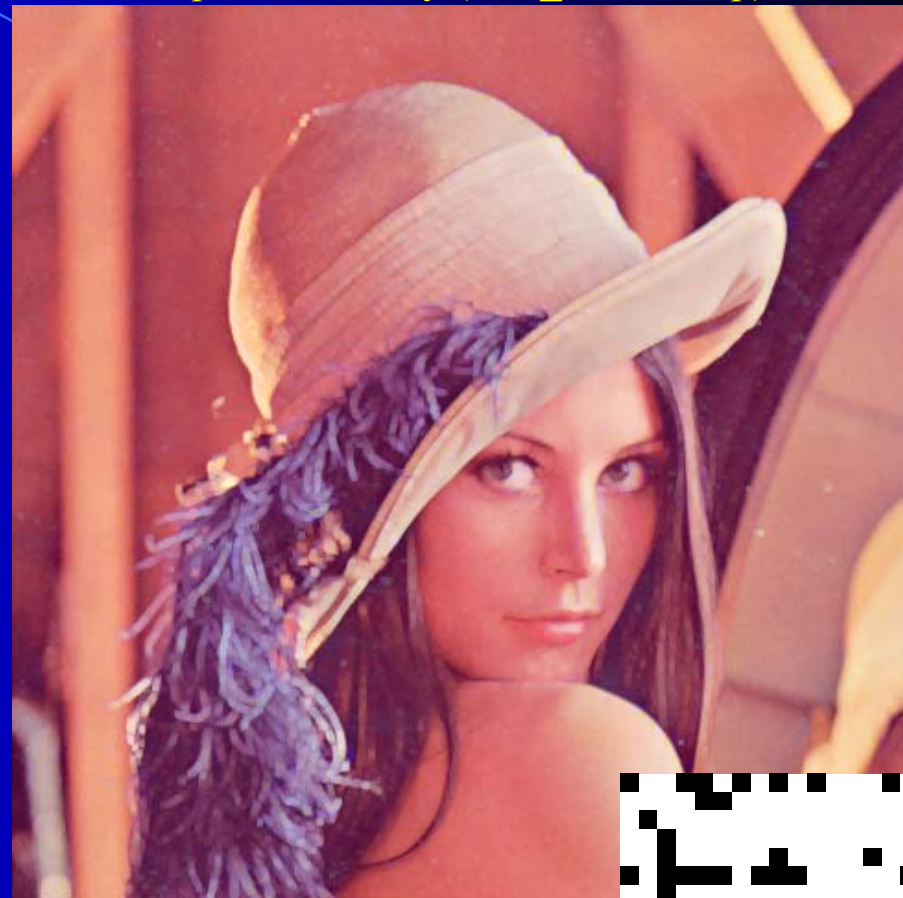
Działanie filtru dylatacyjnego (maska 3x3)

Obraz oznakowany (lena_ozn.bmp) 512x512

Obraz przefiltrowany (lena_oznd1.bmp) 512x512



Znak wodny wydobyty:
(wydobyty_lena.bmp)



Znak wodny wydobyty:
(wydobyty_lenad1.bmp)

Wpływ filtracji obrazu na znak wodny - wnioski

- ❖ Filtr medianowy o masce 3×3 praktycznie nie zmienia postaci znaku wodnego;
- ❖ Filtr medianowy o masce 5×5 zmienił zaledwie kilka punktów znaku wodnego. Bez problemu da się ten znak wodny zidentyfikować;
- ❖ Filtr medianowy o masce większej niż 5×5 , filtr erozyjny i filtr dylatacyjny praktycznie usuwają z obrazu umieszczony znak wodny. Jednakże jakość przefiltrowanych obrazów w stosunku do jakości obrazu przed filtracją jest nieporównywalna.

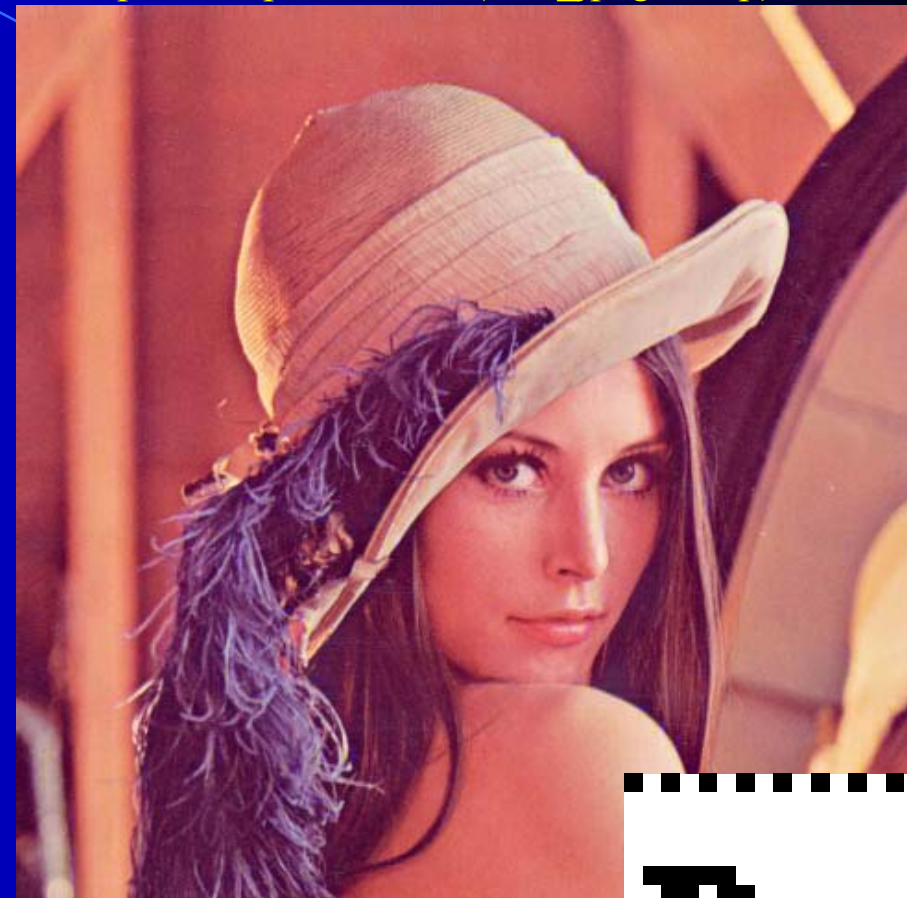
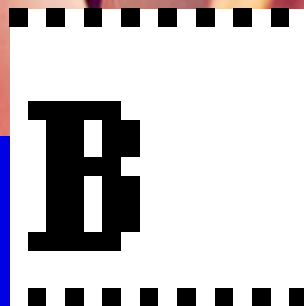
Wpływ kompresji JPEG – współczynnik kompresji=15

Obraz oznakowany (lena_ozn.bmp) 768kB

Obraz po skompresowaniu (lena_jpeg5.bmp) 51kB



Znak wodny wydobyty:
(wydobyty_lena.bmp)



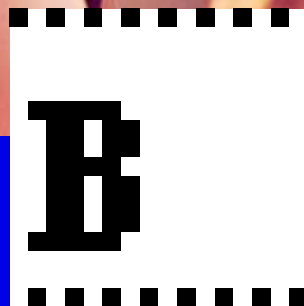
Znak wodny wydobyty:
(wyd_lena_jpeg5.bmp)



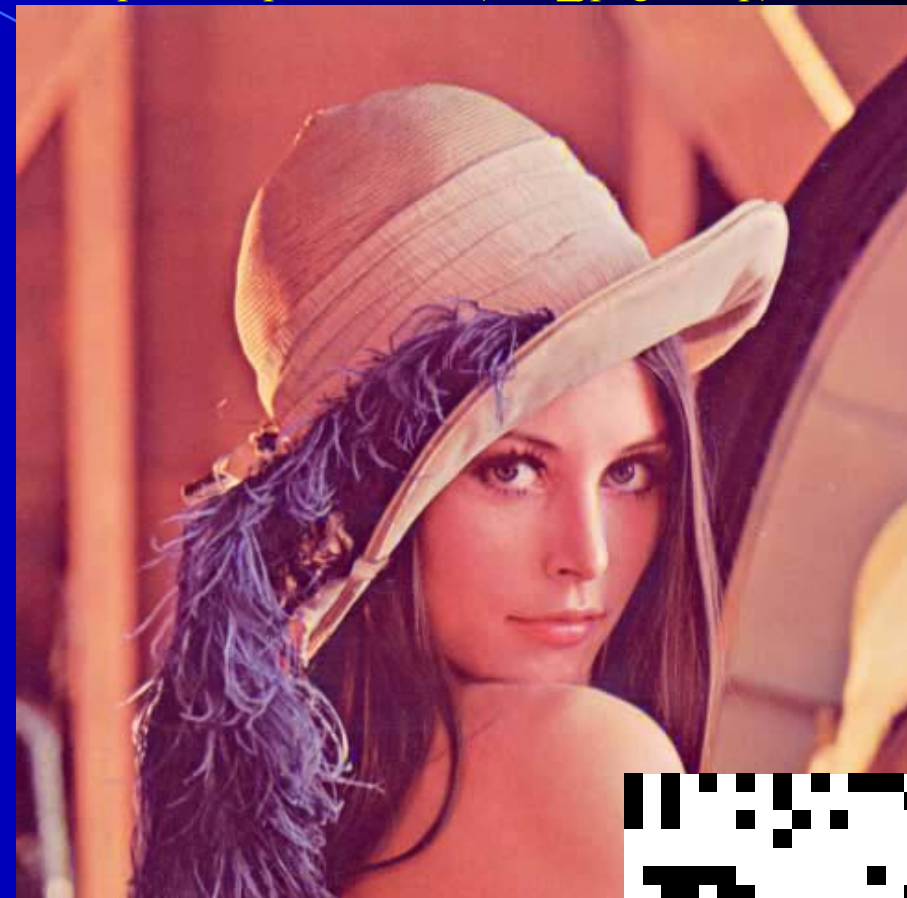
Wpływ kompresji JPEG – współczynnik kompresji=22

Obraz oznakowany (lena_ozn.bmp) 768kB

Obraz po skompresowaniu (lena_jpeg2.bmp) 34,6kB



Znak wodny wydobyty:
(wydobyty_lena.bmp)



Znak wodny wydobyty:
(wyd_lena_jpeg2.bmp)

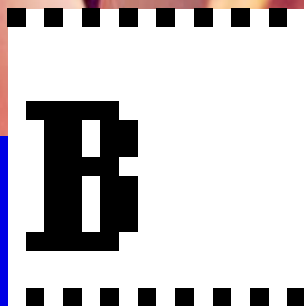
Wpływ kompresji JPEG – współczynnik kompresji=25

Obraz oznakowany (lena_ozn.bmp) 768kB

Obraz po skompresowaniu (lena_jpeg1.bmp) 30,3kB



Znak wodny wydobyty:
(wydobyty_lena.bmp)



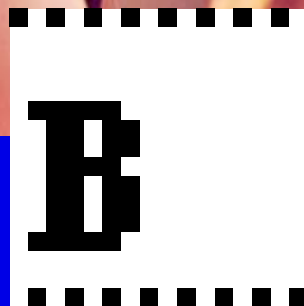
Znak wodny wydobyty:
(wyd_lena_jpeg1.bmp)



Wpływ kompresji JPEG – współczynnik kompresji=32

Obraz oznakowany (lena_ozn.bmp) 768kB

Obraz po skompresowaniu (lena_jpeg0.bmp) 24,2kB



Znak wodny wydobyty:
(wydobyty_lena.bmp)



Znak wodny wydobyty:
(wyd_lena_jpeg0.bmp)

Wpływ kompresji JPEG na znak wodny - wnioski

- ❖ Kompresja JPEG o współczynniku kompresji = 15 praktycznie nie zmienia znaku wodnego (zmiana zaledwie kilku punktów znaku wodnego);
- ❖ Kompresja JPEG o współczynniku kompresji = 22 w dość znaczący sposób wpływa na znak wodny, jednakże można jeszcze odczytać niosącą przez niego treść;
- ❖ Kompresja JPEG o współczynniku kompresji ≥ 25 niszczy umieszczony znak wodny (lub modyfikuje w sposób uniemożliwiający jego odczytanie).

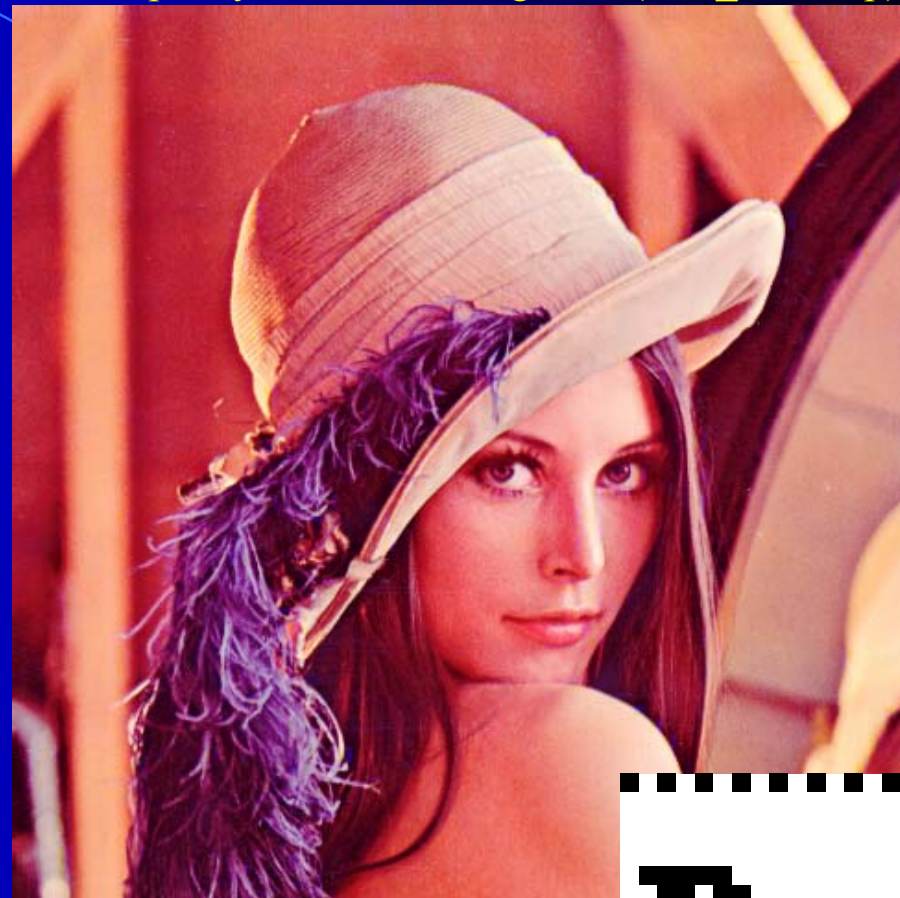
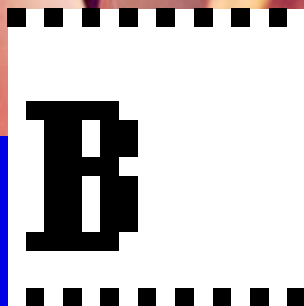
Inne operacje na obrazie – wyrównywanie histogramu

Obraz oznakowany (lena_ozn.bmp) 512x512

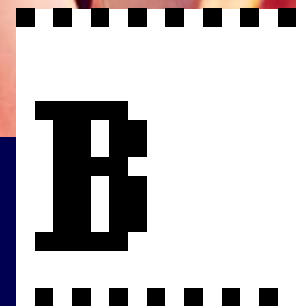
Obraz po wyrównaniu histogramu (lena_hist.bmp)



Znak wodny wydobyty:
(wydobyty_lena.bmp)



Znak wodny wydobyty:
(wydobyty_hist.bmp)



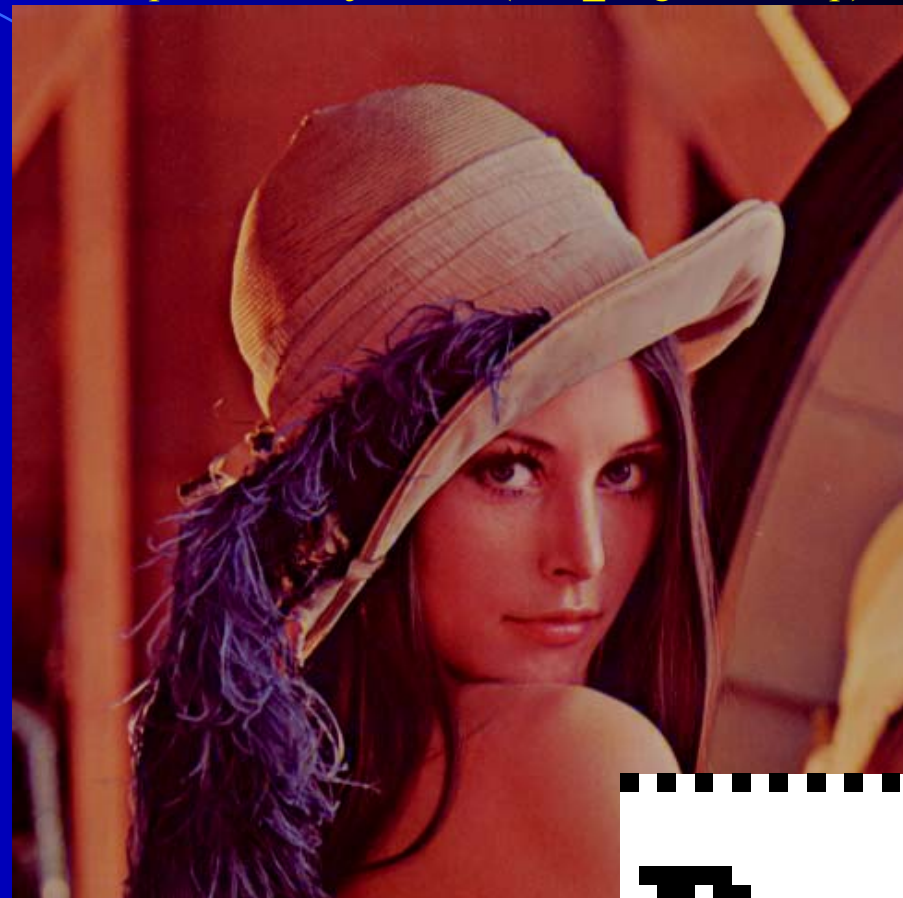
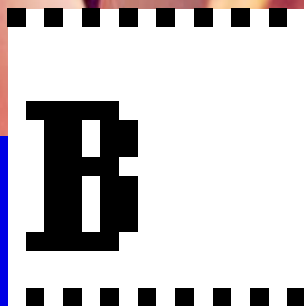
Inne operacje na obrazie – zmiana jasności (-60)

Obraz oznakowany (lena_ozn.bmp) 512x512

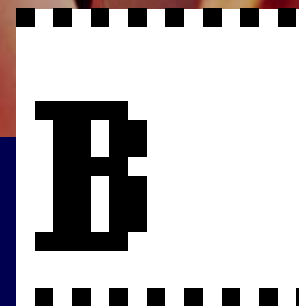
Obraz po zmianie jasności (lena_bright-60.bmp)



Znak wodny wydobyty:
(wydobyty_lena.bmp)



Znak wodny wydobyty:
(wyd_lena_bright-60.bmp)

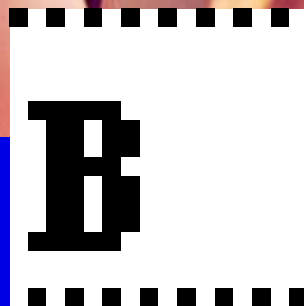


Inne operacje na obrazie – zmiana jasności (-80)

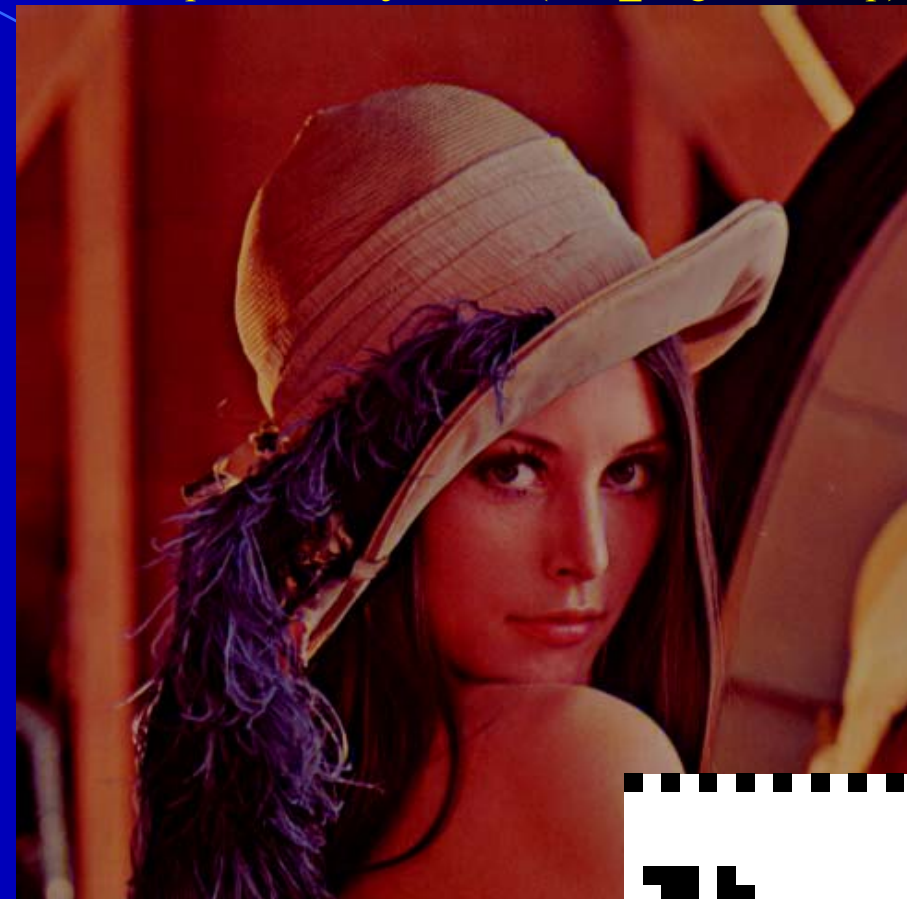
Obraz oznakowany (lena_ozn.bmp)



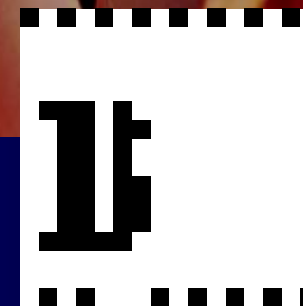
Znak wodny wydobyty:
(wydobyty_lena.bmp)



Obraz po zmianie jasności (lena_bright-80.bmp)



Znak wodny wydobyty:
(wyd_lena_bright-80.bmp)



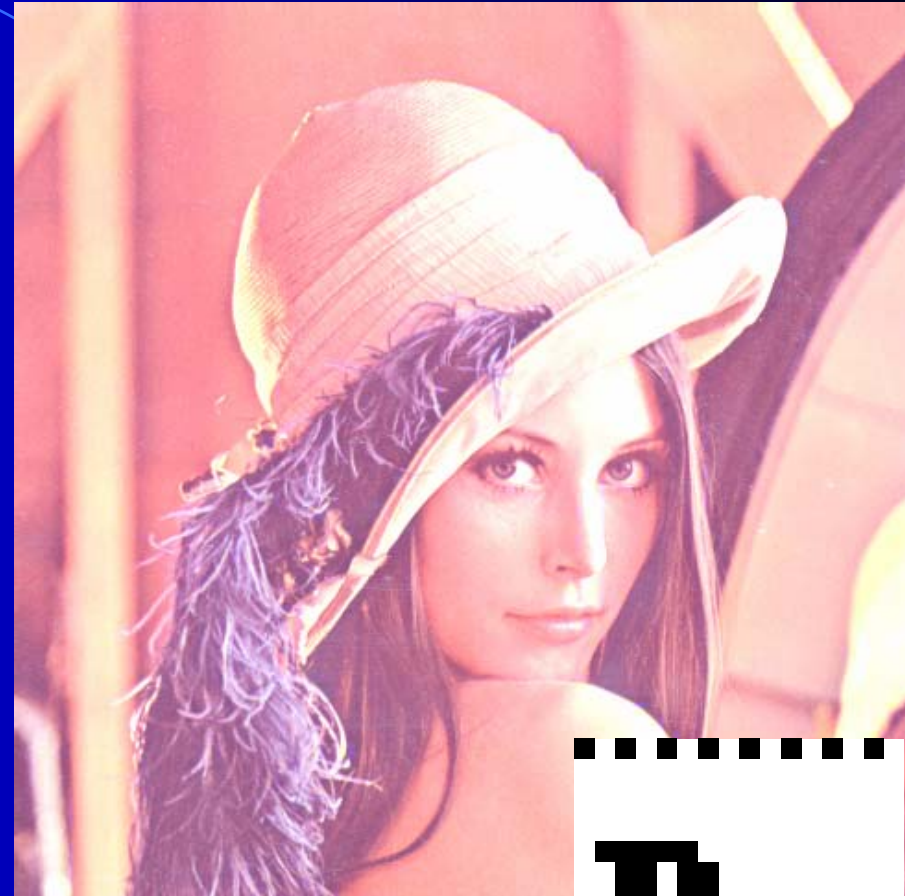
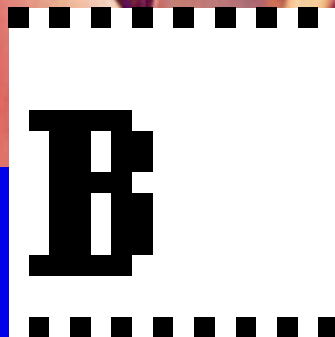
Inne operacje na obrazie – zmiana jasności (+80)

Obraz oznakowany (lena_ozn.bmp) 512x512

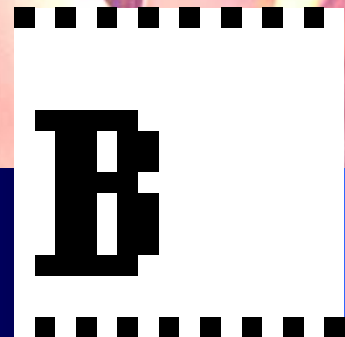
Obraz po zmianie jasności (lena_bright+80.bmp)



Znak wodny wydobyty:
(wydobyty_lena.bmp)



Znak wodny wydobyty:
(wyd_lena_bright+80.bmp)

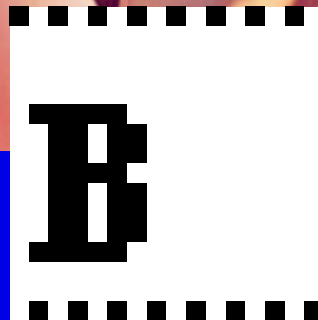


Inne operacje na obrazie – zmiana jasności (+100)

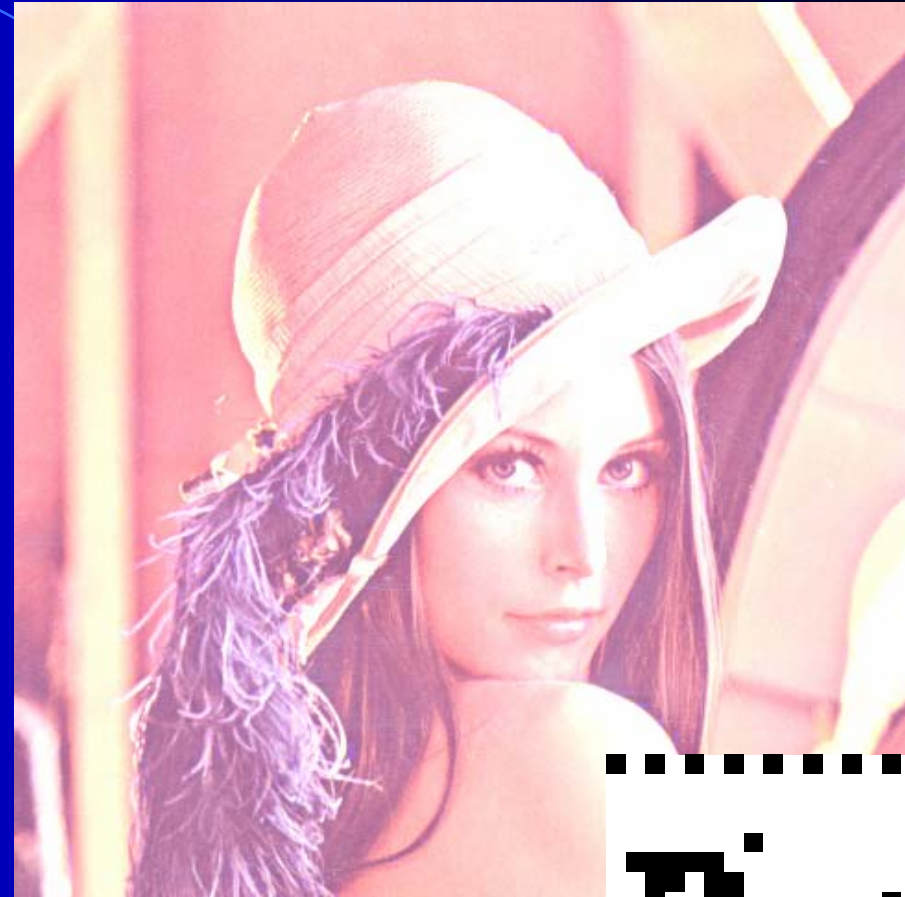
Obraz oznakowany (lena_ozn.bmp)



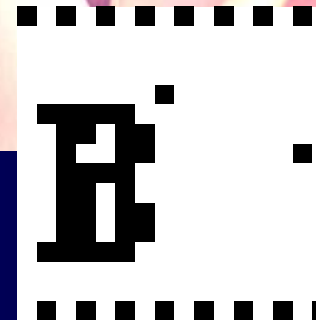
Znak wodny wydobyty:
(wydobyty_lena.bmp)



Obraz po zmianie jasności (lena_bright+100.bmp)



Znak wodny wydobyty:
(wyd_lena_bright+100.bmp)

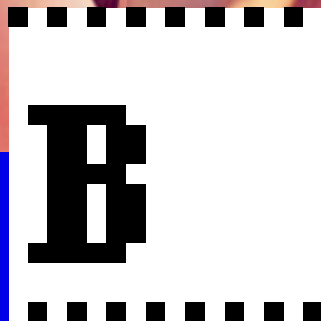


Inne operacje na obrazie – filtr grain (intensity=40)

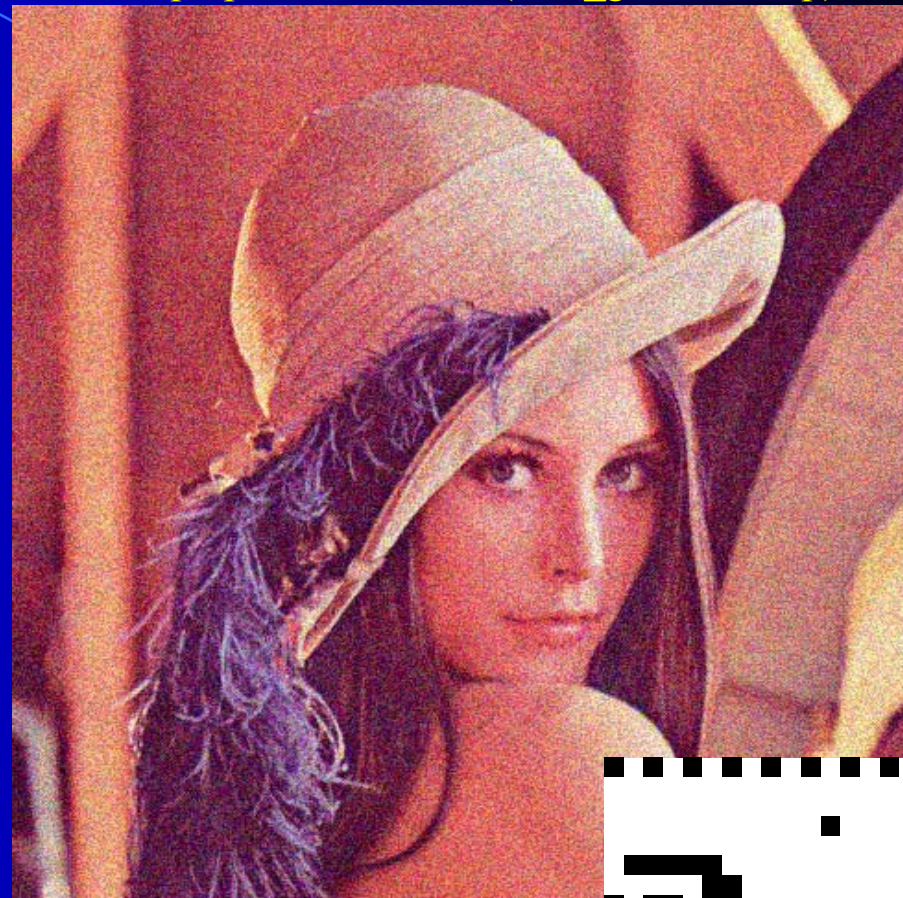
Obraz oznakowany (lena_ozn.bmp)



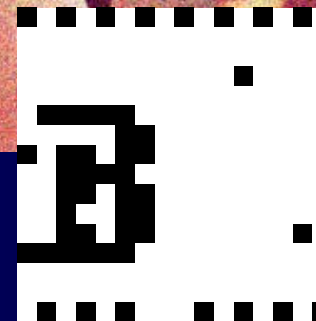
Znak wodny wydobyty:
(wydobyty_lena.bmp)



Obraz po przefiltrowaniu (lena_grain40.bmp)



Znak wodny wydobyty:
(wyd_lena_grain40.bmp)

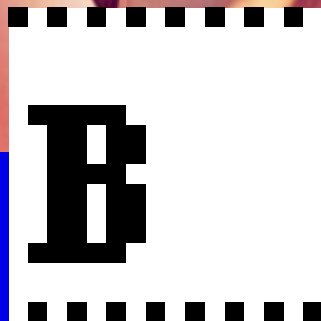


Inne operacje na obrazie – szum gaussowski (amount=30)

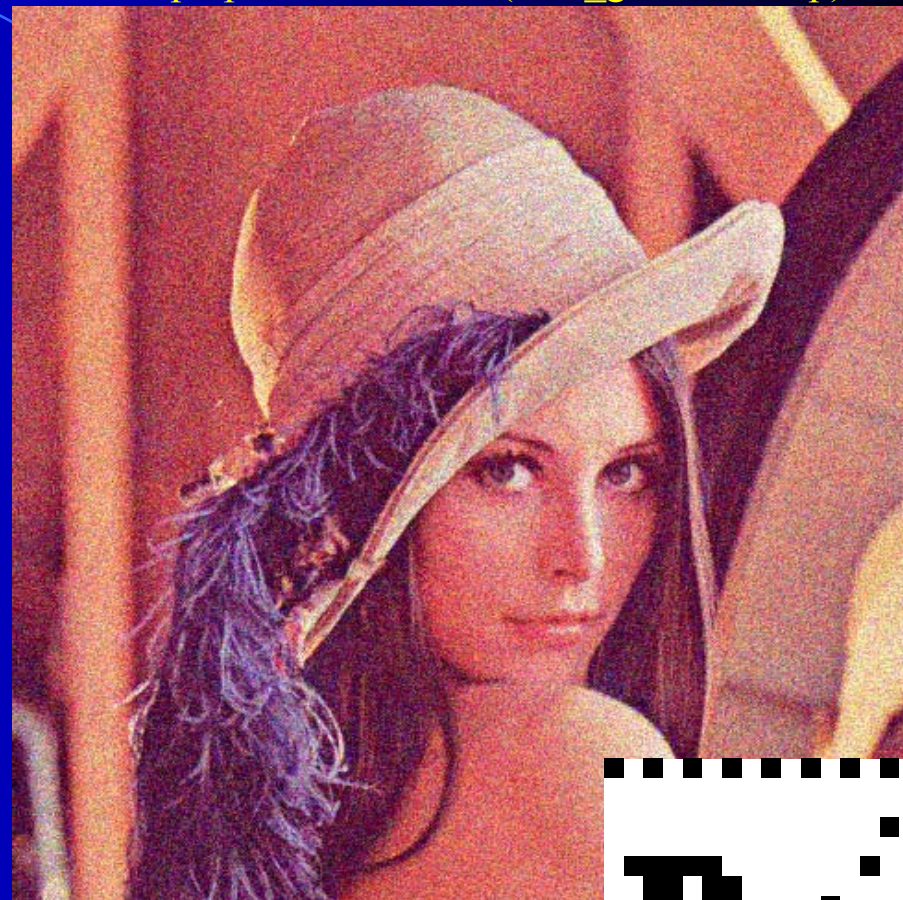
Obraz oznakowany (lena_ozn.bmp)



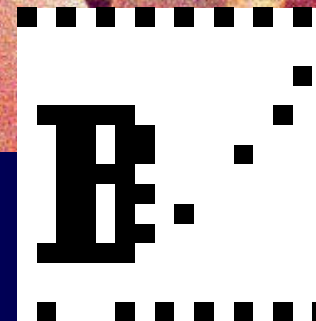
Znak wodny wydobyty:
(wydobyty_lena.bmp)



Obraz po przefiltrowaniu (lena_gauss30.bmp)



Znak wodny wydobyty:
(wyd_lena_gauss30.bmp)

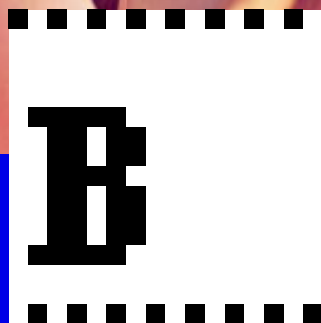


Inne operacje na obrazie – szum gaussowski (amount=40)

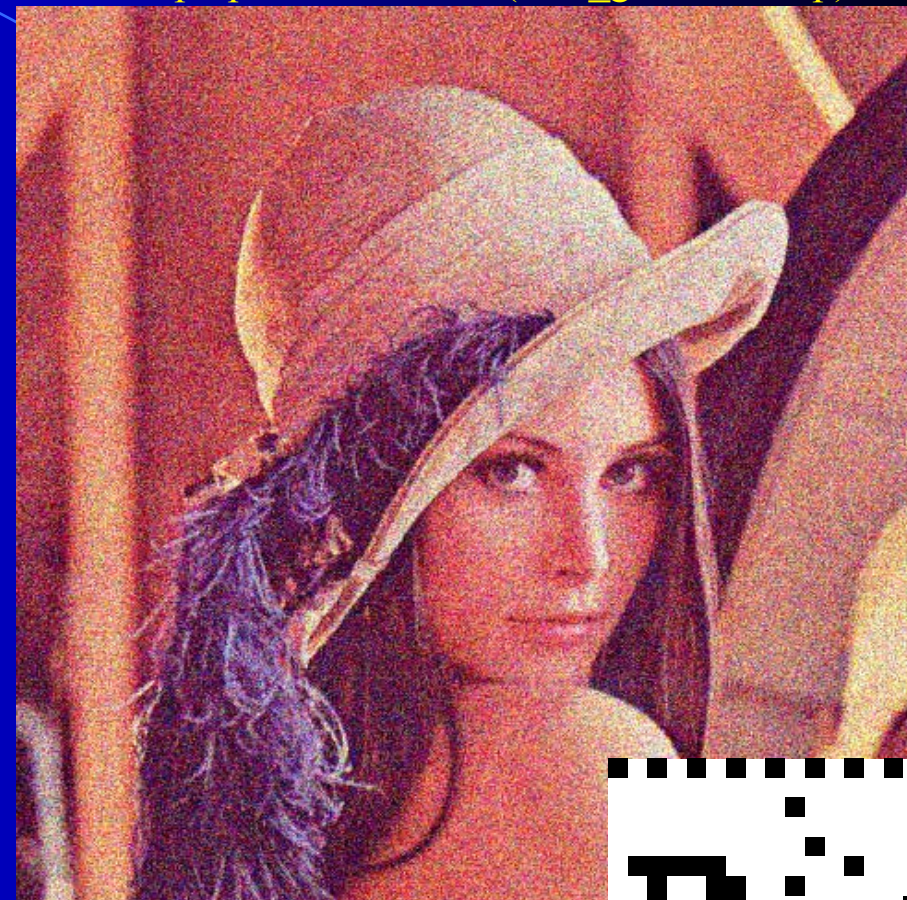
Obraz oznakowany (lena_ozn.bmp)



Znak wodny wydobyty:
(wydobyty_lena.bmp)



Obraz po przefiltrowaniu (lena_gauss40.bmp)



Znak wodny wydobyty:
(wyd_lena_gauss40.bmp)

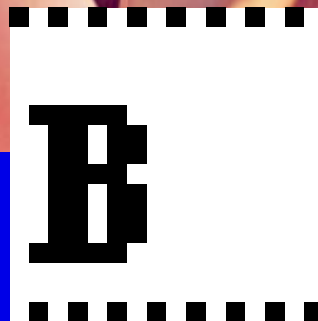


Inne operacje na obrazie – filtr diffuse

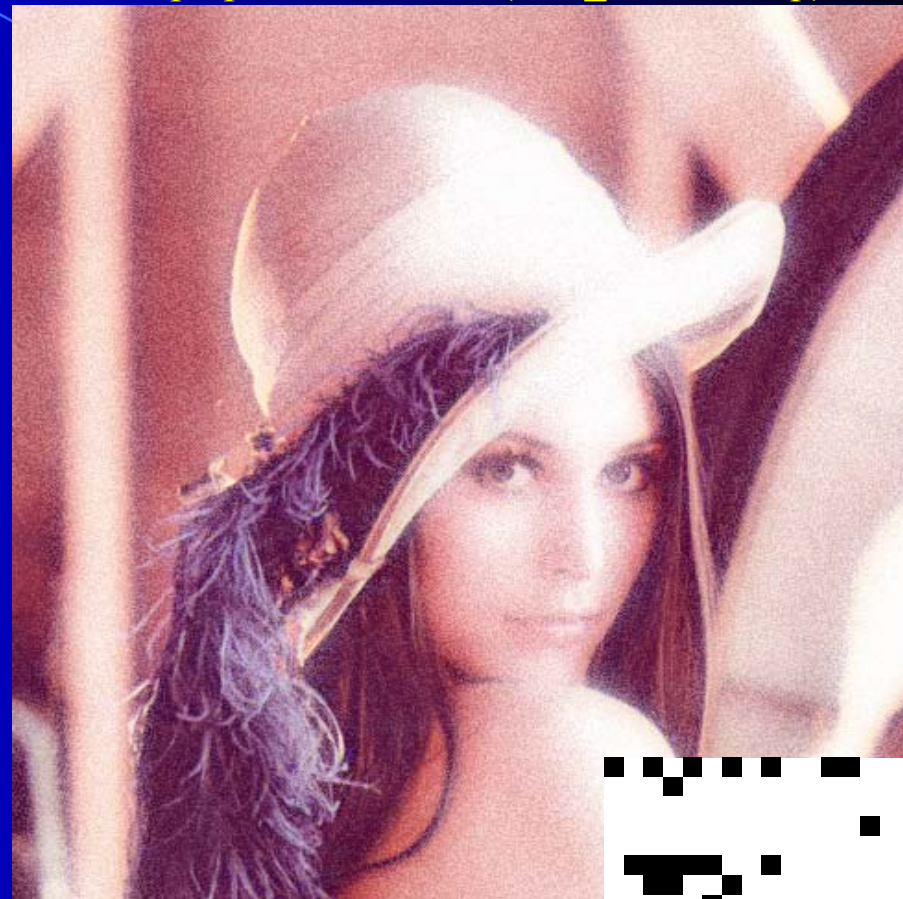
Obraz oznakowany (lena_ozn.bmp)



Znak wodny wydobyty:
(wydobyty_lena.bmp)



Obraz po przefiltrowaniu (lena_diffuse.bmp)



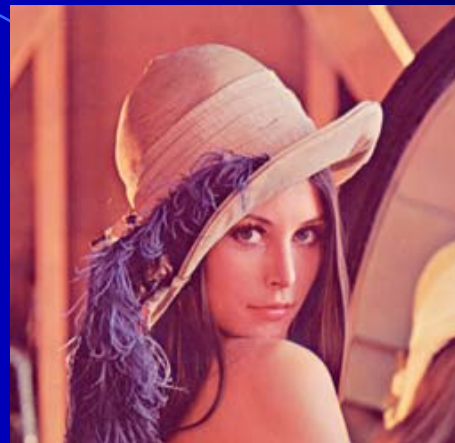
Znak wodny wydobyty:
(wyd_lena_diffuse.bmp)



Inne operacje na obrazie – skalowanie obrazu

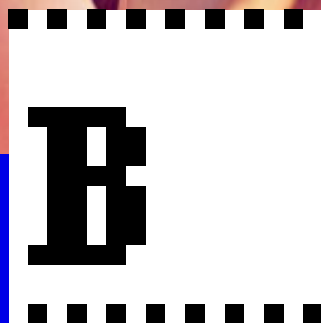
Obraz oznakowany (lena_ozn.bmp) 512x512

Obraz przeskalowany (lena_256x256.bmp) 256x256

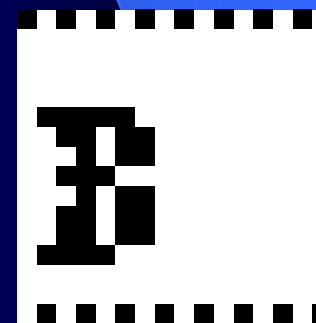


usunięcie 75% informacji z obrazu!

Znak wodny wydobyty:
(wydobyty_lena.bmp)



Znak wodny wydobyty:
(wyd_lena_512x512.bmp)

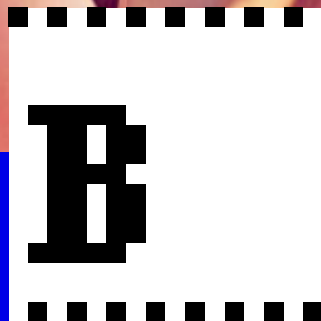


Inne operacje na obrazie – skalowanie obrazu

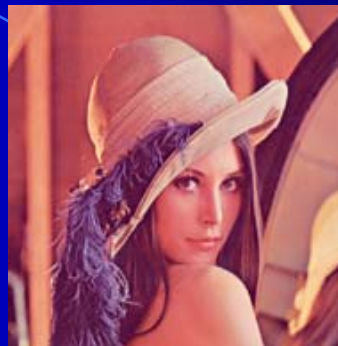
Obraz oznakowany (lena_ozn.bmp) 512x512



Znak wodny wydobyty:
(wydobyty_lena.bmp)

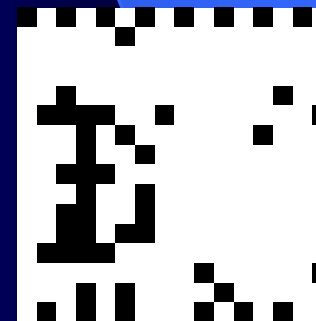


Obraz przeskalowany (lena_192x192.bmp) 192x192



usunięcie 86% informacji z obrazu!

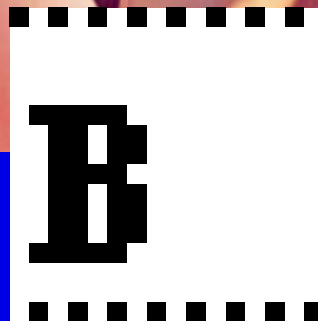
Znak wodny wydobyty:
(wyd_lena512x512m.bmp)



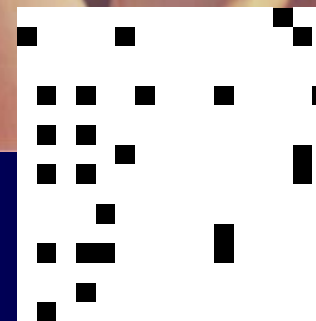
Inne operacje na obrazie – drukowanie – skanowanie

Obraz oznakowany (lena_ozn.bmp) 512x512

Obraz po wydruk. – zeskanowaniu (lena_scan.bmp)



Znak wodny wydobyty:
(wydobyty_lena.bmp)



Znak wodny wydobyty:
(wyd_lena_scan.bmp)

Inne operacje na obrazie - wnioski

- ❖ Wyrównanie histogramu nie zmieniło ani jednego punktu umieszczonego znaku wodnego;
- ❖ Znak wodny jest odporny na znaczne zmiany jasności obrazu (zarówno ujemne jak i dodatnie);
- ❖ Dodanie szumu „ziarnistego” nie zniekształca znaku wodnego;
- ❖ Szum gaussowski o niewielkiej amplitudzie nie powoduje usunięcia znaku wodnego;
- ❖ Znak wodny jest odporny na przeskalowania obrazu;
- ❖ Drukowanie i powtórne zeskanowanie usuwa znak wodny.

Umieszczanie odcisku palca w obrazie - algorytm

- ❖ Obraz dzielony jest na bloki 8x8 punktów;
- ❖ Dla każdego bloku wykonywane jest FFT;
- ❖ Współczynniki z bloku sortowane są malejąco co do wartości modułu, największy współczynnik z bloku (za wyjątkiem DC) umieszczany jest w osobnej strukturze danych;
- ❖ Krok poprzedni powtarzany jest dla wszystkich bloków 8x8 obrazu;
- ❖ Struktura zawierająca największe współczynniki z poszczególnych bloków jest sortowana malejąco.
- ❖ Uzyskujemy najbardziej znaczące składniki obrazu, w których można umieścić znak wodny.

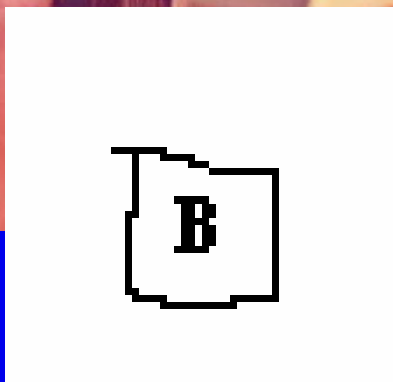
Umieszczanie odcisku palca – test

Obraz oryginalny (lena.bmp) 512x512

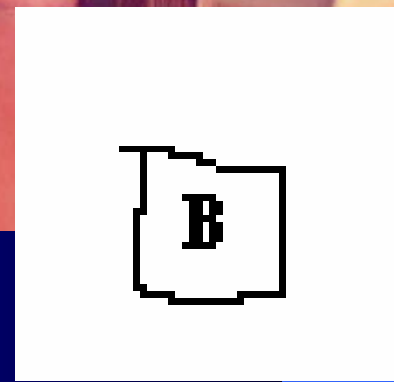
Obraz oznakowany (lena_wy.bmp) 512x512



Znak wodny umieszczany:
(znak_wodny2.bmp)
56x54



Znak wodny wydobyty:
(wydobyty2.bmp)
56x54



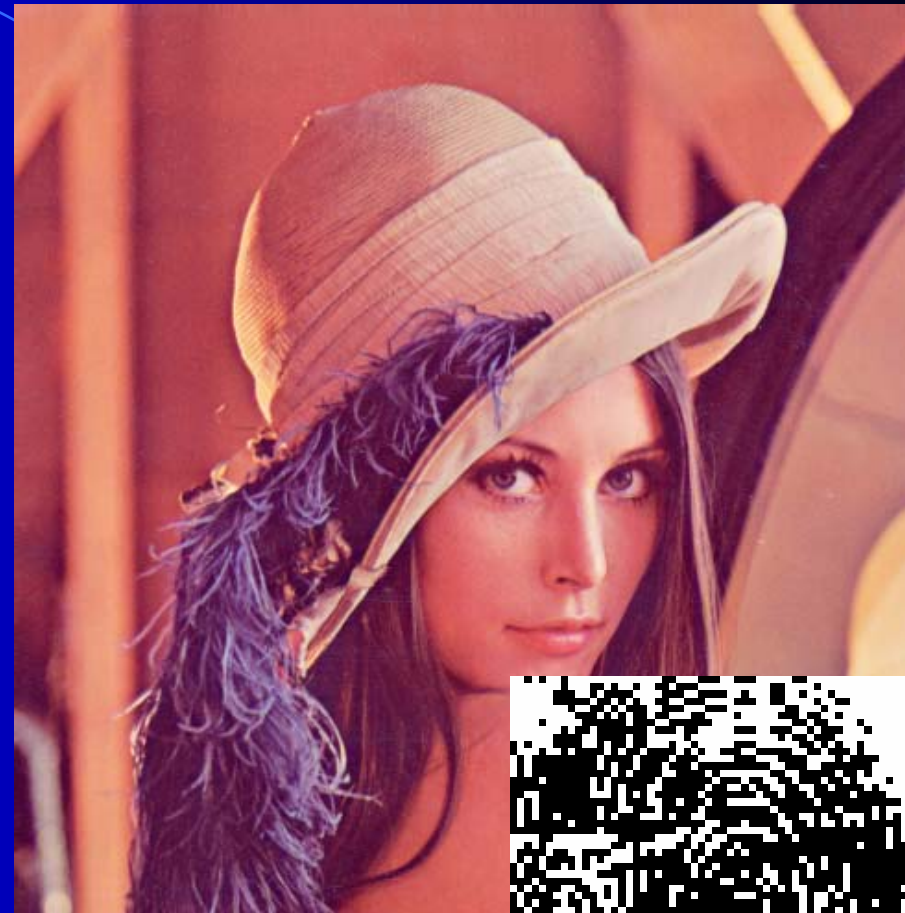
Umieszczanie odcisku palca w obrazie

Obraz oryginalny (lena.bmp) 512x512

Obraz oznakowany (lena_odcisk.bmp) 512x512



Znak wodny umieszczany:
(odcisk.bmp)
56x54



Znak wodny wydobyty:
(wyd_lena_odcisk.bmp)
56x54

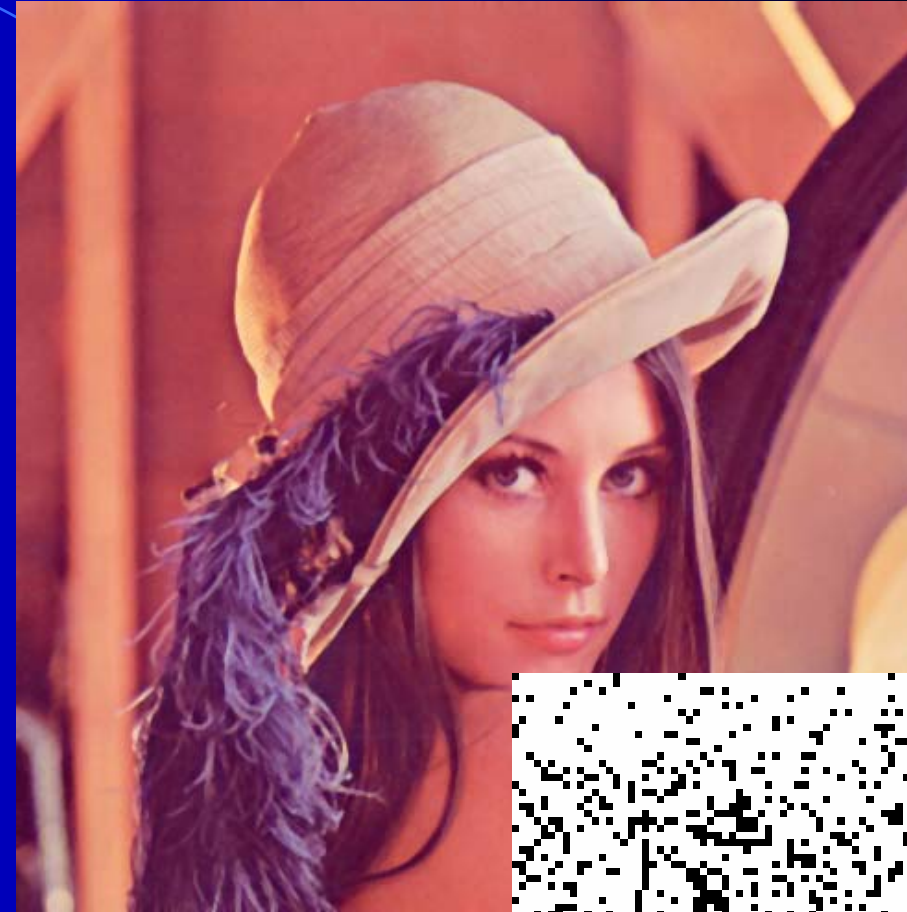
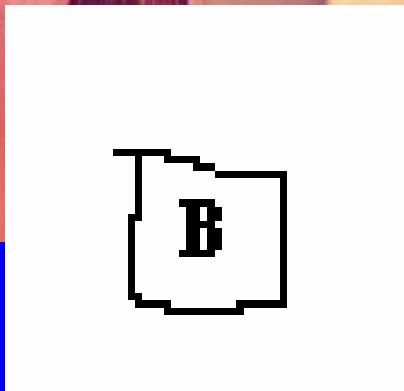
Odporność programu na filtracje obrazu – filtr medianowy ($r=1$)

Obraz oryginalny (lena_wy.bmp) 512x512

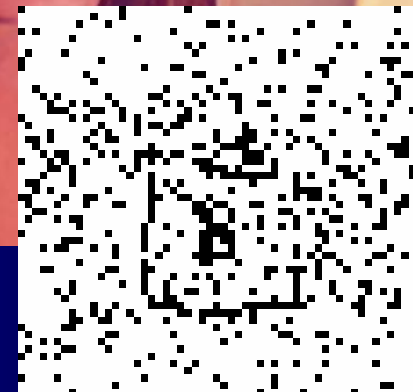
Obraz przefiltrowany (lena_odcisk.bmp) 512x512



Znak wodny wydobyty:
(wydobyty2.bmp)
56x54



Znak wodny wydobyty:
(wyd_lena_med1.bmp)
56x54



Umieszczanie odcisku palca w obrazie - wnioski

- ❖ Obraz odcisku palca jest obrazem o wielkości 56x54 punkty, czyli zawiera 3024 punkty;
- ❖ Aby znak wodny był odporny na filtracje obrazu, musi być przenoszony przez współczynniki FFT spełniające warunek: $\text{moduł} \geq 400$ i $|\text{im}| \geq 400$. W obrazie Lena.bmp są tylko 635 takie współczynniki, a znak wodny składa się z 3024 punktów. Zatem duża ilość punktów znaku wodnego przenoszona jest przez nieodpowiednie współczynniki FFT, a co się z tym wiąże znak wodny jest mało odporny na filtracje obrazu.
- ❖ Odcisk palca reprezentowany jest przez obraz binarny, dlatego jego jakość pozostawia wiele do życzenia.
- ❖ Istnieje możliwość poprawienia algorytmu tak, aby umieszczał obrazy o wielu poziomach szarości, co znacznie poprawiłoby ich jakość.