Określenie przydatności znaczka pocztowego na podstawie transformaty Fouriera.

Prowadzący projekt - Dr Inż. Andrzej Florek

Autorzy - Aleksander Grzyb i Adam Szczombrowski

Wstęp.

Tematem naszego projektu jest ocena przydatności znaczka pocztowego na podstawie transformaty Fouriera jego zdjęcia. Ocena przydatności polega na sprawdzeniu czy znaczek ma kompletną ilość ząbków na krawędziach. W przypadku jakichkolwiek braków, widmo pozwoli określić jakiego typu są to braki (których ząbków brakuje, czy ząbki mają odpowiedni kształt itd.).

Koncepcja.

Początkowo projekt zakładał uzyskiwanie obrazów za pomocą stanowiska do akwizycji obrazów zbudowanego przez studentów podczas pracy inżynierskiej o temacie „System wizyjny do rozpoznawania kluczy patentowych.”. Okazało się jednak, że w odróżnieniu od kluczy, niemożliwe jest uzyskanie wyraźnego zdjęcia znaczka, tak aby można go było później oddać obróbce i analizie.

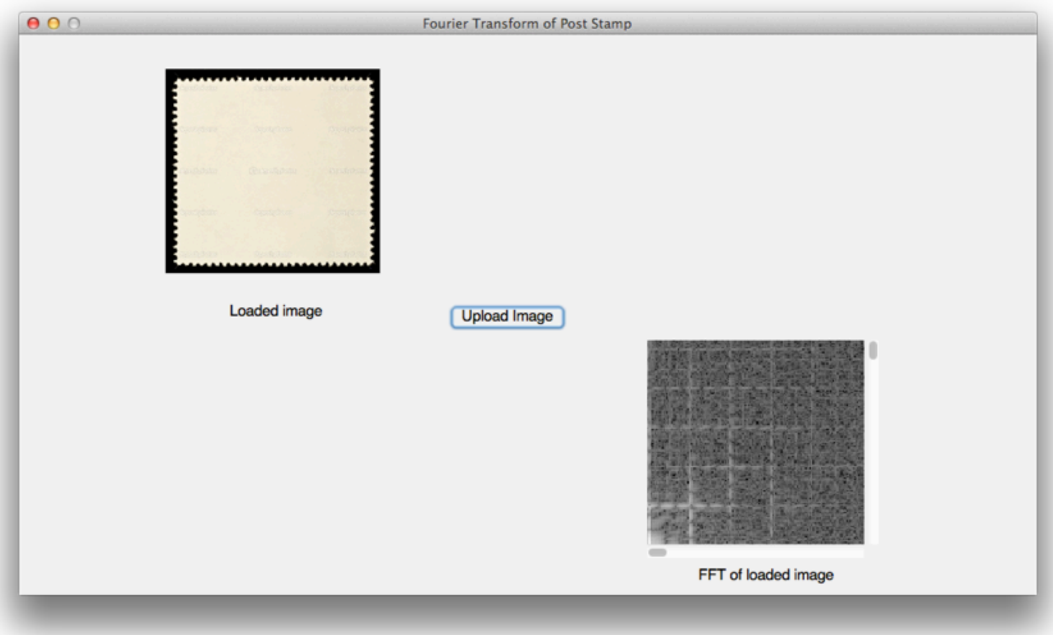
Z tego powodu na potrzeby naszego projektu przejściowego użyliśmy idealnego zdjęcia znaczka znalezionego w internecie:

Następnie w programie graficznym Pixelmator ręcznie usuwaliśmy niektóre ząbki by można było przetestować funkcjonalność naszego programu. Program został napisany w programie Matlab ze względu na możliwości obliczeniowe tego programu oraz stosunkową łatwość tworzenia interfejsu graficznego. Dzięki czemu w bardzo prosty sposób można wczytać zdjęcie znaczka z dysku komputera i analizę jego transformaty przeprowadzić natychmiastowo.

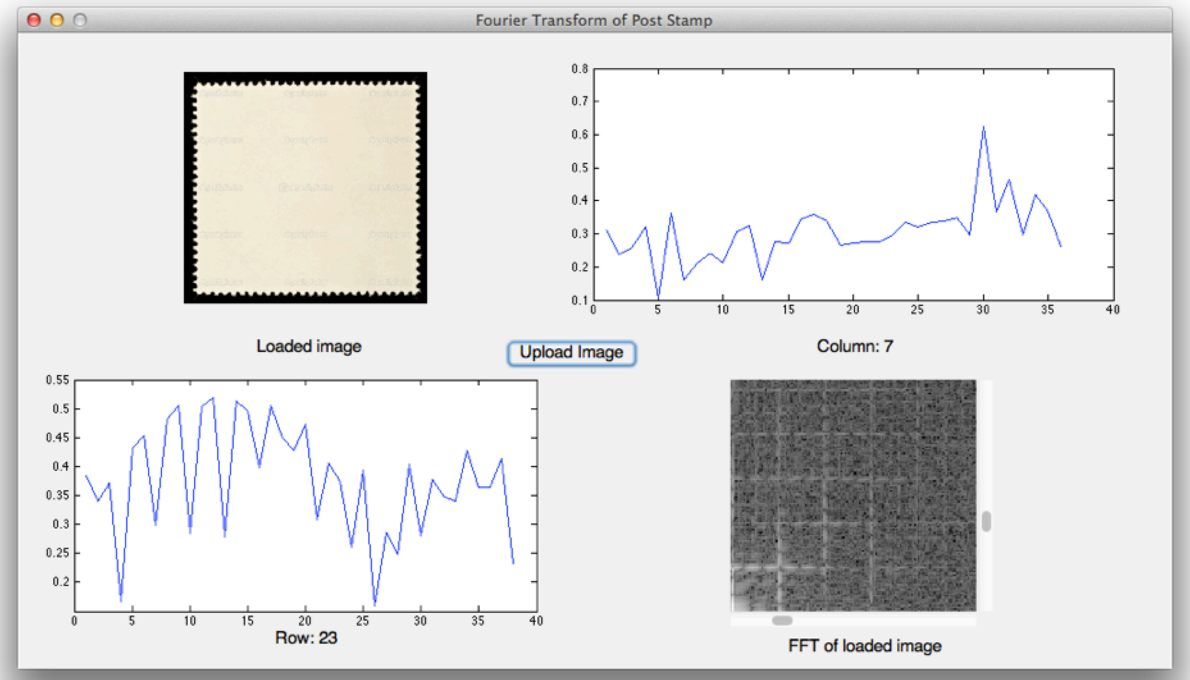
Obsługa i działanie programu.

Uruchamiając program otrzymujemy okno, które przedstawione jest poniżej.

Jedyną czynnością jaką możemy wykonać jest kliknięcie przycisku “Upload Image” i wybranie zdjęcia znaczka pocztowego z dysku komputera (obsługiwane formaty obrazu to JPG oraz BMP), którego analizę chcemy przeprowadzić. Po wczytaniu zdjęcia automatycznie dostajemy jego podgląd w górnym lewym rogu, natomiast w dolnym prawym rogu natychmiastowo jest generowana jego transformata Fouriera.



Następnie za pomocą suwaków możemy wyświetlić wybrany wiersz oraz kolumnę transformaty Fouriera. Najpierw musimy przesunąć którykolwiek z suwaków by zobaczyć rezultat. Po przesunięciu w prawym górnym rogu oraz lewym dolnym będziemy mieli odpowiednio wykres kolumny oraz wiersza transformaty Fouriera. Pod tymi wykresami będzie się znajdować informacja, na który aktualnie wiersz i kolumnę patrzymy.



Po skończeniu analizy możemy ponownie nacisnąć przycisk “Upload Image” w celu wybrania następnego zdjęcia.

Implementacja algorytmu.

Działanie programu można podzielić na kilkanaście prostych operacji. Po wczytaniu obrazu używamy funkcji:

```
rgb2gray()
```

aby przekształcić kolorowy obraz w obraz który zawiera informację tylko o poziomie jasności. Następnie za pomocą funkcji:

```
graythresh()
```

obliczamy próg jasności, który następnie możemy użyć przy konwersji obrazu na obraz binarny za pomocą funkcji:

```
im2bw()
```

Po uzyskaniu obrazu binarnego z łatwością możemy otrzymać jego negatyw dzięki operatorowi ~. Na takim obrazie stosujemy dwuwymiarową, szybką transformatę Fouriera:

```
fft2()
```

Następnie musimy przesunąć część stałą DC na środku. Realizujemy to za pomocą funkcji:

```
fftshift()
```

Potem za pomocą poleceń:

```
abs()

log()
```

Konwertujemy wartości transformaty Fouriera tak by odpowiadały skali logarytmicznej. Dzięki temu mniejsze wartości transformaty również będą widoczne. Następnie przy użyciu funkcji:

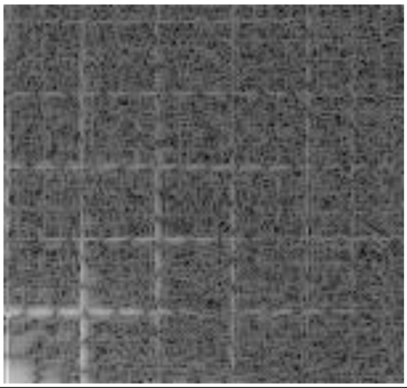
```
mat2gray()
```

konwertujemy macierz do obrazu który zawiera w sobie jedynie informację o jasności poszczególnych pikseli. Do badania znaczka możemy zająć się tylko jedną ćwiartką z widma transformaty, ponieważ pozostałe są jej lustrzanymi odbiciami i nie dostarczają nam więcej informacji o przydatności znaczka. Cały kod obliczania transformaty Fouriera:

```
ab = strcat(pathname, filename);
imageA = imread(ab);
imageA = imread(ab);
imageA = rgb2gray(imageA);
levelA = graythresh(imageA);
imageA = im2bw(imageA, levelA);
imageA = ~imageA;
fftA = fft2(double(imageA));
fftA = fftshift(fftA);
fftA = abs(fftA);
fftB = log(fftA + 1);
fftA = mat2gray(fftB);
[m,n] = size(fftA);
fftA = fftA(1:m/2,n/2:n);
```

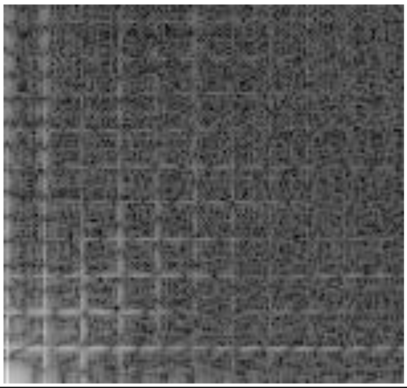
Wyniki badań.

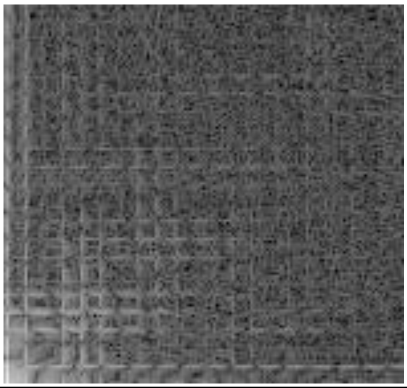
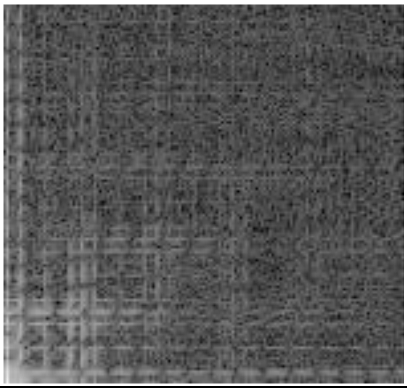
Po stworzeniu programu oraz różnych rodzajów braków w znaczku przystąpiliśmy do testowania i wyciągania wniosków. Na początku przedstawimy transformatę znaczka bez żadnych braków:

Oryginał:	Transformata Fouriera:
	

Stała DC w transformacie Fouriera znajduje się w lewym dolnym rogu i określa całkowitą jasność oryginału, czyli zdjęcia od którego transformata była liczona. Widzimy w transformacie oprócz jasnego punktu o którym przed chwilą mówiłem powtarzające się linie pionowe jak i poziome, które określają częstość z jaką ząbki występują na krawędzi znaczka.

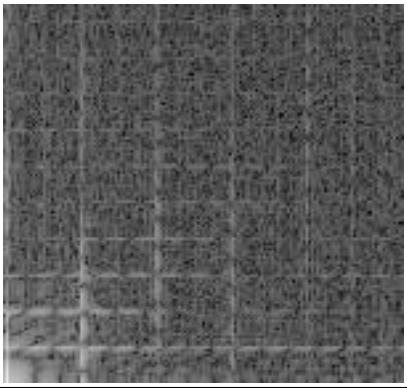
Usuwając co drugi ząbek w znaczku za pomocą programu graficznego możemy zauważyć, że linie poziome i pionowe w transformacie Fouriera się podwajają. Ta zależność również się powtarza jeżeli wytniemy ze znaczka dwa ząbki naraz jak i trzy ząbki naraz.

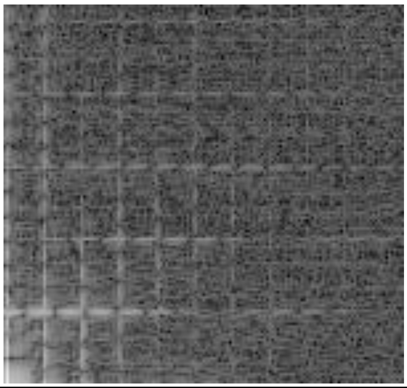
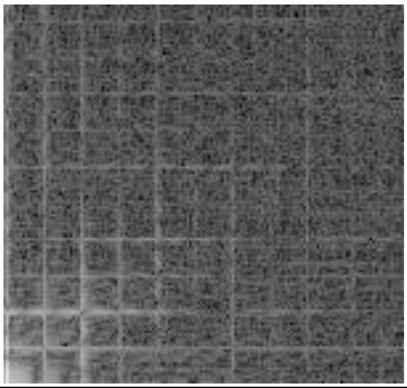
Oryginał:	Transformata Fouriera:
	

Oryginał:	Transformata Fouriera:
	
	

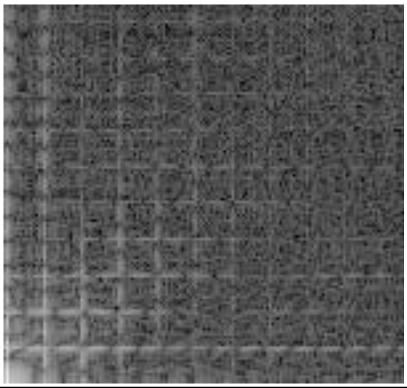
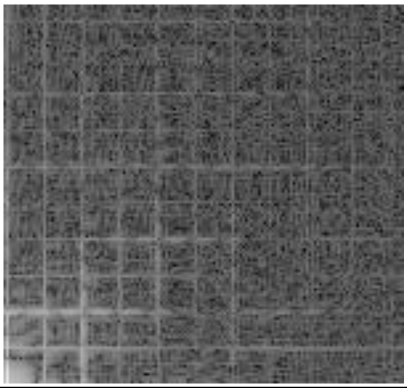
Na podstawie powyższych badań można prosto stwierdzić, mając transformatę znaczka bez żadnych braków, czy znaczek ma taką samą częstość wystąpienia ząbków jak oryginał.

Jednak rzadko się zdarza by znaczek miał identyczne braki w każdej z czterech stron. Dlatego następnym naszym eksperymentem było stworzenie braków z różnych stron:

Oryginał:	Transformata Fouriera:
	

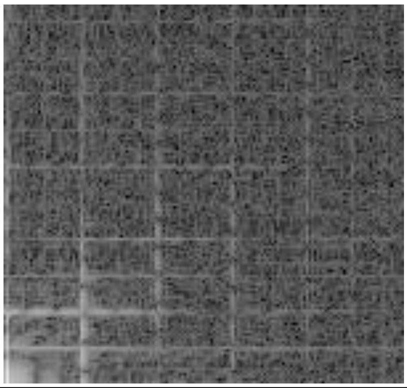
Oryginał:	Transformata Fouriera:
	
	

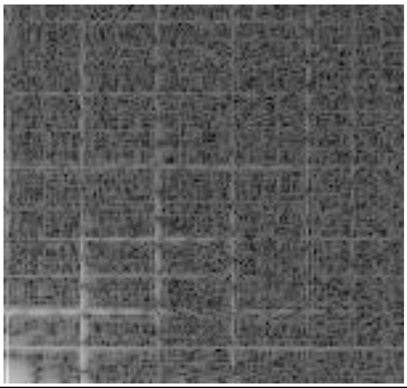
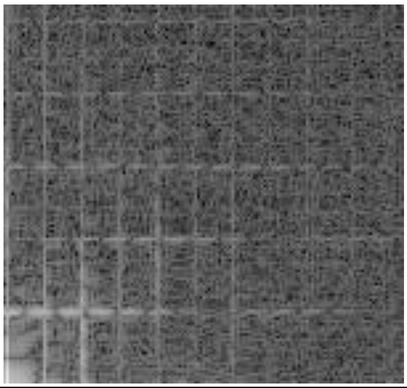
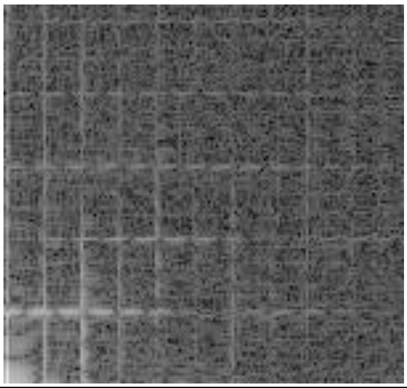
Jak możemy zauważyć na podstawie wyników powyżej, usuwając ząbki tylko z poziomu lub tylko z pionu znaczka, na transformacie widać podwojenie linii. W przypadku usunięcia ząbków z pionowej krawędzi znaczków, poziome linie transformaty zwiększają swoją liczbę dwukrotnie, natomiast linie pionowe się nie zmieniają. Analogiczna zasada występuje w przypadku usunięcia ząbków z poziomych krawędzi znaczka, na transformacie Fouriera widać podwojenie linii pionowych. Na koniec poddaliśmy transformacie znaczek, z którego usunęliśmy ząbki z krawędzi górnej i lewej. W transformacie Fouriera można zauważyć podwojenie się linii w płaszczyźnie pionowej jak i poziomej. Na pierwszy rzut oka ta transformata przypomina transformatę dla znaczka, w którym braki były na każdej krawędzi, natomiast różnicę widać, gdy przyjrzymy się “jasności” linii w transformacie. Różnica ta polega na tym, że w transformacie znaczka, gdzie usunięto ząbki z każdej krawędzi linie mają jednaką “jasność” (patrzymy tylko na linie, które są blisko punktu ze składową stałą DC), natomiast dla transformaty znaczka, gdzie usunięto ząbki z krawędzi górnej i lewej linia druga od dołu jak i linia druga od lewej strony ma wyraźnie większą “jasność”. Żeby potwierdzić naszą teorie, stworzyliśmy braki po przeciwległych stronach i dla porównania w tabeli pokażemy znaczek z brakami na każdej krawędzi:

Oryginał:	Transformata Fouriera:
	
	

Jak możemy zauważyć “jasność” linii w transformacie Fouriera jest różna dla braków ząbków w przypadku dwóch krawędzi (dolnej i prawej), a jest jednakowa dla braków w przypadku każdej z krawędzi. Jednak stwierdzenie czy braki wystąpiły na krawędzi górnej i lewej, czy na krawędzi dolnej i prawej jest bardzo trudne do stwierdzenia, ponieważ transformaty Fouriera w tych dwóch przypadkach wyglądają niemal identycznie.

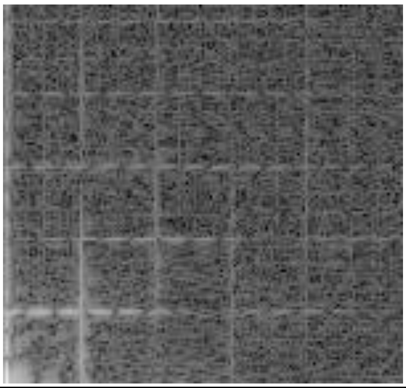
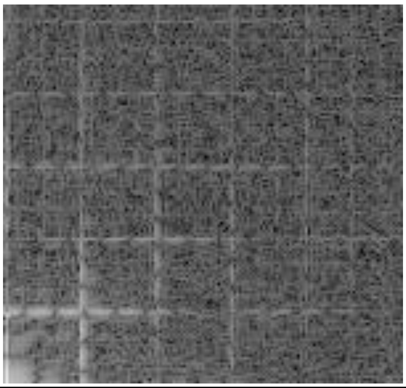
Następnym naszym eksperymentem było stworzenie braków na tylko jednej krawędzi znaczka.

Oryginał:	Transformata Fouriera:
	

Oryginał:	Transformata Fouriera:
	
	
	

Jak możemy zauważyć powtarza się zależność z poprzednich eksperymentów. Usuwając ząbki z krawędzi poziomych, podwaja się liczba linii pionowych w transformacie Fouriera i analogicznie dla krawędzi pionowych znaczka. Co więcej “jasność” linii w transformacie Fouriera jest różna, gdy stworzymy braki na tylko jednej krawędzi. Natomiast “jasności” linii w transformacie Fouriera, gdy zostały stworzone braki dla dwóch krawędzi pionowych czy poziomych jest identyczna (bierzemy tylko pod uwagę “jasność” linii w pobliżu punktu ze składową stałą DC, czyli lewego dolnego rogu transformaty). Jak już wcześniej to pokazaliśmy, również w tym przypadku stwierdzenie czy braki są w górnej, czy dolnej poziomej krawędzi jest bardzo trudne, gdyż transformaty wyglądają niemal identycznie.

Ostatnim naszym eksperymentem było po prostu wycięcie w rzędzie dużej grupy ząbków.

Oryginał:	Transformata Fouriera:
	
	

Dla porównania umieściliśmy jeszcze transformatę znaczka bez żadnych braków. Widzimy, że transformaty wyglądają bardzo podobnie, przez co taki brak jest o wiele trudniej do zauważenia, niż w przypadku regularnych braków, które występują przez całą krawędź znaczka.

Podsumowanie.

Nasze badania pokazały, że za pomocą transformaty Fouriera jesteśmy w stanie bardziej dokładnie zidentyfikować braki w znaczku w przypadku gdy te braki są regularne i powtarzają się z jakąś określoną częstotliwością. Natomiast wykrycie braku jednego ząbka czy kilku wyciętych w rzędzie już nie jest takie oczywiste analizując transformatę Fouriera.