

Janusz Bobulski
Instytut Informatyki Teoretycznej i Stosowanej
Politechnika Częstochowska
ul. Dąbrowskiego 73
42-200 Częstochowa
januszb@icis.pcz.pl

EKSTRAKCJA CECH TWARZY ZA POMOCĄ TRANSFORMATY FALKOWEJ

W artykule zaprezentowano jedno z zagadnień dotyczących dziedziny identyfikacji twarzy. Skuteczna ekstrakcja cech twarzy stanowi podstawę do prawidłowego jej zakwalifikowania w procesie identyfikacji. Proponowane podejście bazuje na transformacie falkowej (TF), wykorzystywanej dotychczas w rozpoznawaniu mowy. Zastosowanie tej metody ekstrakcji cech, w połączeniu z odpowiednią metodą klasyfikacji danych pozwala na zbudowanie skutecznego systemu identyfikacji osób. W porównaniu do innych metod ekstrakcji cech, np. transformata Fouriera, transformata falkowa wykazuje lepsze właściwości oraz niezależnia system od wpływu czynników zewnętrznych, typu zmiana natężenia oświetlenia oraz pozwala na lokalną analizę sygnału i wydobywanie z niego szczegółów, które są tracone w analizie globalnej oferowanej przez FFT.

SŁOWA KLUCZOWE: biometria, ekstrakcja cech, identyfikacja twarzy, transformata falkowa

WPROWADZENIE

Rozpoznawanie twarzy jest jedną z dziedzin wyodrębnioną z rozległej nauki – biometrii, która obecnie jest czołowym zagadnieniem wielu ośrodków badawczo-rozwojowych [1]. Zainteresowanie tą dziedziną wynika z potencjalnych możliwości praktycznego zastosowania nowych rozwiązań w identyfikacji osób w systemach wymagających autoryzacji dostępu osób uprawnionych do korzystania z potencjalnych zasobów, a także w celu wykorzystania ich w prewencji, ściganiu przestępców, a także autoryzacji dostępu.

Systemy identyfikacji twarzy składają się z trzech zasadniczych modułów: obróbki wstępnej, ekstrakcji cech, oraz reguły decyzyjnej. W fazie obróbki wstępnej wczytywany jest obraz zawierający twarz, a moduł odpowiada za wydzielenie i znormalizowanie twarzy. W drugim etapie następuje ekstrakcja cech twarzy, podobnie jak w rozpoznawaniu dowolnych wzorców należy wybrać charakterystyczne właściwości badanego obiektu oraz niezależnić je od czynników zakłócających i zewnętrznych. Etap ten jest najtrudniejszy, gdyż warunkuje on skuteczność systemu. W przypadku wyboru niewłaściwych cech lub tych, które nie różnią się znacząco u poszczególnych osób nie będzie możliwa poprawna weryfikacja obrazu twarzy. W ostatniej fazie procesu rozpoznawania twarzy następuje podjęcie decyzji o podobieństwie obiektów. Do tego celu można zastosować sieci neuronowe, ukryte modele Markowa i wiele innych. Jednak żadne z tych narzędzi nie da nam zadowalających wyników, jeśli w drugim etapie nie będzie zastosowana odpowiednia procedura.

2.TRANSFORMATA FALKOWA

Matematycznie, proces analizy Fouriera jest reprezentowany przez transformatę Fouriera (1),

$$F(\omega) = \int_{-\infty}^{\infty} f(t)e^{-j\omega t} dt \quad (1)$$

w której sumą są wszystkie czasy sygnału $f(t)$ pomnożonego przez zespół wykładowczy. Skutkami przekształceń Fouriera są *współczynniki*, które kiedy są pomnożony przez sinusoidę o odpowiedniej częstotliwości, wydają składowe sinusoidalne części oryginalnego sygnału. Graficznie cały proces został przedstawiony na Rys.1.1:

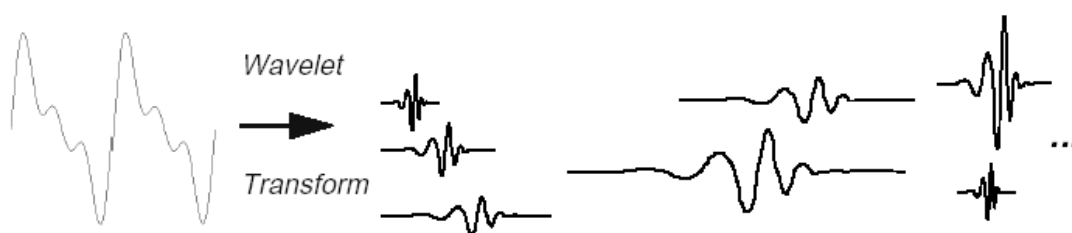


Rys.1.1. Proces otrzymywania składowych sinusoidalnych różnych częstotliwości.

Podobnie, ciągła transformata falkowa (CWT) jest zdefiniowana jako suma wszystkich czasów sygnału pomnożonego przez skalę (2).

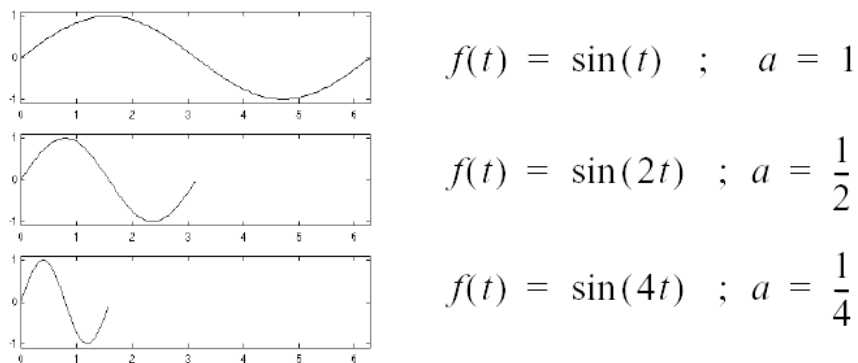
$$C(\text{skala}, \text{pozycja}) = \int_{-\infty}^{\infty} f(t)\psi(\text{skala}, \text{pozycja})dt \quad (2)$$

Wynikiem CWT jest wiele *współczynników falki* C , które są funkcjami skali i położenia. Pomnażając każdy współczynnik przez właściwie skalowaną i przesuniętą falkę zyskujemy składowe falki oryginalnego sygnału. Graficznie cały proces został przedstawiony na Rys.1.2:



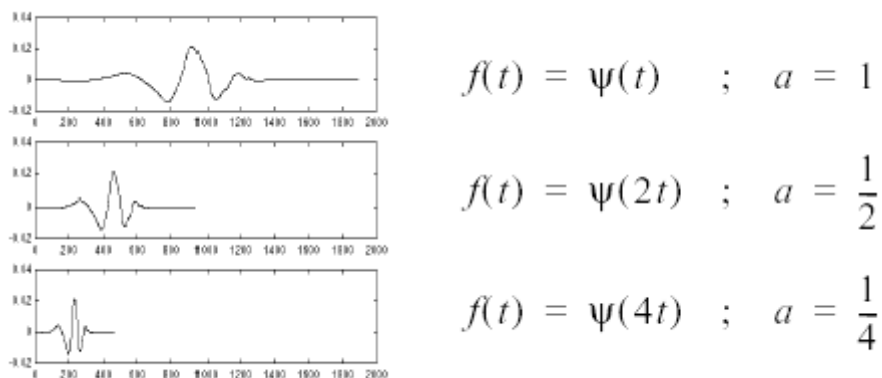
Rys1.2. Proces otrzymywania falki oryginalnego sygnału.

Skalowanie falki oznacza potocznie jej rozciąganie (albo kompresowanie). Aby wyjść poza potoczne określenie takie jak "rozciągnąć", wprowadzamy współczynnik skalowania, często oznaczony przez literę a . W przypadku sinusoid, skutek współczynnika skalowania jest bardzo jasny (Rys.1.3).



Rys.1.3. Skalowanie sinusoid

Współczynnik skalowania pracuje dokładnie tak samo z falkami, współczynnik mniejszej skali, bardziej „kompresuje” falkę.



Rys.1.4. Skalowanie falki

Przesunięcie falki po prostu znaczy opóźnienie (albo przyspieszenie) jej początku. Matematycznie, opóźnienie funkcji $f(t)$ przez k jest przedstawione przez $f(t-k)$. Proces ten przedstawiony został na Rys.1.5

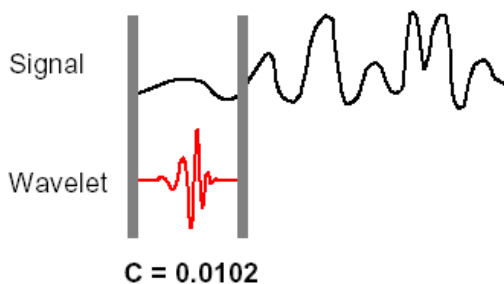


Rys.1.5. Przesunięcie falki

Ciągła transformata falkowa jest sumą całego czasu sygnału pomnożonego przez skalowanie, przesuniętą wersję falki. Ten proces daje współczynniki falki, które są funkcją skali i położenia. Proces tworzenia ciągłej Transformaty falkowej obejmuje następujące etapy:

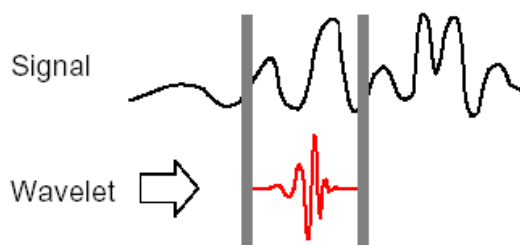
1. Porównujemy falkę do odcinka na początku oryginalnego sygnału.

2. Obliczamy numer C , który przedstawia jak dokładnie zestawiamy falkę z tym odcinkiem sygnału. Im Wyższe jest C , tym większe podobieństwo. Skutki zależą od kształtu falki, którą wybieramy (Rys.1.6).



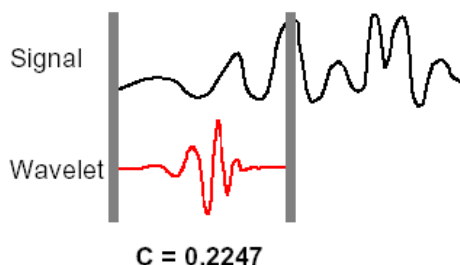
Rys.1.6. Zestawienie falki z początkowym odcinkiem sygnału.

3. Przesuwamy falkę w prawo i powtarzamy kroki 1 i 2 dopóki nie przykryją całego sygnału (Rys.1.7).



Rys.1.7. Przesunięcie falki.

4. Skalujemy (rozciągamy) falkę i powtarzamy kroki 1 do 3 (Rys.1.8).



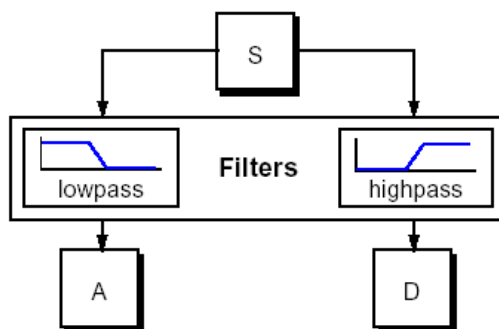
Rys.1.8. Skalowanie falki.

5. Powtarzamy kroki 1 do 4 dla wszystkich skalowań.

Po wykonaniu tych pięciu kroków, współczynniki są przedstawione w różnych skalach przez różne odcinki sygnału. Współczynniki tworzą skutki nawrotu oryginalnego sygnału wykonanego na falkach.

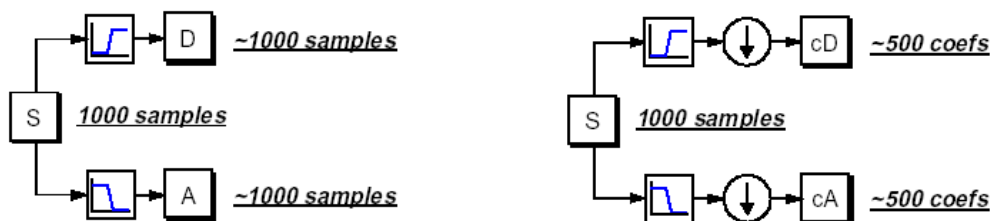
Każdy przetwarzany sygnał wykonywany na komputerze używającym prawdziwych danych musi być wykonany na sygnale dyskretnym - to jest, na sygnale, który został zmierzony w dyskretnych przedziałach czasu. Tak samo jest w przypadku ciągłej transformaty falkowej, która też działa w dyskretnym czasie.

Dla wielu sygnałów, istota niskiej częstotliwości jest najważniejszą częścią. To jest to, co daje sygnałowi jego tożsamość. Na przykład ludzki głos. Jeśli usuniemy składnik wysokiej częstotliwości, głos brzmi odmiennie, ale możemy nadal odróżnić, co jest mówione. Jednak, jeśli usuniemy składnik niskiej częstotliwości, słyszymy bełkot. W analizie falek, często rozmawiamy o *przybliżeniach* i *szczegółach*. Przybliżenia są wysokiej skali, niskiej częstotliwości składowymi sygnału. Szczegóły są niskiej skali, wysokiej częstotliwości składowymi sygnału. Proces filtrowania, w jego najbardziej zasadniczym poziomie przedstawiono na rys.1.9.



Rys.1.9. Schemat procesu filtrowania.

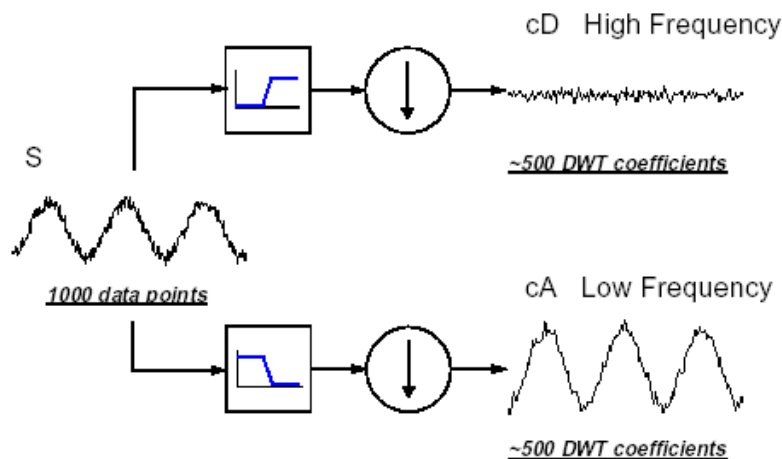
Oryginalny sygnał, S, przebiega przez dwa uzupełniające się filtry i wyłania się jako dwa sygnały. Niestety, jeśli ta operacja wykonywana jest na rzeczywistym cyfrowym sygnale, to jest używanych dwa razy więcej danych. Aby poprawić ten problem, wprowadzono pojęcie *downsampling* (Rys.1.10), które oznacza wyrzucanie, co drugiego punktu danych. Robiąc to wprowadzamy *schodkowanie* w elementach sygnału.



Rys.1.10. Sygnał przed i po downsamplingu

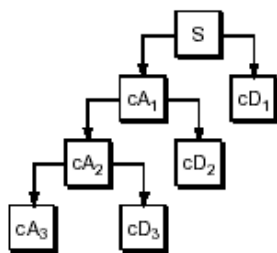
Proces po prawej stronie, który zawiera downsampling, produkuje współczynniki DWT.

Lepsze zrozumienie procesu umożliwi wykonanie jednoetapowej dyskretnej transformaty falkowej sygnału. Sygnał będzie zwykłą sinusoidą z wysoko-częstotliwościowym hałasem dodanym do niego. Rysunek 1.12 przedstawia schemat procesu z rzeczywistymi sygnałami.



Rys.1.11 Schemat jednoetapowej dyskretnej transformaty falkowej sygnału.

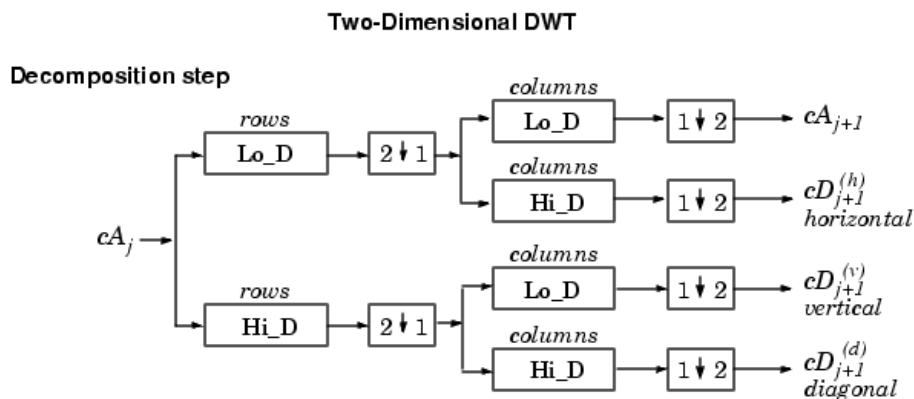
Proces rozkładu może zostać powtórzony, wraz z kolejnym przybliżeniem będąc rozłożonym w układzie, tak żeby jeden sygnał został rozbity na dużo niższe składniki rozwiązania. Taki proces nazywany jest *drzewem rozkładu falki* (Rys1.12).



Rys.1.12. Drzewo rozkładu sygnału falki.

2. DWUWYMIAROWA TRANSFORMATA FALKOWA

W przypadku sygnałów dwuwymiarowych do przeprowadzenia transformaty stosuje się wydzielony bank filtrów. Zazwyczaj stosuje się parę filtrów – górno i dolno przepustowy. Splot z filtrem dolnoprzepustowym daje w efekcie tak zwany obraz przybliżony, natomiast splot z kombinacją filtrów pasmowych zwraca obrazy z wydzielonymi szczegółami w określonych kierunkach: poziomym, pionowym i diagonalnym. Schemat przetwarzania obrazu przedstawiono na rysunku 3.1.



Rys. 2.1. Schemat dwuwymiarowej transformaty falkowej

Efekt zastosowania transformaty falkowej na rzeczywistym obrazie twarzy przedstawiono na rys. 3.2. Rozmiar obrazu wynikowego jest równy rozmiarowi obrazu wejściowego, poprzez zastosowanie downsamplingu, czyli odrzuceniu co drugiej kolumny i co drugiego wiersza. Operacja ta nie zwiększa ilości danych, jednocześnie nie powodując istotnej utraty informacji.



Rys.2.2. Obraz oryginalny i jego transformata falkowa

Tak jak w przypadku transformaty jednowymiarowej tak i przy przetwarzaniu obrazów, proces może być powtórzony przez zastosowanie rekurencji. W rezultacie można uzyskać bardziej szczegółowe dane dotyczące przetwarzanej informacji. Sposób tworzenia n-poziomowej transformaty można opisać następująco:

$$A_n = [H_x * [H_y * A_{n-1}] \downarrow_{2,1}] \downarrow_{1,2}$$

$$D_{n1} = [H_x * [G_y * A_{n-1}] \downarrow_{2,1}] \downarrow_{1,2}$$

$$D_{n2} = [G_x * [H_y * A_{n-1}] \downarrow_{2,1}] \downarrow_{1,2}$$

$$D_{n3} = [G_x * [G_y * A_{n-1}] \downarrow_{2,1}] \downarrow_{1,2}$$

Gdzie: * - oznacza splot funkcji, $\downarrow_{2,1}$ ($\downarrow_{1,2}$) oznacza próbkowanie co drugi rząd (kolumnę), A_0 - oryginalny obraz.

4. PODSUMOWANIE

Największą zaletą transformaty falkowej jest jej precyzja, którą można skalować zależnie od potrzeb. Dotychczas transformata falkowa stosowana była głównie w przetwarzaniu sygnałów jednowymiarowych np. przy analizie dźwięków. Można jednak z powodzeniem stosować ją w przetwarzaniu i analizie sygnałów dwuwymiarowych, np. obrazów twarzy, a w połączeniu z sieciami neuronowymi, modelami Markowa lub innymi regułami decyzyjnymi, pozwala na zbudowanie skutecznych systemów rozpoznawania twarzy.

LITERATURA

1. Bobulski J., Metoda rozpoznawania twarzy z wykorzystaniem pseudo-entropijnego kryterium, Informatyka teoretyczna i stosowana, 2(2)2002, Zeszyty naukowe Instytutu Matematyki i Informatyki na Politechnice Częstochowskiej, s. 69-74
2. Gacia C., Zikos G., Tziritas G., Wavelet packet analysis for face recognition, Image and Vision Computing 18, 2000, pp 289-297
3. Wavelet Toolbox User's Guide, MatLab 5.0, The MathWorks