

---

# Perangkat Lunak Koreksi Citra dengan Metode Wavelet

Waisen

STMIK - IBBI

Jl. Sei Deli , telp : 061 - 4567111

e-mail: white\_sen@yahoo.com

## Abstrak

Citra radar SAR pada umumnya mempunyai noise dan speckel yang berjumlah cukup besar, sehingga mengganggu interpretasi pengguna. Banyak jenis filter yang telah diciptakan khusus untuk dimanfaatkan untuk perbaikan citra radar SAR namun hasilnya belum cukup memuaskan. Oleh karena itu dilakukan suatu percobaan pemakaian transformasi wavelet untuk perbaikan citra radar dengan mempergunakannya sebagai filter. Beberapa hasil yang diperoleh diperbandingkan untuk memperoleh hasil yang optimal.

**Kata kunci:** Koreksi Citra, Metode Wavelet, Pengolahan Citra

## Abstract

Usually radar SAR imagery has so very much noise and speckel that reduce the user interpretation accuracy. There are many filter types created special to improve radar SAR imageries, however, people do not be satisfied with them. Therefore one do experiments of wavelet transformation utilization as filters to improve radar imagery. Several outcomes were compared to get which one is the best.

**Keyword :** Image Correction, Wavelet Methods, Image Processing

## 1. Pendahuluan

Sudah cukup lama ilmuwan mengenal Transformasi Fourier (TF) atau Analisis Fourier, analisis ini sudah banyak digunakan dalam pengolahan sinyal. Analisis Fourier adalah analisis gelombang yang mengekspansikan sinyal atau fungsi ke dalam gelombang sinus (atau eksponensial kompleks, yang ekuivalen) yang terbukti sangat berharga dalam matematika, sains dan teknik, terutama untuk fenomena periodik, tak gayut waktu, atau stasioner [5]. Seperti halnya Transformasi Fourier, Transformasi Wavelet digunakan juga untuk menganalisis sinyal ataupun data. Transformasi Wavelet (TW) adalah suatu alat untuk memilah-milah data, fungsi atau operator ke dalam komponen frekuensi yang berbeda-beda, kemudian mempelajari setiap komponen dengan suatu resolusi yang cocok dengan skalanya [1]. Dahulu teknik ini ditemukan sebagai alat dalam menyelesaikan persoalan dalam matematika murni, misalnya Calderon (1994), fisika dalam mekanika kuantum oleh Aslaken dan Klauder (1968), Hamiltonian atom Hidrogen oleh Paul (1985) dan dalam ilmu teknik dikenalkan oleh Esteban dan Galland (1977) dalam mendesain filter QMF, filter QMF ini kemudian dikembangkan dengan konstruksi eksak oleh Smith dan Barnwell (1986), dalam teknik kelistrikan lainnya oleh Vetterli (1986) dan pada tahun 1983 wavelet digunakan dalam menganalisis data seismic oleh J. Morlet [2]. Pada kurun waktu lima tahun terakhir ini telah terlihat suatu sintesis antara semua pendekatan yang berbeda, yang telah sangat kaya dengan harapan untuk semua lapangan yang dikaji.

Dengan menggunakan metoda wavelet telah secara umum dilakukan dengan sukses penyelesaian numerik persamaan diferensial parsial, pengolahan sinyal seismic dan geofisika, pengolahan sinyal dan citra biomedik/medis, komunikasi dan bahkan dikombinasikan dengan fractal untuk digunakan salah satunya menghilangkan noise dalam musik [4]. Dalam penginderaan jauh salah satunya Marcello Melis dan Andrea Lazzori menggunakan transformasi wavelet untuk mereduksi noise pada citra ERS-1 yang dilaporkan pada First ERS-1 Pilot Project Workshop di Toledo Spanyol tahun 1994.

## 2. Metodologi

Seseorang telah mengenal Transformasi Fourier tidak akan kesulitan untuk mengenal transformasi Wavelet. Transformasi Wavelet atau ekspansi wavelet didefinisikan sebagai

$$f(t) = \sum_i a_i \psi_i(t) \quad 2-1$$

---

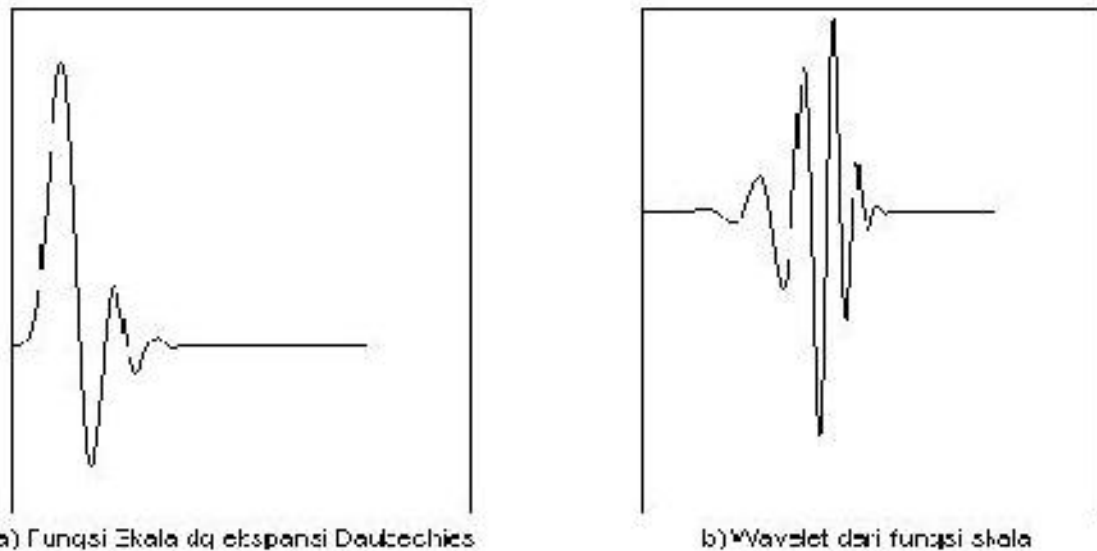
Di mana  $l$  bulat positif (integer),  $a_l$  koefisien ekspansi (riil) dan  $\psi_l(t)$  fungsi riil. Bila ekspansinya unik, set disebut basis dari fungsi yang diekspansikan. Kalau basis-basis tersebut ortogonal maka

$$\langle \psi_k(t); \psi_l(t) \rangle = \int \psi_k(t) \psi_l(t) dt = 0; k \neq l \quad 2-2$$

$$a_k = \langle f(t); \psi_k(t) \rangle = \int f(t) \psi_k(t) dt \quad 2-3$$

Koefisien dapat dihitung dengan inner product

Dengan mensubstitusikan (2-1) ke (2-3) menggunakan (2-2) menghasilkan koefisien  $a_k$  yang tunggal. Bila set basis tak ortogonal maka kedua set basis tersebut memberi koefisien yang dikehendaki.



Gambar 1. Fungsi Skala dan Wavelet Ekspansi Daubechies [3]

Fungsi wavelet diperoleh dari penggeseran (translasi) dan perubahan skala, yang dinyatakan dengan dua parameter translasi dan parameter skala. Ekspansi fungsi dalam transformasi wavelet tersebut tergantung pada sepasang parameter yang membuat persamaan (2-1) menjadi

$$f(t) = \sum_k \sum_l d_{j,k} \Psi_{j,k}(t) \quad 2-4$$

di mana indeks integer  $j$  dan  $k$  masing-masing berkaitan dengan parameter skala dan translasi.  $\Psi_{j,k}(t)$  adalah fungsi ekspansi wavelet yang merupakan suatu basis ortogonal. Wavelet terdiri atas banyak jenis, salah satunya dikembangkan oleh Daubechies (lihat Gambar 2-1), mereka mempunyai sifat yang sama yaitu; Semua yang disebut sistem wavelet generasi pertama dibangkitkan dari suatu fungsi skala (scaling function) tunggal atau wavelet dengan skala dan translasi sederhana. Energi sinyal terdistribusi secara baik oleh beberapa koefisien  $a_{j,k}$ . Perhitungan koefisien transformasi wavelet yang dilaksanakan lebih efisien dibanding FFT, yang dinyatakan dengan kompleksitas komputasi antara  $O(N)$  dan  $O(N \log(N))$ .

Semua sistem wavelet dibangkitkan dari fungsi skala atau wavelet tunggal dengan translasi sederhana. Secara umum wavelet dibangkitkan dari suatu fungsi (pembangkit wavelet atau ibu wavelet)  $\Psi(t)$  melalui

$$\Psi_{m,n}(t) = a^{-1/2} \Psi\left(\frac{t-b}{a}\right) \tag{2-5}$$

di mana  $a = a_0^m \neq 0$  sebagai parameter dilasi dan  $b = nb_0 a_0^m > 0$  adalah parameter translasi. Fungsi yang paling populer saat ini adalah dengan harga pada tetapan  $a_0 = 2$  dan  $b_0 = 1$ ;

$$\Psi_{j,k}(t) = 2^{j/2} \Psi(2^j t - k) \quad j,k \in \mathbb{Z} \tag{2-6}$$

di mana  $\mathbb{Z}$  adalah himpunan integer dan faktor  $2^{j/2}$  merupakan konstanta yang menjaga norm bebas dari  $j$ . Fungsi  $\Psi(t)$  ini merupakan basis ortonormal ruang  $L^2(\mathbb{R})$ .

Transformasi Wavelet seperti dalam transformasi Fourier juga terdiri atas dua jenis, yaitu Transformasi Wavelet Kontinyu dan Transformasi Wavelet Diskrit. Dalam transformasi wavelet Diskrit terdapat dua hal yang penting yaitu Sistem Diskrit Berlebih (berbingkai-bingkai) dan Basis Wavelet Ortonormal. Basis Wavelet Ortonormal dapat diinterpretasi secara praktis dan matematis melalui konsep multiresolusi, yaitu efek atas perubahan fungsi skala, di mana wavelet adalah ortonormal dan setiap fungsi dalam ruang dapat didekati oleh kombinasi linear terbatas dari fungsi wavelet. Untuk memudahkan perhitungan diperkenalkan suatu fungsi bantu yang disebut fungsi skala. Fungsi ini mempunyai hubungan dengan wavelet yang dinyatakan dalam persamaan berikut;

$$\varphi_{j,k}(t) = 2^{j/2} \varphi(2^j t - k) \tag{2-7}$$

dimana

$$\Psi(x) = \sum_k d_k \varphi(x - k) \tag{2-8,a}$$

$$\varphi(x) = \sum_k c_k \varphi(2x - k) \tag{2-8,b}$$

Untuk menjelaskan multiresolusi perlu dilihat ruang vektor  $L^2(\mathbb{R})$ . Ruang tersebut dibentang berdasarkan basis fungsi skala  $\varphi(t)$  yang didefinisikan sebagai

$$V_0 = \overline{\text{span}\{\varphi_k(t)\}} \tag{2-9}$$

Untuk semua interger  $k$  dari  $-\infty$  ke  $+\infty$  yang berarti

Secara umum ukuran bagian belakang dapat berubah-ubah, skala waktu fungsi skala.

$$f(t) = \sum_k a_k \varphi_k(t) \quad \text{untuk setiap } f(t) \in V_0 \tag{2-10}$$

Basis fungsi skala dapat ditulis dengan bentangan ke  $k$  adalah :

$$V_j = \overline{\text{span}\{\varphi_k(2^j t)\}} = \overline{\text{span}\{\varphi_{j,k}(t)\}} \tag{2-11}$$

Untuk semua integer  $k \in \mathbb{Z}$  yang berarti bahwa  $f(t) \in V_j$ , maka dapat dinyatakan sebagai

$$f(t) = \sum_k a_k \varphi(2^j t - k) \tag{2-12}$$

Untuk  $j > 0$ , bentangan dapat lebih besar jika  $\varphi_{j,k}(t)$  lebih sempit dan bergeser dalam langkah yang lebih kecil, sehingga lebih detail (halus). Untuk  $j < 0$ ,  $\varphi_{j,k}(t)$  lebih lebar dan digeser lebih lebar. Multiresolusi tersebut dapat diformulasikan sebagai bentang ruang yang bertingkat seperti berikut,

$$\dots \subset v_2 \subset v_1 \subset v_0 \subset v_{-1} \subset v_{-2} \subset \dots \subset L^2 \tag{2-13a}$$

Atau

$$v_j \subset v_{j+1} \text{ untuk semua } j \in \mathbb{Z} \tag{2-13b}$$

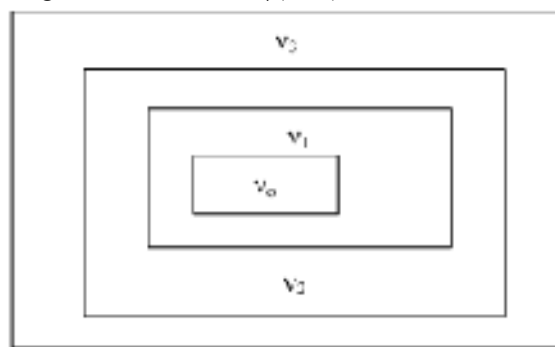
dengan

$$v_{\infty} = \{0\}, v_{-\infty} = L^2 \tag{2-13c}$$

Ruang berisi sinyal resolusi lebih tinggi akan berisi juga sinyal beresolusi lebih rendah. Karena definisi  $v_j$ , ruang-ruang harus memenuhi suatu kondisi skala alami.

$$f(t) \in v_j \Leftrightarrow f(2t) \in v_{j-1} \tag{2-14}$$

Yang menjamin elemen-elemen dalam ruang merupakan skala versus elemen-elemen ruang berikutnya. Resolusi ruang yang terbentang berturut-turut dari  $\varphi(2^k t)$  diilustrasikan dalam gambar 2-2 berikut :



Gambar 2. Ruang vektor bertingkat yang dibentang oleh fungsi skala

Bila  $\varphi(t)$  dalam  $v_0$ , berarti  $\varphi(t)$  juga dalam  $v_1, v_2, v_3$  dan seterusnya dalam  $v_x$ . Ruang yang dibentang dari  $\varphi(2t)$ ,  $\varphi(t)$  dapat dinyatakan dalam jumlah berbobot  $\varphi(t)$  yang ditranslasi

$$\varphi(t) = \sum_n h(n) \sqrt{2} \varphi(2t - n) \quad n \in \mathbb{Z} \tag{2-15}$$

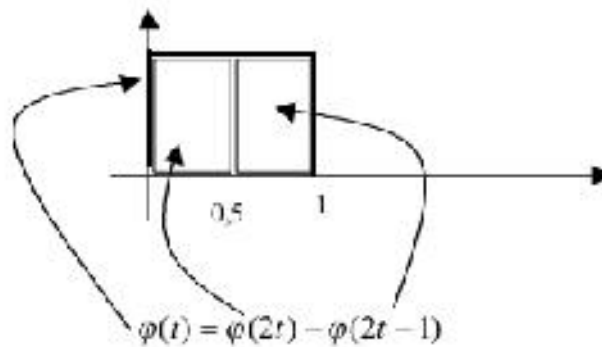
koefisien  $h(n)$  adalah deretan bilangan riil atau kompleks yang disebut koefisien fungsi skala (filter skala atau vektor skala). Sebagai contoh fungsi skala Haar yang berbentuk pulsa sederhana yang bertinggi dan lebar satu (lihat Gambar 2-3), terlihat bahwa  $\varphi(2t)$  dapat digunakan untuk membangun  $\varphi(t)$  dengan

$$\varphi(t) = \varphi(2t) + \varphi(2t - 1) \tag{2-16}$$

koefisien adalah  $h(0) = 1/\sqrt{2}$ , dan  $h(1) = 1/\sqrt{2}$ . Sinyal dapat direpresentasikan secara lebih baik dengan fungsi wavelet  $\Psi_{j,k}(t)$  yang lebih baik. Fungsi tersebut membentang ruang di dalam ruang yang dibentang fungsi-fungsi skala. Semua anggota fungsi tersebut ortogonal dengan fungsi skala. Bila ruang fungsi skala dinyatakan dengan  $v_n$  maka ruang wavelet adalah  $\Psi$ , maka semua anggota  $v_j$  ortogonal dengan  $\Psi_j$ , dinyatakan dengan

$$\langle \varphi_{j,k}(t), \Psi_{j,l}(t) \rangle = \int \varphi_{j,k}(t) \Psi_{j,l}(t) dt = 0 \tag{2-17}$$

Untuk semua  $j, k, l \in \mathbb{Z}$  yang cocok



Gambar 3. Penguraian Fungsi Skala

Didefinisikan wavelet yang membentang bagian ruang  $\Psi_0$ , sedemikian rupa hingga

$$v_1 = v_0 \oplus \omega_c \tag{2-18a}$$

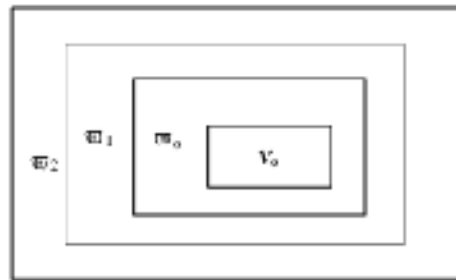
Dikembangkan menjadi

$$v_2 = v_c \oplus \omega_0 \oplus \omega_1 \tag{2-18b}$$

Seterusnya secara umum memberi

$$L^2 = v_0 \oplus \omega_c \oplus \omega_1 \oplus \omega_2 \dots \tag{2-18c}$$

Jika  $v_0$  adalah bagian ruang permulaan dengan bentang fungsi skala (t-k), gambar 2-4 secara grafis memberi gambaran ruang bertingkat fungsi skala dengan berbagai skala j dan bagaimana ruang wavelet terhubung.



Gambar 4. Fungsi skala dan Ruang vektor Wavelet

Wavelet yang ada dalam ruang dibentang oleh fungsi skala tersempit berikutnya,  $\omega_0 = v_1$ , direpresentasikan oleh jumlah berbobot fungsi skala tergeser  $\varphi(2t)$

$$\psi(t) = \sum_n h_1(n) \sqrt{2} \varphi(2t - n) \quad n \in \mathbb{Z} \tag{2-19}$$

Untuk beberapa set koefisien  $h_1(n)$ . Koefisien tersebut dapat diperoleh dari koefisien fungsi skala

$$h_1(n) = (-1)^n h(1-n) \tag{2-20}$$

Untuk suatu  $h(n)$  panjang tertentu  $N$ ,

$$h_1(n) = (-1)^n h(N-1-n) \tag{2-21}$$

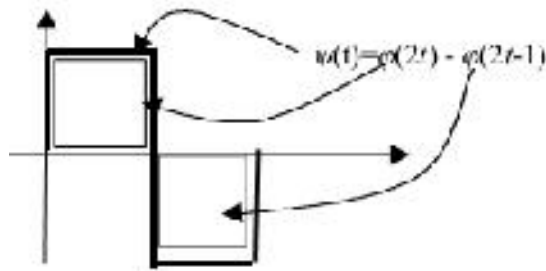
Prototipe wavelet atau ibu wavelet adalah

$$\psi_{j,k}(t) = 2^{j/2} \psi(2^j t - k) \tag{2-22}$$

Sehingga diperoleh suatu set fungsi-fungsi  $\varphi(t)$  dan  $\Psi(t)$  yang dapat membentang  $L^2(\mathbb{R})$ . Contoh fungsi skala Haar di atas dapat memberi wavelet sebagai yang diilustrasikan dalam gambar 2-5. Suatu fungsi  $g(t) \in L^2(\mathbb{R})$  dapat ditulis sebagai

$$g(t) = \sum_{k=-\infty}^{\infty} c(k) \varphi_k(t) + \sum_{j=0}^{\infty} \sum_{k=-\infty}^{\infty} d(j,k) \psi_{j,k}(t) \tag{2-23}$$

Sebagai deret ekspansi dalam fungsi skala dan wavelet



Gambar 5. Wavelet Fungsi Haar

### 3. Hasil dan Analisis

Dengan menggunakan metode Wavelet, citra atau gambar yang dihasilkan oleh pencitraan satelit dapat dilihat lebih jelas dengan mengurangi noise yang ada pada hasil pencitraan.

Teknik analisis data berupa *file* citra hasil koreksi dilakukan pada beberapa contoh *file input* kemudian diuji kembali apakah dapat memperbaiki *file* citra. Pada tahapan ini dilakukan pemodelan dan pemilihan data model yang cocok untuk program ini dimana ditentukan bahwa tipe data yang cocok adalah tipe data *picture* untuk semua operasi yang dilakukan.

#### 3.1. Perancangan Sistem

Aplikasi ini dikembangkan menggunakan metodologi *Rapid Application Development (RAD)* dengan tahapan sebagai berikut:

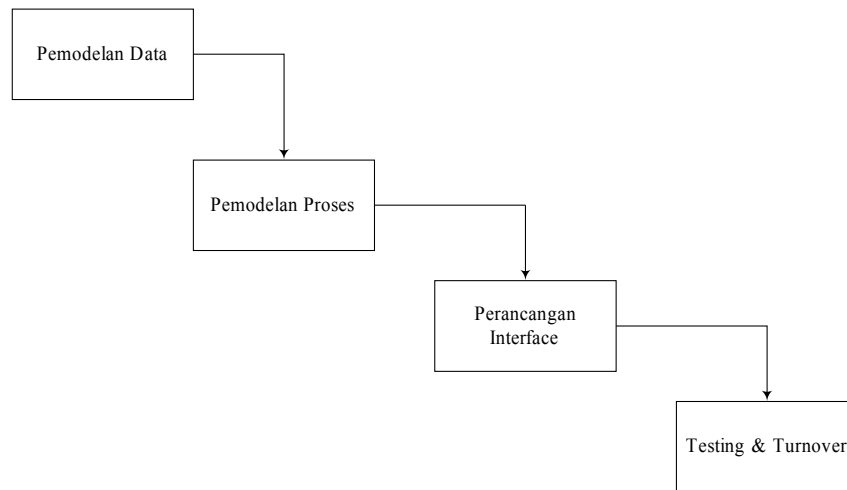
- a. Melakukan pengumpulan berbagai data dan informasi yang berkaitan dengan program yang akan dirancang.
- b. *Planning* yaitu tahapan merencanakan rancangan aplikasi yang akan dibuat dan mengumpulkan algoritma-algoritma yang digunakan dalam merancang aplikasi.
- c. *Prototype* yaitu membuat bentuk *user interface* berdasarkan atas tahapan *planning* di atas.
- d. *Analysis* yaitu melakukan analisis terhadap *prototype* yang dirancang jika terdapat kesalahan maka dilakukan koreksi.
- e. *Design* yaitu merancang bentuk *prototype* yang telah disempurnakan dengan menggunakan salah satu bahasa pemrograman yang mendukung RAD. Pada tahapan *design* ini jika terdapat ketidaksesuaian maka dapat diulangi langkah pada bagian *prototype* dan *analysis*.
- f. *Implementation* yaitu mengimplementasikan *prototype* yang telah dirancang, melakukan *testing* dan perbaikan.

#### 3.2. Pembangunan Sistem

Pada bagian analisis kebutuhan sistem ini dilakukan penguraian atas kebutuhan apa yang diperlukan sehingga aplikasi kompresi ini dapat dirancang dan tersedia fasilitas apa saja. Perancangan *interface* dilakukan untuk merancang *user interface* untuk fungsi-fungsi seperti yang disebutkan di atas. Rancangan *interface* akan dilakukan pada IDE (*Integrated Development Environment*) dari *Visual Basic 6.0*.

### 3.3. Implementasi Sistem

Pada tahapan ini dilakukan pengujian terhadap sistem yang dirancang dengan apakah telah berjalan dengan baik.



Gambar 6. Model Pengujian

### 4. Kesimpulan

Dari uraian yang tertuang dalam bab-bab terdahulu maka dapat diambil kesimpulan bahwa dengan menggunakan transformasi wavelet dapat dilakukan penghilangan derau (noise), frekuensi yang tidak dikehendaki. Ukuran komponen citra semakin tinggi tingkat transformasinya semakin mengecil sehingga kalau direkonstruksi ukuran hasilnya pun sama. Namun dalam percobaan yang dilakukan, belum dapat menunjukkan filter hasil transformasi wavelet yang paling baik, masih akan dicoba dengan fungsi wavelet yang lain

### Daftar Pustaka :

- [1] M. Sifuzzaman, M.R. Islam and M.Z. Ali Application of Wavelet Transform and its Advantages Compared to Fourier Transform Journal of Physical Sciences, Vol. 13, 2009, 121-134 ISSN: 0972-8791
- [2] Morlet, J.; Arens, G.; Fourgeau, E. and Giard, D. Wave propagation and sampling theory, Part1: Complex signal land scattering in multilayer media. Journal of Geophysics, 47: 203-221, 1982.
- [3] MELIS, MARCELLO dan LAZZORI, A., Multi Temporal and Single Image Feature Extraction, From ERS-1 SAR Image Data with Wavelet Transforms and Unsupervised Neural Networks, Proceedings of First ERS-1 Pilot Project Workshop, Toledo, Spain, 22-24 June 1994 (ESA Sp 365 Oct 1994)
- [4] BURRUS, C. SIDNEY at. al. Introduction to Wavelets and Wavelet Transformation, Prentice Hall International Inc. New Jersey, (1998)
- [5] WICKERHAUSER, MLADEN VICTOR, Adapted Wavelet Analysis from Theoryto Software, IEEE, Piscataway - New Jersey, (1994)