

**Տ.Մ. ԽՈՒԴԱՎԵՐԴՅԱՆ, Մ.Գ. ԽԱՇԱՏՐՅԱՆ, Թ.Տ. ՕԳԱՆԵՏՅԱՆ,
Ն.Բ. ՄԵԳՐԱԲՅԱՆ**

**ИССЛЕДОВАНИЕ ВОЗМОЖНОСТЕЙ СЕЛЕКТИВНОЙ
СПЕКТРАЛЬНОЙ ЧУВСТВИТЕЛЬНОСТИ ДВУХБАРЬЕРНЫХ
ФОТОДЕТЕКТОРНЫХ СТРУКТУР**

Исследованы экспериментальные образцы с двумя противоположно действующими потенциальными барьерами. В них при продольном поглощении излучения обнаружены возможности определения разных волн, их интенсивности и диапазон спектральной чувствительности.

Ключевые слова: спектральный анализ, силицидный барьер, оптическая среда, селективная чувствительность.

**S.KH. KHUDAVERDYAN, M.G. KHACHATRYAN, T.S. HOVHANNISQAN,
N.B. MEHRABYAN**

**STUDING THE POSSIBILITY OF SPECTRAL SELECTIVE OF
SENSITIVITY DOUBLE BARRIER PHOTODETECTION STRUCTURES**

The experimental samples with two oppositely acting potential barriers are investigated. In them, at longitudinal radiation absorption, the possibilities of determining different waves, their intensity and spectral sensitivity range are revealed.

Keywords: spectral analysis, silicide barrier, optical medium, selective sensitivity.

ՀՏԴ 621.391

**Ս.Գ. ԳՈՄՑՅԱՆ, Մ.Ս. ՄԱՐԳԱՐՅԱՆ, Բ.Ֆ. ԲԱԴԱԼՅԱՆ, Հ.Ա. ԳՈՄՑՅԱՆ
ԱԶԴԱՆՇԱՆՆԵՐԻ ԶՏՈՒՄԸ WAVELET TOOLBOX ՄԻՋԱՎԱՅՐՈՒՄ**

Դիտարկվել են ազդանշանների վեյվլետ-բաղադրման և վերականգնման տեսական հիմունքները: Բերվել է Wavelet Toolbox V4.11 փաթեթի նկարագրությունը՝ ինչպես սովորական, այնպես էլ հատուկ տիպի վեյվլետների ներմուծման և վերլուծության նպատակով: Իրականացվել են տարատեսակ բարդ ազդանշանների վեյվլետ-բաղադրումը և աղմուկներից զտումը:

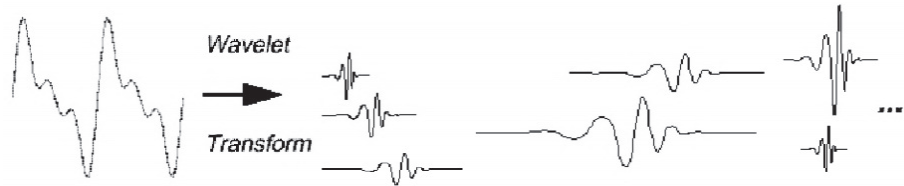
Առանցքային բաներ. ալիքային փաթեթ, բազիսային ֆունկցիա, վեյվլետ-ձևափոխություններ, շեմային մշակում, աղմուկի զտում:

Ներածություն: Վերջին տասնամյակներում խիստ տեղայնացված փոփոխություններով ոչ պարբերական ազդանշանների վերլուծության համար հարմունիկ ֆունկցիաների փոխարեն առավել հաճախ կիրառում են ալիքային փաթեթի

տեսքով ֆունկցիաներ, որոնք անվանվում են վեյվլետներ: Վեյվլետը (Wavelets) այնպիսի ֆունկցիաների ընդհանրացված անվանումն է, որոնք ունեն ինտեգրալի զրոյական արժեքով կարճ ալիքային փաթեթների տեսք, տեղայնացված են անկախ փոփոխականի (t կամ x) առանցքով, ունակ են տեղաշարժվելու և մասշտաբավորվելու (սեղմվելու, ընդլայնվելու):

Վեյվլետները ստեղծվում են հատուկ բազիսային ֆունկցիաների միջոցով, որոնք սահմանում են դրանց տեսքը, հատկությունները և բավարարում են մի շարք յուրահատուկ պայմանների: Որպես բազիսային ֆունկցիաներ կարող են հանդիսանալ իմպուլսներով մոդուլացված սինուսոիդները, մակարդակի թռիչքով ֆունկցիաները և այլն: Վեյվլետների համախումբը՝ ժամանակային կամ հաճախականային ներկայացմամբ, կարող է մոտարկել բարդ ազդանշանը կամ պատկերը բավականին ճշգրիտ կամ չնչին սխալանքով:

Խնդրի դրվածքը: Որոշակի $\psi_0(t)$ բազիսային ֆունկցիայի հիման վրա ձևավորված վեյվլետների համախումբը տարբեր է ազդանշանի որոշման ժամանակային միջակայքի զանազան մասերում և ներկայացնում է ազդանշանը մանրամասնման այս կամ այն աստիճանով (նկ.1): Նման մոտեցումը կոչվում է ազդանշանի վեյվլետ-վերլուծություն:



Նկ. 1. Ազդանշանի վեյվլետ-վերլուծության գաղափարը

Ազդանշանների վեյվլետ-ներկայացման հիմնարար գաղափարներից է ազդանշանի մոտարկման բաժանումը երկու բաղադրիչների՝ կոպիտ (ապրոքսիմացնող) և ճկուն (մանրամասնող)՝ դրանց հետագա մասնատմամբ ազդանշանի դեկոմպոզիցիայի մակարդակի փոփոխման նպատակով:

Անընդհատ վեյվլետ-ձևափոխության (CWT-Continue Wavelet Transform) հիմքում ընկած է երկու՝ անընդհատ և ողջ ժամանակային առանցքով ինտեգրվող ֆունկցիաների օգտագործումը.

- $\psi(t)$ վեյվլետ-ֆունկցիա ինտեգրալի զրոյական արժեքով ($\int_{-\infty}^{\infty} \psi(t)dt = 0$), որը սահմանում է ազդանշանի առանձնահատկությունները և տալիս է մանրամասնող գործակիցներ,
- մասշտաբավորվող կամ սքեյլինգ $\varphi(t)$ ֆունկցիա՝ ինտեգրալի միավոր արժեքով ($\int_{-\infty}^{\infty} \varphi(t)dt = 1$), որը սահմանում է ազդանշանի կոպիտ մոտարկումը և առաջացնում է ապրոքսիմացման գործակիցներ:

$\psi(t)$ ֆունկցիան ստեղծվում է այս կամ այն $\psi_0(t)$ բազիսային ֆունկցիայի հիման վրա, որը, ինչպես և $\psi(t)$ -ն, որոշում է վեյվլետների տիպը [1]: Բազիսային ֆունկցիան պետք է ապահովի երկու հիմնական գործողությունների կատարումը.

- շեղում t ժամանակային առանցքով՝ $\psi_0(t - b)$, երբ $b \in \mathbb{R}$,
- մասշտաբավորում $a^{-\frac{1}{2}} \psi_0\left(\frac{t}{a}\right)$, երբ $a > 0, a \in \mathbb{R}^+ - \{0\}$:

Հետևաբար, տրված a և b պարամետրերի համար $\psi(t)$ ֆունկցիան հանդիսանում է հենց վեյվլետ [2].

$$\psi(t) = a^{-\frac{1}{2}} \psi_0\left(\frac{t-b}{a}\right): \quad (1)$$

$S(t)$ ազդանշանի ուղիղ անընդհատ վեյվլետ-ձևափոխությունը սահմանվում է Ֆուրյե-ձևափոխության նմանությամբ՝ վեյվլետ-գործակիցների հաշվարկման ճանապարհով.

$$C(a, b) = \int_{-\infty}^{\infty} S(t) a^{-\frac{1}{2}} \psi\left(\frac{t-b}{a}\right) dt : \quad (2)$$

Անընդհատ հակադարձ վեյվլետ-ձևափոխությունն իրականացվում է ժամանակային տիրույթում վերականգնման բանաձևով, որը MATLAB R2013a միջավայրում ունի հետևյալ տեսքը [3].

$$S(t) = \frac{1}{K_\psi} \int_{\mathbb{R}^+} \int_{\mathbb{R}} C(a, b) a^{-\frac{1}{2}} \psi\left(\frac{t-b}{a}\right) \frac{da db}{a^2}, \quad (3)$$

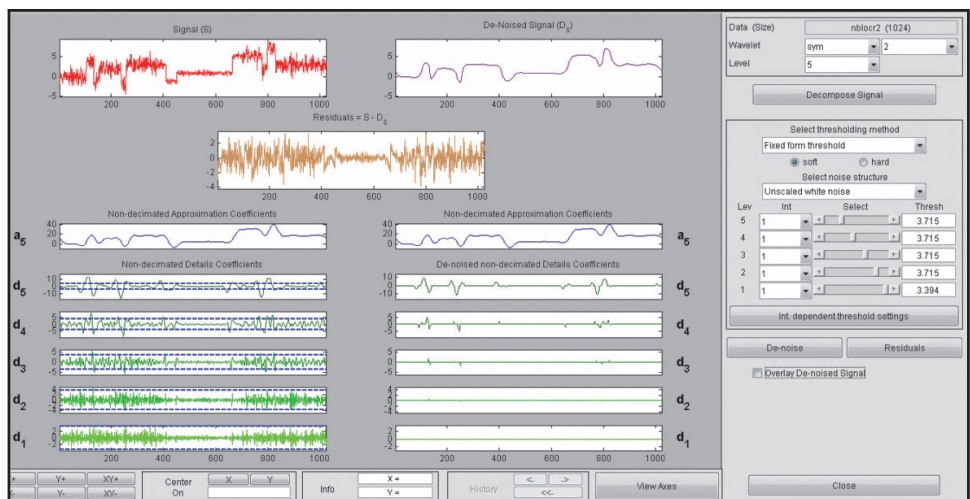
որտեղ K_ψ -ն ψ ֆունկցիայով որոշվող հաստատուն է:

Հետազոտության արդյունքները: Ռադիոտեխնիկայում արդիական խնդիր է տեսա- և ձայնային ազդանշանների զտումը աղմուկներից, և հենց սա է վեյվլետ-տեխնոլոգիաների կիրառման առավել հեռանկարային ոլորտներից մեկը: Բազմաթիվ հետազոտությունների արդյունքում ակնհայտ դարձան վեյվլետների կիրառման անվիճելի առավելությունները այլ մեթոդների նկատմամբ:

Ինչպես հայտնի է, ազդանշաններից և պատկերներից աղմուկների հեռացման համար օգտագործվում է ազդանշանի սպեկտրից բարձր հաճախականային բաղադրիչների հեռացում: Սակայն վեյվլետների դեպքում օգտագործվում է մանրամասնող գործակիցների մակարդակի սահմանափակում: Աղմկային բաղադրիչների բարձր մակարդակ պարունակող հենց այդ գործակիցներն են բացահայտում ազդանշանների կարճատև առանձնահատկությունները [2], որոնց շարքն են դասվում նաև աղմուկները: Ուստի, սահմանելով մանրամասնող գործակիցների համար որոշակի շեմ և հատելով դրանք ըստ այդ մակարդակի, կարելի է նվազացնել աղմուկները ազդանշանում:

Դիտարկենք երկու թեստային աղմկային ազդանշան, փորձենք զտել դրանք աղմուկներից՝ օգտագործելով տարատեսակ վեյվլետներ, վեյվլետ-տրոհման տարբեր մակարդակներ, շենային մշակման տարբեր մեթոդներ: Հետագո-տությունները կատարվել են MATLAB R2013a ծրագրի WAVELET TOOLBOX փաթեթի միջավայրում: Փաթեթի պատուհանում ընտրում ենք SWT De-noising 1D բաժինը, որը հնարավորություն է տալիս կատարել ազդանշանի մշակում միա-չափ ստացիոնար վեյվլետների միջոցով: Կոճակի սեղմումից հետո բացվում է գրաֆիկական մի միջավայր, որով կարելի է իրականացնել ազդանշանի վերլուծություն: Հիմնական դաշտում արտացոլվում են վերլուծության արդյունքները, իսկ աջ մասում նախատեսված են ազդանշանը վերլուծող վեյվլետի տեսակի (Wavelet), վեյվլետ-տրոհման մակարդակի (Level) և վեյվլետ-գործակիցների արտացոլման համար (Decompose Signal), ինչպես նաև օպտիմալ շեմի (threshold) արժեքների ընտրության, վիճակագրական բնութագրերի, հիստոգրամների ստացման (Residuals) և աղմուկների հեռացման (De-noise) գործողություններ կատարող կոճակները: Այս մենյուն ակտիվանում է, երբ File մենյուի միջոցով ներբեռնում ենք հետազոտվող ազդանշանը:

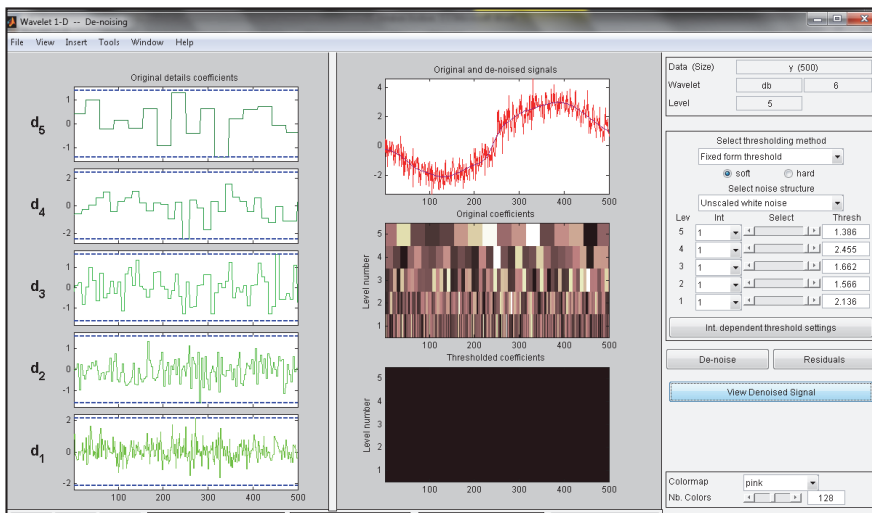
Նախ՝ դիտարկենք աղմկային ուղղանկյունաձև իմպուլսներ ներկայացնող nblocr2 թեստային ազդանշանը: Աշխատանքի նպատակն է մաքրել թվային ազդանշանը աղմուկներից, ընտրելով դրա համար առավել հարմար վեյվլետի տեսակ, դեկոմպոզիցիայի և շեմի օպտիմալ մակարդակներ: Լավագույն արդյունքները ստացվեցին sym2 վեյվլետի կիրառմամբ, տրոհման մինչև 5-րդ մակարդակի դեպքում (նկ.2):



Նկ. 2. Stationary Wavelet Transform Denoising 1-D պարունակի սեսքը

Գրաֆիկական մասի վերևում ներկայացված են աղմկային nblocr2 իմպուլսային ազդանշանը (S), աղմուկներից մաքրված ազդանշանը (Ds), իսկ դրանց ներքևում՝ աղմկային բաղադրիչը (S-Ds): Ստորին ծախ մասում պատկերված են 5-րդ մակարդակի ապրոքսիմացնող և մինչև 5-րդ մակարդակ մանրամասնող գործակիցների գրաֆիկները (a_5 և d_5, d_4, d_3, d_2, d_1): Յուրաքանչյուրի դիմաց՝ աջ կողմում, բերված են այդ գործակիցների շեմային մշակումից հետո ստացված արդյունքները: Ինչպես տեսնում ենք, ապրոքսիմացնող բաղադրիչը չի ենթարկվում շեմային մշակման, իսկ մանրամասնող բաղադրիչներից հեռացվում են ընտրված շեմից ցածր բոլոր արժեքները: Տվյալ դեպքում ընտրված է շեմային մշակման մեղմ մեթոդը: Շեմային խիստ մշակման ժամանակ պահպանվում են ընտրված շեմից մոդուլով մեծ կամ հավասար բոլոր մանրամասնող գործակիցները, իսկ շեմից փոքր արժեքները վերածվում են զրոյի: Մեղմ մշակման դեպքում տեղի է ունենում նաև պահպանված գործակիցների մոդուլների նվազում շեմի արժեքի չափով: Յուրաքանչյուր մանրամասնող գործակիցի համար ընտրված է շեմի իր օպտիմալ մակարդակը, որն ապահովվում է ազդանշան/աղմուկ հարաբերության առավելագույն արժեք:

Այժմ նմանատիպ վեյվլետ-վերլուծության ենթարկենք աղմկային սինուսիդ ներկայացնող ex1nfix թեստային ազդանշանը: Այս դեպքում GUI-ի Wavelet Toolbox Main Menu-ից ընտրենք Wavelet 1-D բաժինը, որը հնարավորություն է տալիս կատարել ազդանշանի մշակում միաչափ դիսկրետ վեյվլետների միջոցով:



Նկ. 3. Wavelet 1-D -Denoising պատրուհանի տեսքը և ex1nfix ազդանշանի գրաֆիկը

Այս դեպքում աղմուկի հեռացման լավագույն արդյունքները ստացվեցին վեցերորդ կարգի db6 Դորեշի վեյվլետի կիրառմամբ, տրոհման մինչև 5-րդ մակարդակի դեպքում (նկ.3): Տվյալ պատուհանի ձախ մասում բերված են մանրամասնող գործակիցների (d_5, d_4, d_3, d_2, d_1) գրաֆիկները, որտեղ կետագծերով ներկայացված են շեմային մակարդակները, որոնց թվային արժեքները յուրաքանչյուր գործակցի համար ընտրված և արտացոլված են գրաֆիկական պատուհանի աջ կողմում: Միջնամասում պատկերված են ex1nfix աղմուկային և աղմուկից մաքրված ազդանշանները (Original and de-noised signals), մանրամասնող գործակիցների սպեկտրագիրը աղմուկի առկայությամբ (Original coefficients) և շեմային մշակում անցնելուց հետո (Thresholded coefficients):

Եզրակացություն: Կատարված տեսական և փորձնական հետազոտությունները ցույց են տալիս, որ ուղիղ և հակադարձ վեյվլետ-ձևափոխությունները ոչ միայն ապահովում են ազդանշանի գրեթե կատարյալ վերականգնում, այլ նաև ընձեռում են այնպիսի հնարավորություններ, ինչպիսիք են աղմուկներից զտումը և պարունակվող տեղեկույթի սեղմումը: Աղմուկների մակարդակը կրճատվում է մանրամասնող գործակիցների՝ ըստ սահմանված շեմային մակարդակի հաստամբ: Վեյվլետ-զտման կարևոր առանձնահատկություններից է այն, որ շեմային մակարդակը կարելի է սահմանել յուրաքանչյուր գործակցի համար առանձին, ինչը թույլ կտա ստեղծել ազդանշանների փոփոխության նկատմամբ կայուն և հարմար զտման համակարգեր:

ԳՐԱԿԱՆՈՒԹՅԱՆ ՑԱՆԿ

1. **Марченко А.Л., Марченко Е.А.** Основы преобразования информационных сигналов: Учебное пособие для вузов.-М.: Горячая линия-Телеком, 2010.-288с.
2. **Дьяконов В.П.** Вейвлеты. От теории к практике. Издание 2-е, дополненное и переработанное. - М.: Солон-Р, 2004.- 440с.
3. **Бадалян Б.Ф., Гомцян О.А.** Применение вейвлетов в системах биометрической идентификации // Вестник НПУА: Сборник научных статей. Ч. I.-Ереван, 2016.- С.361-366.

Տ.Գ. ԳՈՄՇՅԱՆ, Մ.Տ. ՄԱՐԳԱՐՅԱՆ, Բ.Փ. ԲԱԴԱԼՅԱՆ, Օ.Ա. ԳՈՄՇՅԱՆ

ФИЛЬТРАЦИЯ СИГНАЛОВ В СРЕДЕ WAVELET TOOLBOX

Рассмотрены теоретические основы вейвлет-разложения и восстановления сигналов. Приведено описание пакета Wavelet Toolbox V4.11 для задания и анализа вейвлетов различного, в том числе специального типа. Осуществлены вейвлет-разложение и фильтрация от шумов различных сложных сигналов.

Ключевые слова: волновой пакет, базисная функция, вейвлет-преобразования, пороговая обработка, фильтрация шума.

**S.G. GOMTSYAN, M.S. MARGARYAN, B.F. BADALYAN,
H.A. GOMTSYAN**

**FILTRATION OF SIGNALS IN THE WAVELET TOOLBOX
ENVIRONMENT**

The theoretical bases of wavelet-decomposition and reconstruction of signals are considered. The description of the package Wavelet Toolbox V4.11, regarding the assignment and the analysis of various wavelets, including a special type is given. Wavelet-decomposition and filtration from noise of various complex signals are carried out.

Keywords: wave package, basic function, wavelet transforms, threshold processing, noise filtration.

ՀՏԴ 621.396.67

Ա.Ս. ՍԱՐԳՍՅԱՆ, Հ.Վ. ԱԲՐԱՀԱՄՅԱՆ, Տ.Շ. ՄԱՆՈՒԿՅԱՆ

**ՀԻՆԳԵՐՈՐԴ ՍԵՐՆԴԻ ԲՋՋԱՅԻՆ ԿԱՊԻ ՑԱՆՑՈՒՄ ԱՆՏԵՆԱՅԻՆ
ՏԵՐՄԻՆԱԼԻ ԿԻՐԱՌՄԱՆ ՀՆԱՐԱՎՈՐՈՒԹՅԱՆ ԴԻՏԱՐԿՈՒՄԸ**

Դիտարկվել է անտենային տերմինալի կիրառումը հինգերորդ սերնդի բջջային կապի ցանցում: Առաջարկվող անտենային տերմինալը նախագծված է գնդաձև հայելու և նրա առանցքի ուղղությամբ տպասալային ֆրակտալ անտենաների օղակաձև դասավորվածությամբ: Բեռ մոդելավորման ծրագրով նախագծվել է անտենային տերմինալի ճառագայթման համակարգը, հաշվարկվել են դրա հիմնական բնութագրերը:

Առանցքային բառեր. 5G, անտենային տերմինալ, ֆրակտալ անտենա, մոդելավորում:

Ներկայումս պահանջարկ կա ցածր գնով, բայց բարձր արդյունավետությամբ անտենաների, որոնք կարող են ապահովել տարբեր տեսակի ծառայություններ, ինչպիսիք են անլար ինտերնետ հասանելիությունը, IP, արբանյակա-