

Ս.Գ. ԳՈՄՅԱՆ, Ա.Ա. ԽԱՌԱՏՅԱՆ

ՄԻԱԶԱԾ ԱԶԴԱՆՇԱՆՆԵՐԻ ՎԵՅՎԼԵՏ-ԶՏՄԱՆ ԵՎ ՎԵՐԱԿԱՆԳՆՄԱՆ
ՀԱՄԱԿԱՐԳԶԱՅԻՆ ՄՈԴԵԼԻ ՄՇԱԿՈՒՄԸ

Վերջին տասնամյակներում ռադիոտեխնիկայում և կապի համակարգերում բարդ ազդանշանների և պատկերների մշակման ժամանակ, Ֆուրյե-ձևափոխության մեթոդների հետ զուգահեռ, կիրառություն են գտնում նաև վեյվլետ-ֆունկցիաները: Օրթոգոնալ բազիսների հիման վրա ստեղծված վեյվլետները միջանկյալ դիրք են զբաղեցնում սինտետիկ և իմպուլսային ֆունկցիայի միջև և իրենց յուրօրինակ հատկությունների շնորհիվ՝ կարող են մոտարկել ցանկացած ֆունկցիա:

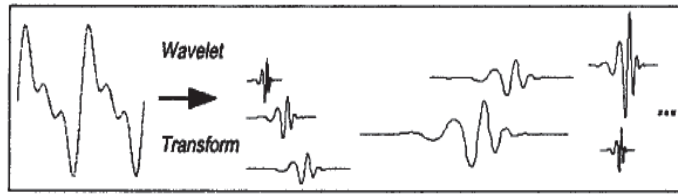
Ներկայացվել են ռադիոտեխնիկական ազդանշանների վերլուծման և վերականգնման, ինչպես նաև վեյվլետ-գտնման ալգորիթմները, որոնք կիրառում են հետազոտության արդյունքում ընտրված լավագույն վեյվլետ-բազիսներ և տրոհման մակարդակներ, շեմային մշակման արդյունավետ մեթոդներ և օպտիմալ շեմային արժեքներ: Մշակվել են վերոհիշյալ ալգորիթմներն իրականացնող համակարգչային ծրագրեր, որոնք թույլ են տալիս հաշվարկել հետազոտվող ազդանշանների չափորոշիչ պարամետրները և գնահատել ալգորիթմների արդյունավետությունը: Հետազոտության արդյունքների հիման վրա մշակվել է նաև համակարգչային մոդել, որը թույլ է տալիս իրականացնել միաչափ ազդանշանների վերականգնում և վեյվլետ-գտնում, ապահովելով ներբեռնված ազդանշանի վերականգնման նվազագույն սխալանքներ և աղմուկների արդյունավետ գտնում:

Առանցքային բառեր. մոտարկող և մանրամասնող վեյվլետ-գործակիցներ, արագ վեյվլետ-ձևափոխություն, տրոհման մակարդակ, շեմային մշակում, վերականգնման միջին քառակուսային սխալանք, ստանդարտ շեղում:

Ներածություն: Վեյվլետ-վերլուծության արդյունքում ազդանշանը ներկայացվում է մասշտաբավորված և ժամանակային առանցքով տեղաշարժված վեյվլետների համախմբով (նկ. 1ա), որոնք ձևավորվում են որոշակի ψ_0 սկզբնական բազիսային ֆունկցիայի հիման վրա.

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

Այդ համախումբը տարբեր է ազդանշանի որոշման տարբեր ժամանակահատվածներում և ներկայացնում է վերջինն այս կամ այն ճշտությամբ: Այսպիսի վերլուծության արդյունքում մասշտաբ-ժամանակ հարթության մեջ ստացված վեյվլետ-սպեկտրագրերը տարբերվում են ազդանշանների ճկուն ներկայացմամբ (նկ. 1բ), ուստի, ի տարբերություն Ֆուրյե-սպեկտրագրի, ավելի լավ են հարմարեցվում բարդ ազդանշանների տարատեսակ տեղային առանձնահատկությունների [1]:



ա)



բ)

Նկ. 1. Վեյվլետ-վերլուծության գաղափարը (ա) և վեյվլետ-սպեկտրագիրը (բ)

Գոյություն ունեն ինչպես անընդհատ (ԱնՎՁ), այնպես էլ ընդհատ վեյվլետ-ձևափոխության (ԸՎՁ) մեթոդներ, ընդ որում՝ ազդանշանների վերականգնման և գտման գործընթացում առավել արդյունավետ է ընդհատ վեյվլետ-ձևափոխությունը՝ հաշվարկման արագ ալգորիթմով [1-3]: ԸՎՁ-ի ժամանակ a և b մասշտաբային և ժամանակային պարամետրերը ընդհատավորվում են և ներկայացվում են երկուսին պատիկ արժեքներով ($a = 2^m$, $b = k \cdot 2^m$): $\psi(t)$ բազիսային վեյվլետի հիման վրա հաշվարկվում են ընդհատ վեյվլետ-գործակիցները, որոնք կոչվում են մանրամասնող, քանզի ներկայացնում են ազդանշանի առանձնահատկությունները.

$$\psi_{mk}(t) = \frac{1}{\sqrt{a}} \psi\left(\frac{t-b}{a}\right) = \frac{1}{\sqrt{2^m}} \psi(2^{-m}t - k), \quad d_{mk} = \int_{-\infty}^{\infty} a_0^{-\frac{m}{2}} \psi(a_0^{-m}t - k) S(t) dt:$$

Ազդանշանի ճշգրիտ վերականգնման համար, բացի $\psi(t)$ մանրամասնող ֆունկցիայից, օգտագործում են նաև մասշտաբավորող $\varphi(t)$ ֆունկցիան, որը որոշում է ազդանշանի կոպիտ մոտարկումը և հաշվարկում է մոտարկող վեյվլետ-գործակիցներ.

$$\varphi_{mk}(t) = 2^{-m/2} \varphi(2^{-m}t - k), \quad a_{mk} = \int_{-\infty}^{+\infty} \varphi_{mk}(t) S(t) dt:$$

Տրոհման m մակարդակում ազդանշանը կներկայացվի մոտարկող և մանրամասնող վեյվլետ-գործակիցների գումարով՝ $S(t) = A_m(t) + \sum_{j=1}^m D_j(t)$:

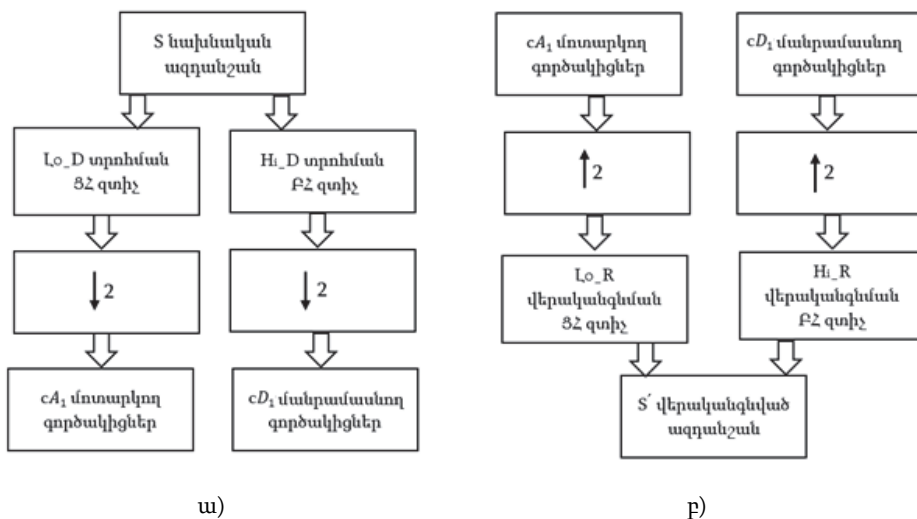
Ընդհատ վեյվլետ-ձևափոխության արագ ալգորիթմը (ԱՎՁ) հնարավորություն է տալիս հաշվել վեյվլետ-գործակիցները առանց ինտեգրման՝ օգտագործելով պարզ հանրահաշվական գործողություններ փաթույթի հիման վրա: Այս դեպքում մասշտաբավորող և մոտարկող ժամանակային ֆունկցիաները ներկայացվում են համապատասխան վեյվլետ-գոիչների h_n և g_n գործակիցներով ($g_n = (-1)^l h_{2n-1-l}$), որոնք լիովին բնութագրում են վեյվլետ-ֆունկցիաները և թույլ են տալիս ճշգրիտ վերականգնել ազդանշանը [2].

$$a_{mk} = (S(t), \varphi_{mk}(t)) = \sum_l h_{l-2k} (\varphi(t), \varphi_{m-1,l}(t)) = \sum_l h_{l-2k} a_{l,m-1},$$

$$d_{mk} = (S(t), \Psi_{mk}(t)) = \sum_l g_{l-2k} (\varphi(t), \varphi_{m-1,l}(t)) = \sum_l g_{l-2k} a_{l,m-1}:$$

Ստացվում է, որ ԱՎՁ-ն կարող է իրականացվել նաև հաճախականային տիրույթում, երբ վեյվլետի հաճախականային ֆունկցիան ներկայացվում է L_0 ցածրահաճախական (ՑՀ) և H_0 բարձրահաճախական (ԲՀ) գոիչներով, ընդ որում՝ գոիչների փոխանցման բնութագրերի գործակիցները համապատասխանում են մոտարկող և մանրամասնող վեյվլետ-գործակիցներին [2]: Տրոհման յուրաքանչյուր մակարդակում ազդանշանի հաճախականային սպեկտրը նեղանում է երկու անգամ, ինչը հիմք է հանդիսանում ազդանշանների սեղմման և աղմուկերից մաքրման համար:

Վերականգնման հետազոտության արդյունքները: Նկ.2-ում ներկայացված է մեկ մակարդակի ուղիղ ԱՎՁ-ի ալգորիթմը:

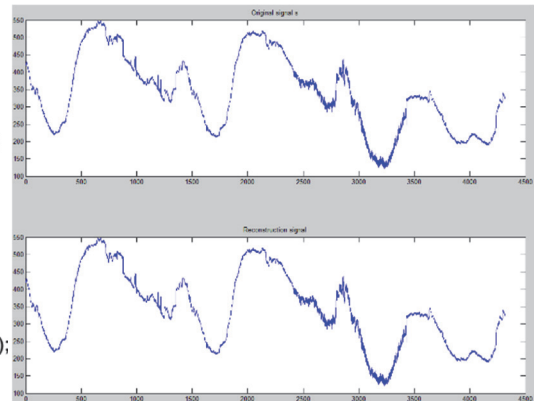


Նկ. 2. Ազդանշանի մեկ մակարդակի տրոհման (ա) և վերականգնման (բ) ալգորիթմը

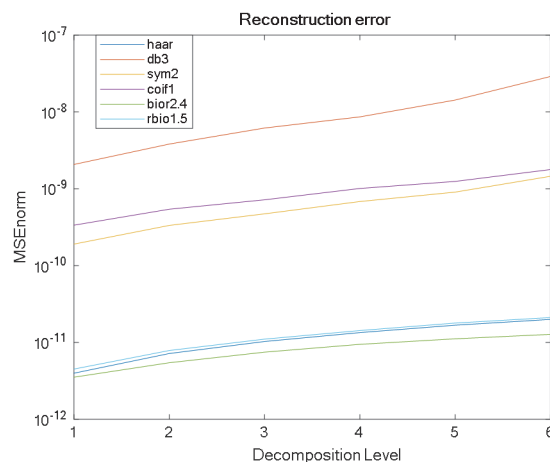
Ուղիղ ձևափոխության ընթացքում հաշվարկվում են S ազդանշանի տրոհման առաջին մակարդակի cA_1 մոտարկող և cD_1 մանրամասնող գործակիցները, որոնք ստացվում են SZ և FZ տրոհման գոիչների (L_0D և H_1D) և ազդանշանի փաթույթից՝ հետագա դեցիմացիայի արդյունքում ($2\downarrow$): Հակադարձ ձևափոխության ժամանակ կատարվում է արդեն հայտնի գործակիցների միջարկում գրոների ավելացմամբ ($2\uparrow$), որից հետո իրականացվում է ստացված զանգվածների և L_0R , H_1R վերականգնման գոիչների փաթույթը: Արդյունքում սինթեզվում է նախնական ազդանշանը որոշակի ճշտությամբ: Բազմամակարդակ ձևափոխության դեպքում կատարվում է մոտարկող գործակիցների աստիճանային տրոհում մինչև անհրաժեշտ մակարդակը:

MATLAB միջավայրում մշակվել է ծրագիր, որն իրականացնում է *leleccum* սակավ աղմկային էլեկտրական տատանումների ԱՎԶ՝ տարբեր տեսակի վեյվլետներով 1-ից մինչև 6-րդ մակարդակի տրոհմամբ, հաշվարկում է ազդանշանի վերականգնման միջին քառակուսային սխալանքը (MSE) և կառուցում սխալանքի կախվածության գրաֆիկները տրոհման մակարդակներից (նկ. 3): Վերականգնման լավագույն արդյունքները ապահովում են կանոնավոր սիմետրիկ Հաարայի (*haar*) և բիօրթոգոնալ (*bior*, *rbio*) վեյվլետները, որոնց կիրառմամբ $MSE \approx 10^{-12}$: Հանգում ենք նաև այն եզրակացության, որ օպտիմալ են տրոհման առաջնային մակարդակները, որտեղ սխալանքները ստացվում են նվազագույն արժեքներով: Այս դեպքում կրճատվում է նաև հաշվարկային ժամանակը՝ քիչ քանակությամբ վեյվլետ-գործակիցների հաշվարկման շնորհիվ:

```
load leleccum; s = leleccum(1: 4320);
[ca1, cd1] = dwt(s, 'sym2');
ss = idwt(ca1, cd1, 'sym2');
subplot(211); plot(s); title('original signal s');
subplot(212); plot(ss); title('reconstruction signal');
err = norm(s-ss)
err =
    1.9083e-10
[c, l] = wavedec(s, 4, 'sym2');
ss = waverec(c, l, 'sym2');
subplot(211); plot(s); title('Original signal s')
subplot(212); plot(ss); title('Reconstruction signal');
err = norm(s-ss)
err =
    6.8291e-10
```



Վեյվլետ	Տրոհման մակարդակ					
	1	2	3	4	5	6
haar	3.9846e-12	7.1847e-12	1.0300e-11	1.3449e-11	1.6787e-11	1.9957e-11
db3	2.0750e-09	3.8238e-09	6.1808e-09	8.6391e-09	1.4296e-08	2.8969e-08
sym2	1.9083e-10	3.3370e-10	4.7258e-10	6.8291e-10	9.0622e-10	1.4559e-09
coif1	3.3612e-10	5.4248e-10	7.1944e-10	1.0106e-09	1.2479e-09	1.7808e-09
bior2.4	3.5317e-12	5.4473e-12	7.4804e-12	9.4578e-12	1.1159e-11	1.2748e-11
rbio1.5	4.5096e-12	7.8651e-12	1.1052e-11	1.4302e-11	1.7898e-11	2.1089e-11

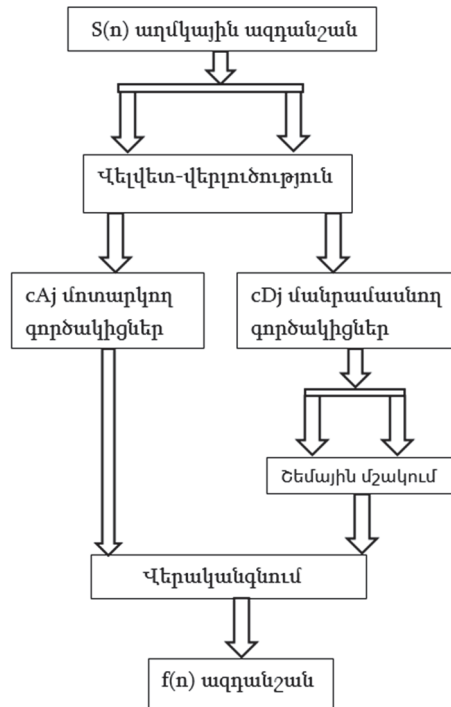


Նկ. 3. *leleccum* ազդանշանի վերականգնման արդյունքները

Վեյվլետ-գտման հետազոտության արդյունքները: Վեյվլետ-գտման սկզբունքը որոշակի շեմային արժեքից փոքր մանրամասնող գործակիցների գրոյացումն է: Այս գործընթացը կոչվում է վեյվլետ-գործակիցների շեմային մշակում կամ թրեշոլդինգ [1-4]: Վեյվլետ-գտման ալգորիթը ներկայացված է նկ. 4-ում: Նախ ընտրվում են վեյվլետի տեսակը և տրոհման մակարդակը, ապա հաշվվում են բոլոր մակարդակների մոտարկող և մանրամասնող գործակիցները, յուրաքանչյուր մակարդակի համար տարբեր կանոններով [1,2] որոշվում են շեմային արժեքները, և իրականացվում է մանրամասնող գործակիցների շեմային մշակում տարբեր եղանակներով [1,2], կատարվում է վեյվլետ-վերականգնում՝ յուրաքանչյուր մակարդակի հաշվարկված մոտարկող գործակիցների և շեմային մշակում անցած մանրամասնող գործակիցների վերամիավորմամբ:

Վեյվլետ-գտման արդյունավետ գործոնների ու եղանակների հետազոտումը MATLAB-ի Wavelet Toolbox գրաֆիկական միջավայրում հանգեցրեց այն եզրակացության, որ աղմուկների մաքրման համար առավել նպատակահարմար են տվյալ վեյվլետ-ընտանիքի ավելի բարձր կարգի վեյվլետները և ազդանշանի տրոհման

ստորին մակարդակները, մեղմ շեմային մշակման եղանակը, ինչպես նաև շեմի հաշվարկման Fixed form threshold լոգարիթմական կանոնը [5]:



Նկ. 4. Վելվետ-գտման ալգորիթմը

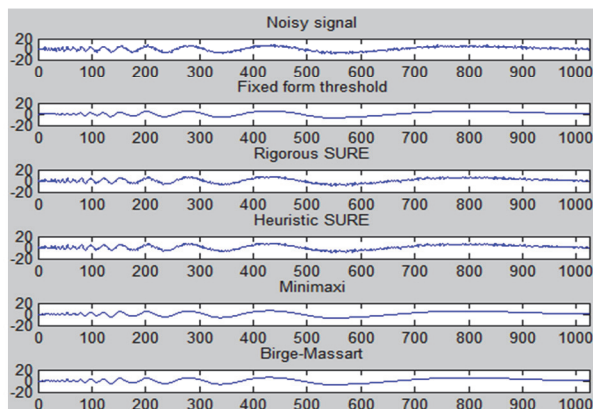
Զտման արդյունավետության գնահատման համար կազմվել է ծրագիր, որը կատարում է հետազոտվող ազդանշանի մաքրում ադմուկներից sym8 վելվետով, տրոհման 8-րդ մակարդակով և մեղմ, ընդհանուր շեմային մշակման մեթոդով (նկ.5): Օգտագործված են շեմի հաստատման 5 կանոններ, և յուրաքանչյուրի համար որոշված են շեմային արժեքները: noisdopp ադմկային դոպլերյան ազդանշանի գտման արդյունավետությունը պարզելու համար հաշվարկված է ստանդարտ շեղումը (STD), որը թույլ է տալիս գնահատել գտված մանրամասնող վելվետ-գործակիցների ադմուկների մակարդակը: Արդյունքների հիման վրա կարելի է եզրակացնել, որ դիտարկված ազդանշանի արդյունավետ գտում կարելի է ստանալ ոչ միայն Fixed form threshold, այլ նաև Minimaxi և Birge-Massart շեմային արժեքների հաստատման կանոններով, որոնց կիրառմամբ շեմային մշակում անցած մանրամասնող գործակիցների ստանդարտ շեղումը՝ $STD \approx 10^{-16}$:

Վելվետ-գտման և վերականգնման համակարգչային մոդելը: MATLAB-ի SIMULINK միջավայրում DSP System Toolbox ընդլայնման փաթեթի միջոցներով [6,7] մշակվել է համակարգչային մոդել, որը, վերը ներկայացված ալգորիթմներին

համապատասխան, իրականացնում է միաչափ ազդանշանների վերականգնում և աղմուկներից զտում:

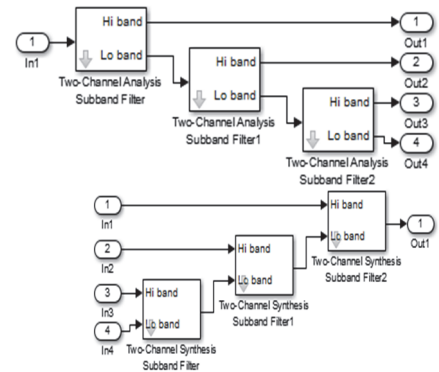
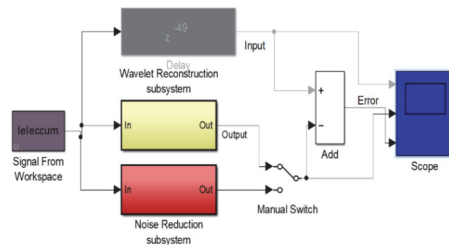
```
load noisdopp;x=noisdopp(1:1024);
thr1=thselect(x,'sqtwolog')
thr1 = 3.7233
>> thr2=thselect(x,'rigrsure')
thr2 = 0.1649
>> thr3=thselect(x,'heursure')
thr3 = 0.1649
>> thr4=thselect(x,'minimaxi')
thr4 = 2.2226
>> [c,l]=wavedec(x,8,'sym8');
STD=wnoisest(c,l,1)
STD = 0.9535
>> ALPHA=1;thr5=wbmpen(c,l,STD,ALPHA)
thr5 = 2.2259
>> xd1=wdencmp('gbl', c,l, 'sym8',8, thr1,'s',1);
[xdc,xd1]=wavedec(xd1,8,'sym8');STD1=wnoisest(xdc,xd1,1)
STD1 = 2.8355e-16
xd2=wdencmp('gbl', c,l, 'sym8',8, thr2,'s',1);
[xdc,xd1]=wavedec(xd2,8,'sym8');STD2=wnoisest(xdc,xd1,1)
STD2 = 0.7125
>> xd3=wdencmp('gbl', c,l, 'sym8',8, thr3,'s',1);
[xdc,xd1]=wavedec(xd3,8,'sym8');STD3=wnoisest(xdc,xd1,1)
STD3 = 0.7125
>> xd4=wdencmp('gbl', c,l, 'sym8',8, thr4,'s',1);
[xdc,xd1]=wavedec(xd4,8,'sym8');STD4=wnoisest(xdc,xd1,1)
STD4 = 5.1437e-16
>> xd5=wdencmp('gbl', c,l, 'sym8',8, thr5,'s',1);
[xdc,xd1]=wavedec(xd5,8,'sym8');STD5=wnoisest(xdc,xd1,1)
STD5 = 4.1664e-16
```

Շեմի քննարկման մեթոդ	Ազմկային ազդանշան - noisdopp (STD=0.9535)	
	Շեմի արժեքը (thresh)	Աղմուկի մակարդակը շեմային մշակում անցած գործակիցներում (STD)
sqtwolog	3.7233	2.8355e-16
rigrsure	0.1649	0.7125
heursure	0.1649	0.7125
minimaxi	2.2226	5.1437e-16
wbmpen	2.2259	4.1664e-16



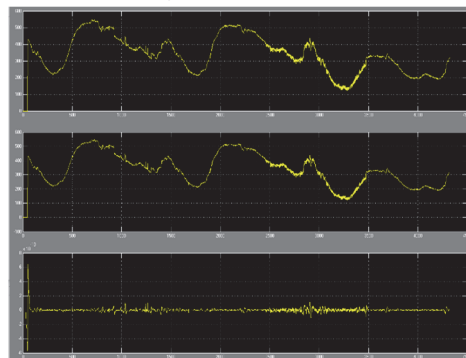
Նկ. 5. noisdopp ազդանշանի զտման արդյունքները

leleccum ազդանշանի վերլուծման ու վերականգնման համար միացվում է եռամակարդակ օրթոգոնալ վեյվլետ-գոիչներից բաղկացած վերականգնման Wavelet Reconstruction Subsystem ենթահամակարգը (նկ. 6ա,բ): Արդյունքները պատկերում են երեք օսցիլոգրամները՝ ըստ նախնական և վերականգնված ազդանշանների, ինչպես նաև սխալանքային բաղադրիչի (նկ. 6գ): Ինչպես տեսնում ենք, վերականգնումը ստացվում է գրեթե իդեալական, քանի որ սխալանքը չի գերազանցում $6 \cdot 10^{-10}$ -ը:



ա)

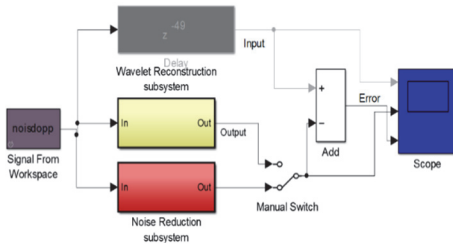
բ)



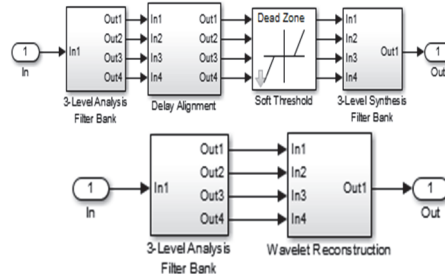
գ)

Նկ. 6. Միաշաղի ազդանշանների վերականգնման համակարգչային մոդելը (ա)՝
ենթահամակարգի վելվիտ-գտիչների ենթահամակարգով (բ) և ստացված արդյունքները (գ)

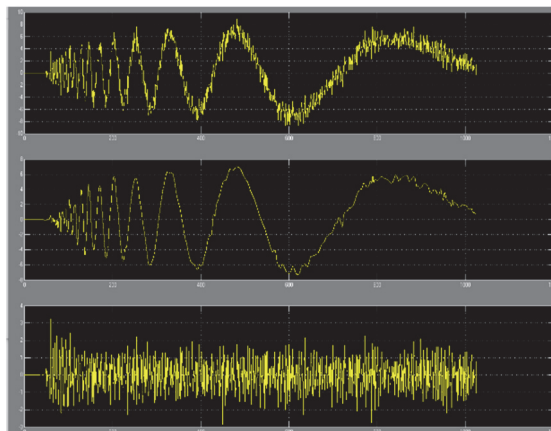
noisdopp ազդանշանի գոտում իրականացնելու համար Manual Switch փոխանցատիչով միացվում է Noise Reduction Subsystem ենթահամակարգը (նկ. 7ա,բ): Օսցիլոգրաֆը պատկերում է նախնական և աղմուկներից զտված ազդանշանների, ինչպես նաև աղմկային բաղադրիչի (նկ. 7գ) գրաֆիկները: Թե վերականգնման, թե զտման ընթացքում ստացված օսցիլոգրամների տեսքերը վկայում են մշակված մոդելի արդյունավետության մասին, քանի որ դրա արդյունքները չեն զիջում ծրագրային ռեժիմում և Wavelet Toolbox գրաֆիկական միջավայրում ստացված արդյունքներին:



ա)



բ)



գ)

Նկ. 7. Միաչափ ազդանշանների վեյվլետ-գտման համակարգչային մոդելը (ա)՝
էռամակարդակ վեյվլետ-գտիչների ենթահամակարգով (բ) և ստացված արդյունքները (գ)

Եզրակացություն: Կատարված հետազոտությունների արդյունքները վկայում են վեյվլետ-ֆունկցիաներով ռադիոտեխնիկական ազդանշանների վերլուծման, վերականգնման և աղմուկներից զտման արդյունավետության մասին, ինչը հաստատում են նաև հաշվարկված չափորոշիչ պարամետրների թվային արժեքները, որոնք ստացվում են բավականաչափ փոքր՝ $MSE \approx 10^{-12}$ և $STD \approx 10^{-16}$: Դա հնարավորություն է տալիս վեյվլետ-ձևափոխության մեթոդները հաջողությամբ օգտագործել Ֆուրյե-ձևափոխության մեթոդներին գուգընթաց: Իսկ մշակված վերականգնման և վեյվլետ-գտման համակարգչային մոդելը մեծ արդյունավետությամբ կարող է կիրառություն գտնել ցանկացած տեսակի միաչափ ազդանշանների մշակման դեպքում, ընդ որում՝ ոչ միայն ռադիոտեխնիկայի և կապի համակարգերում, այլև գիտության և տեխնիկայի այլ ոլորտներում:

ԳՐԱԿԱՆՈՒԹՅՈՒՆ ՑԱՆԿ

1. **Дьяконов В.П.** Вейвлеты. От теории к практике. – М.: СОЛОН-Р, 2002. – 446с.
2. **Смоленцев Н.К.** Основы теории вейвлетов. Вейвлеты в MATLAB. – М.: ДМК Пресс, 2005. – 304с.
3. **Воробьев В.И., Грибунин В.Г.** Теория и практика вейвлет-преобразования. – СПб.: Изд-во ВУС, 1999. – 208с.
4. **Яковлев А.Н.** Введение в вейвлет-преобразования: Учебное пособие. – Новосибирск: Изд-во НГТУ, 2003. – 104с.
5. **Գոմցյան Ս.Գ., Մարգարյան Մ.Ս., Բադալյան Բ.Ֆ., Գոմցյան Հ.Ա.** Ազդանշանների զտումը WAVELET Toolbox միջավայրում // ՀԱՊՀ-ի Լրաբեր. Գիտական հոդվածների ժողովածու. - Մաս 1. – Երևան, 2017. – էջ 395-400:
6. **Բադալյան Բ.Ֆ., Գոմցյան Հ.Ա.** SIMULINK-ի կիրառումը ռադիոտեխնիկայում: Ուսումնական ձեռնարկ. - Մաս 1 / ՀԱՊՀ. - Եր.: Ճարտարագետ, 2016. - 96 էջ:
7. **Բադալյան Բ.Ֆ., Գոմցյան Ս.Գ.** SIMULINK-ի կիրառումը ռադիոտեխնիկայում: Ուսումնական ձեռնարկ. - Մաս 2 / ՀԱՊՀ. - Եր.: Ճարտարագետ, 2020. - 168 էջ:

Հայաստանի ազգային պոլիտեխնիկական հաալսարան: Նյութը ներկայացվել է խմբագրություն 19.06.2021:

С.Г. ГОМЦЯН, А.А. ХАРАТЯН

РАЗРАБОТКА КОМПЬЮТЕРНОЙ МОДЕЛИ ВЕЙВЛЕТ-ФИЛЬТРАЦИИ И ВОССТАНОВЛЕНИЯ ОДНОМЕРНЫХ СИГНАЛОВ

В последние десятилетия в радиотехнике и системах связи при обработке сложных сигналов и изображений параллельно с методами преобразования Фурье находят применение вейвлет-функции. Основанные на ортогональных базисах, вейвлеты занимают промежуточное положение между синусоидой и импульсной функцией и, в силу своих уникальных свойств, могут аппроксимировать любую функцию.

Представлены алгоритмы анализа и восстановления, а также вейвлет-фильтрации радиотехнических сигналов, в которых используются наилучшие вейвлет-базы, оптимальные уровни декомпозиции, эффективные методы пороговой обработки и оптимальные пороговые значения, выбранные в результате исследований. Разработаны программы, реализующие указанные выше алгоритмы, которые рассчитывают оценочные параметры анализируемых сигналов, позволяющие оценить эффективность алгоритмов. На основе результатов исследований разработана компьютерная модель, которая осуществляет анализ и восстановление, а также вейвлет-фильтрацию одномерного сигнала, обеспечивая минимальные ошибки восстановления и эффективную очистку от шума.

Ключевые слова: аппроксимирующие и детализирующие вейвлет-коэффициенты, быстрое вейвлет-преобразование, уровень декомпозиции, пороговая обработка, среднеквадратичная ошибка восстановления, стандартное отклонение.

S.G. GOMTSYAN, A.A. KHARATYAN

**DEVELOPING A COMPUTER MODEL OF WAVELET FILTERING AND
RECONSTRUCTION OF ONE-DIMENSIONAL SIGNALS**

In recent decades, wavelet functions have been used in radio engineering and communication systems for processing complex signals and images in parallel with the Fourier transform methods. Based on orthogonal bases, wavelets occupy an intermediate position between a sinusoid and an impulse function and, due to their unique properties, can approximate any function.

Algorithms for analysis and reconstruction, as well as wavelet filtering of radio engineering signals, are presented, which use the best wavelet bases, optimal decomposition levels, effective thresholding methods and optimal threshold values selected as a result of research. Programs have been developed which implement the above algorithms, which calculate the estimating parameters of the analyzed signals, which make it possible to evaluate the effectiveness of the algorithms. Based on the research results, a computer model has been developed which performs analysis and reconstruction, as well as wavelet filtering of a one-dimensional signal, providing minimal reconstruction errors and effective noise removal.

Keywords: approximating and detailing wavelet coefficients, fast wavelet transform, decomposition level, thresholding, root mean square error of reconstruction, standard deviation.