

ՀՀ ԿՐԹՈՒԹՅԱՆ ԵՎ ԳԻՏՈՒԹՅԱՆ ՆԱԽԱՐԱՐՈՒԹՅՈՒՆ  
ԵՐԵՎԱՆԻ ՊԵՏԱԿԱՆ ՀԱՄԱԼՍԱՐԱՆ

Մուժիկյան Արամազդ Հրաչյայի

ՌԱԴԻՈԼՈԿԱՑԻՈՆ ԱԶԴԱՆՇԱՆՆԵՐԻ ԶԵՎԱՎՈՐՄԱՆ ԵՎ ՄՇԱԿՄԱՆ  
ԱՐԴՅՈՒՆԱՎԵՏ ԵՂԱՆԱԿՆԵՐԻ ՀԵՏԱԶՈՏՈՒՄԸ

Ա.04.03 – «Ռադիոֆիզիկա» մասնագիտությամբ  
ֆիզիկա-մաթեմատիկական գիտությունների թեկնածուի  
գիտական աստիճանի հայցման ատենախոսության

ՄԵՂՄԱԳԻՐ

ԵՐԵՎԱՆ – 2011

---

---

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РА  
ЕРЕВАНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

Мужикян Арамазд Грачяевич

ИССЛЕДОВАНИЕ ЭФФЕКТИВНЫХ МЕТОДОВ СИНТЕЗА И ОБРАБОТКИ  
РАДИОЛОКАЦИОННЫХ СИГНАЛОВ

АВТОРЕФЕРАТ

Диссертации на соискание ученой степени кандидата  
физико-математических наук по специальности  
А.04.03 – “Радиофизика”

ЕРЕВАН – 2011

Ատենախոսության թեման հաստատվել է ՀՀ ԳԱԱ Ռադիոֆիզիկայի և  
Էլեկտրոնիկայի Ինստիտուտում:


Գիտական ղեկավար՝	Ֆիզ.-մաթ. գիտ. թեկնածու Տ.Վ. Զաքարյան
Պաշտոնական ընդդիմախոսներ՝	Ֆիզ.-մաթ. գիտ դոկտոր, ՀՀ ԳԱԱ թղթ. անդամ Ա.Գ. Ղուլյան տեխ. գիտ. դոկտոր Վ.Հ. Ավետիսյան
Առաջատար կազմակերպություն՝	ՀՀ ԿԳՆ Հայաստանի Պետական Ճարտարագիտական Համալսարան

Ատենախոսության պաշտպանությունը կայանալու է 2011թ. հունիսի 14-ին ժամը  
11:00-ին Երևանի Պետական Համալսարանում գործող ԲՈՀ-ի 049  
մասնագիտական խորհրդի նիստում: Հասցե՝ 0203, Աշտարակ, Ալիխանյան եղբ. 1,  
ՀՀ ԳԱԱ ՌՖԷԻ:

Ատենախոսությանը կարելի է ծանոթանալ ԵՊՀ գրադարանում:

Ստեղծագիրն առաքված է 2011թ. մայիսի 14-ին:

Մասնագիտական խորհրդի գիտական քարտուղար,  
Ֆիզ.-մաթ. գիտ. թեկնածու

  
Վ.Պ. Քալանթարյան

---

Тема диссертации утверждена в Институте Радиофизики и Электроники НАН РА.

Научный руководитель: кандидат физ.-мат. наук  
Т.В. Закарян

Официальные оппоненты: доктор физ.-мат. наук, член-корр. НАН РА  
А.Г. Гулян  
доктор тех. наук  
В.Г. Аветисян

Ведущая организация: Государственный Инженерный Университет  
Армении МОН РА

Защита диссертации состоится 14 июня 2011г. в 11:00 часов, на заседании  
специализированного совета ВАК 049 при Ереванском Государственном  
Университете по адресу: 0203, Аштарак, ул. бр. Алиханян 1, ИРФЭ НАН РА

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке ЕГУ.

Автореферат разослан 14 мая 2011г.

Ученый секретарь специализированного совета  
кандидат физ.-мат. наук.



В.П. Калантарян

## ԱՇԽԱՏԱՆՔԻ ԸՆԴՀԱՆՈՒՐ ԲՆՈՒԹԱԳԻՐԸ

### Ատենախոսության արդիականությունը

Ատենախոսությունը վերաբերվում է արդի գիտության մի բաժնի, որը գտնվում է ժամանակակից տեխնոլոգիաների զարգացման առաջնագծում, այն է՝ ազդանշանների ձևավորման և մշակման բնագավառին: Վերջին տարիներին հատկապես այս ոլորտի առաջընթացի հետ է կապվում ռազմական և քաղաքացիական ոլորտներում օգտագործվող ռադիոլուկացիոն կայանների (ՌԼԿ) զարգացումը: Կապված ռադիոլուկացիոն ազդանշանների մշակման յուրահատկությունների հետ, այս ոլորտի համար առանձնահատուկ հետաքրքրություն է ներկայացնում ժամանակ-հաճախություն հարթության (ԺՀՀ) վրա ազդանշանների մշակման նոր եղանակների կիրառումը, որոնք իրենց հետ ներմուծում են ազդանշանների թվայնացման և մշակման նոր մոտեցումներ:

Ժամանակակից ռադիոլուկացիոն կայաններում ազդանշանների մշակման հիմնական գործիք է հանդիսանում Ֆուրյեի ձևափոխությունը: Այն բնական և հարմար միջոց է ազդանշանի հաճախային բաղադրիչները վերծանելու համար, որոնք ինֆորմացիա են կրում թիրախի ռադիոլուկացիոն պարամետրերի մասին: Ֆուրյեի ձևափոխությունը, ըստ սահմանման, ենթադրում է ազդանշանների մշակում անվերջ երկար ժամանակի մեջ: Գործնականում կիրառելիս կատարվում է ազդանշանների հատված առ հատված մշակում՝ սահմանափակելով այն ժամանակի մեջ: Սպեկտրալ ներկայացման մեջ կողային թերթիկների առաջացումը մեղմելու համար ազդանշանների մասնատումը կատարվում է պատուհանային ֆունկցիաների միջոցով, որոնք կողային թերթիկների ճնշման հետ զուգահեռ ձևափոխում են նաև սկզբնական ազդանշանը:

Թվային տեխնիկայի զարգացման հետ հնարավոր դարձավ կիրառել ազդանշանների մշակման արագ եղանակներ (օր.՝ ֆուրյեի արագ

ձևափոխություն): Ազդանշանի թվայնացումը կատարվում է Նայքվիստ-Շենոն-Կոտելնիկովի թեորեմի համաձայն՝ սահմանափակելով ազդանշանի սպեկտրը: Ըստ ժամանակի և ըստ հաճախության ազդանշանի սահմանափակումը մշակման ժամանակ բնական է դարձնում ԺՀՀ վրա տեղայնացված բազիսի օգտագործումը:

Այս ուղղությամբ առաջին աշխատանքները պատկանում են Գաբորին, որը փորձեց ԺՀՀ վրա ազդանշանները ներկայացնել տարրական ազդանշանների գումարով: Որպես բազիսային ֆունկցիա ընտրվել էր ԺՀՀ վրա ամենատեղայնացված գաուսյան ազդանշանը: Ստեղծված բազիսը գուրկ էր օրթոգոնալությունից, ինչը այն դարձնում էր գրեթե ոչ կիրառելի: Բնչպես հետագայում ապացուցվեց Բալիանի և Լոուի կողմից, այս տիպի բազիսների համար անհնար է ապահովել միաժամանակյա տեղայնացում և օրթոգոնալություն: Այս խնդիրը լուծելու համար անհրաժեշտ է հրաժարվել ԺՀՀ վրա բազիսի գեներացման Գաբորյան եղանակից:

### **Ատենախոսության նպատակը**

Ատենախոսության նպատակն է հետազոտել ռադիոլոկացիոն ազդանշանների ձևավորման և մշակման արդյունավետ եղանակներ, որոնք թույլ կտան ազդանշանների մշակումը դարձնել ավելի ճշգրիտ, բարձրացնել համակարգի կատարողականությունն ու հուսալիությունը: Նշված նպատակին հասնելու համար ատենախոսության մեջ դրվել են հետևյալ խնդիրները՝

1. Հետազոտել Ֆուրյեի ձևափոխության վրա հիմնված ազդանշանների մշակման դասական եղանակների հիմնականան դժվարությունները: Առաջարկել այս դժվարությունների հաղթահարման եղանակ՝ հիմնված ազդանշանների վերլուծության նոր բազիսի վրա:
2. Առաջարկվող վերլուծության եղանակը կիրառել ռադիոլոկացիոն ազդանշանների մշակման նկատմամբ: Մշակել ընդունված ազդանշանի ժամանակային և հաճախային շեղումները գնահատելու եղանակ:

3. Կառուցել գծային հաճախային մոդուլացմամբ անընդհատ գործողության (ԳՀՄԱԳ) իրական ռադիոլուկացիոն կայան և կատարել լաբորատոր և դաշտային փորձարկումներ համակարգի տեխնիկական հնարավորությունները գնահատելու համար:
4. Ուսումնասիրել համակարգի կատարողականությունը սահմանափակող հիմնական գործոնները, գնահատել նրանց ազդեցությունը համակարգի կատարողականության ու հուսալիության վրա և մշակել այդ ազդեցությունների դեմ պայքարի արդյունավետ եղանակներ:

### **Գիտական նորություն**

1. Առաջարկվել է ԺՀՀ վրա վրա ազդանշանների մշակման նոր եղանակ՝ հիմնված ուժեղ էքսպոնենցիալ տեղայնացմամբ բազիսի վրա: Այս եղանակի միջոցով կարելի է կատարել ազդանշանների ասիմպտոտիկորեն ճշգրիտ վերլուծություն և վերականգնում:
2. Առաջարկվող վերլուծության համար կառուցվել է ազդանշանների գրաֆիկական պատկերում ԺՀՀ վրա: Ստացված պատկերները ինֆորմացիա են կրում ազդանշանների հատկությունների և ժամանակ-հաճախություն տեղայնացման մասին:
3. Առաջարկվող վերլուծության եղանակը կիրառվել է ռադիոլուկացիոն ազդանշանների մշակման նկատմամբ: Նկարագրվել է այս եղանակով թիրախի հեռավորության ու արագության որոշման ճշգրիտ եղանակ:
4. Նախագծվել և կառուցվել է մոտիկ տիրույթի գծային հաճախային մոդուլացմամբ անընդհատ գործողության (ԳՀՄ-ԱԳ) իրական ռադիոլուկացիոն կայան (ՌԼԿ): Այն գործում է բազմակի թիրախների հայտնաբերման ռեժիմում: Տեսականորեն գնահատվել են գեներատորների փուլային աղմուկները և նրանց ազդեցությունը ընդհանուր համակարգի ազդանշան/աղմուկ հարաբերության վրա:

5. Առաջարկվել է ԱԳ ՌԼԿ-ի ազդանշանների մշակման պարզ եղանակներ համակարգի տեխնիկական պարամետրերը բարելավելու համար: Այս եղանակները չեն պահանջում մեծ հաշվողական ռեսուրսներ և կիրառելի են կամայական համանման համակարգում:

### **Գործնական արժեքը**

1. Տեղայնացված բազիսի հիման վրա ազդանշանների վերլուծության առաջարկվող եղանակը կարող է կիրառվել ազդանշանների ավելի ճշգրիտ թվայնացման, ռադիոլոկացիոն և հեռահաղորդակցական ազդանշանների մշակման համար:
2. Կառուցված անընդհատ գործողության ռադիոլոկացիոն կայանը կարող է օգտագործվել անվտանգության համակարգերում մինչև 3կմ շառավղով հետխոնների և տրանսպորտային միջոցների հայտնաբերման համար: Շնորհիվ կոմպակտ չափերի և թեթև քաշի այն կարելի է հեշտությամբ տեղափոխել և օգտագործել կամայական միջավայրում:
3. Ռադիոլոկացիոն կայանի տեխնիկական պարամետրերի բարելավման առաջարկվող եղանակները կարող են կիրառվել անընդհատ գործողության ՌԼԿ-ներում, ինչը կբարձրացնի նրանց կատարողականությունն ու հուսալիությունը:

### **Պաշտպանությանը ներկայացվող հիմնական դրույթները**

1. Էքսպոնենցիալ տեղայնացված բազիսով ազդանշանների մշակման դեպքում հնարավոր է խուսափել պատուհանային ֆունկցիաների օգտագործումից և կատարել ազդանշանի ասիմպտոտիկորեն ճշգրիտ վերլուծություն և վերականգնում:
2. Առաջարկվող բազիսով ռադիոլոկացիոն ազդանշանների մշակման դեպքում թիրախի հեռավորությունն ու արագությունը որոշվում են մեկ

գործողությամբ և ավելի ճշգրիտ, ինչը հանգեցնում է համակարգի լուծողունակության բարելավման:

3. Ժամանակակից գեներատորների կիրառմամբ հնարավոր է նախագծել և իրականացնել ՌԼԿ, որի փուլային աղմուկները կլինեն համակարգի սեփական աղմուկներից շատ ցածր և որոնց ազդեցությունը կարելի է արհամարհել:
4. Ազդանշանների մշակման պարզ եղանակների կիրառմամբ կարելի է բարձրացնել հաշվողական փոքր ռեսուրսներ ունեցող ՌԼԿ-ի կատարողականությունն և հուսալիությունը:

### **Աշխատանքի ներկայացումը**

Ատենախոսության հիմնական արդյունքները բազմիցս քննարկվել են Ռադիոֆիզիկայի և էլեկտրոնիկայի ինստիտուտի Ազդանշանների մշակման ու ԳԲՀ սարքավորումների լաբորատորիաների և Մաթեմատիկայի ինստիտուտի սեմինարներում, IRS-2010 (16-18 հունիսի, 2010, Վիլնյուս, Լիտվա), IRPhE'2010 (23-25 սեպտեմբերի, 2010, Աշտարակ-Աղվերան, Հայաստան), Третье российско-армянское совещание по математической физике, комплексному анализу и смежным вопросам (4-8 հոկտեմբեր, 2010, Ծաղկաձոր, Հայաստան) միջազգային կոնֆերանսներում:

### **Տպագրություններ**

Ատենախոսության թեմայով տպագրվել է 7 աշխատանք, որոնցից 4 հոդված և 3 կոնֆերանսներում ներկայացված թեզիս:

### **Ատենախոսության կառուցվածքը**

Ատենախոսությունը բաղկացած է ներածությունից, երեք գլուխներից, եզրակացությունից և 112 հղում պարունակող գրականության ցանկից: Աշխատանքի ընդհանուր ծավալը 107 էջ է և պարունակում է 37 նկար:

## Ատենախոսության բովանդակությունը

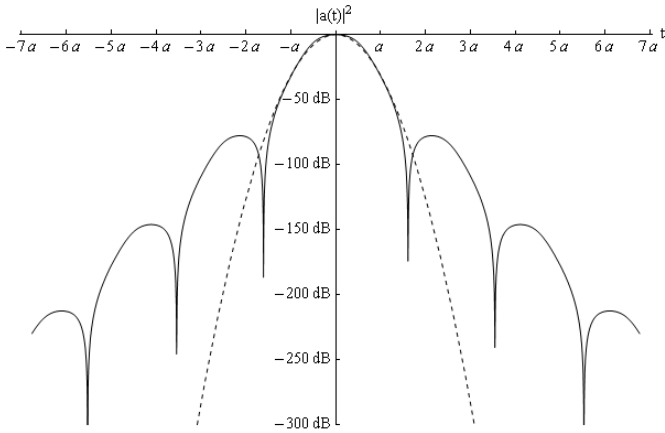
Ներածության մեջ հիմնավորված է ատենախոսության արդիականությունը, ձևակերպված են աշխատանքի նպատակներն ու խնդիրները, ինչպես նաև, պաշտպանության ներկայացվող հիմնական դրույթները, նշված է ստացված արդյունքների գիտական նորույթը և գործնական արժեքը:

Գլուխ 1-ում բերված է թեմային վերաբերվող արդի գրականության հակիրճ ամփոփում: 1.1. պարագրաֆում ներկայացված է ազդանշանների մշակման ժամանակակից համակարգերում Նայքվիստի թեորեմի հիման վրա ազդանշանի թվայնացման և Ֆուրյեի սպեկտրալ վերլուծության տեխնիկաները: Ընդգծված են օգտագործվող բազիսի ոչ տեղայնացման հետ կապված հիմնական դժվարությունները: Գաբորն առաջինն էր, որ փորձեց ազդանշանները ներկայացնել ԺՀՀ վրա տեղայնացված տարրական ազդանշանների բազիսի միջոցով: Բազիսը գեներացվում էր ըստ ժամանակի և ըստ հաճախության բազիսային ֆունկցիայի շեղումների միջոցով (ֆոն-Նեյմանի ցանց): Որպես բազիսային ֆունկցիա ընտրվել էր ԺՀՀ վրա ամենատեղայնացված գաուսյան ֆունկցիան, ինչը, սակայն, չէր ապահովում բազիսի օրթոգոնալությունը: Ինչպես հետագայում ապացուցվեց Բալիանի և Լոուի կողմից, այս տիպի բազիսների համար անհնար է միաժամանակ ապահովել տեղայնացում և օրթոգոնալություն:

1.2. պարագրաֆում ներկայացված է հաճախային մոդուլացմամբ անընդհատ գործողության (ՀՄԱԳ) ՌԼԿ-ների կառուցվածքը, աշխատանքի սկզբունքը, կիրառությունների հնարավոր ոլորտները և ազդանշանների մշակման տարբեր եղանակներ: Դիտարկվել է ՌԼԿ-ների կատարողականությունը սահմանափակող հիմնական գործոն հանդիսացող գեներատորների փուլային աղմուկների ազդեցությունը ընդհանուր համակարգի ազդանշան/աղմուկ հարաբերության վրա: Ներկայացվել են փուլային աղմուկների հզորության



գնահատման տարբեր եղանակներ՝ հիմնված աղմուկի հզորության սպեկտրի մոտարկման վրա:



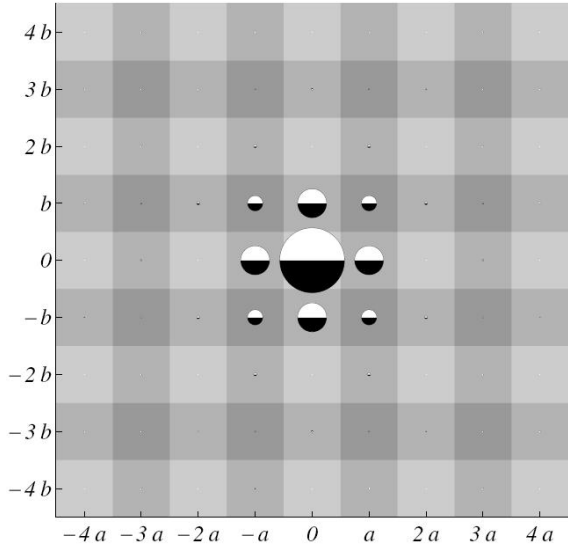
Նկ.1. Բազիսային  $a(t)$  և գաուսյան ֆունկցիաների տեղայնացման հատկությունների համեմատությունը լոգարիթմական սանդղակի վրա ժամանակային (կամ հաճախային) տիրույթում

Գլուխ 2-ում քննարկված է ժամանակ-հաճախություն հարթության վրա էքսպոնենցիալ տեղայնացված բազիսի կիրառումը ռադիոլոկացիոն ազդանշանների մշակման համար: 2.1. պարագրաֆում ներկայացված է  $a(t)$  բազիսային ֆունկցիան և քննարկվում են նրա հատկությունները: Բազիսային ֆունկցիայի և գաուսյանի համեմատությունը պատկերված է Նկ.1-ում: Բալիան-Լոուի թեորեմի դրած սահմանափակումները շրջանցելու համար այս ֆունկցիայի հիման վրա գեներացվում է  $a_{m,n}(t)$  բազիս: Արդյունարար ցանցը ընդհանուր առմամբ օրթոգոնալ չէ, սակայն բաղկացած է չորս օրթոգոնալ ենթացանցերից: Ուղիղ և հակադարձ ձևափոխությունները ունեն հետևյալ տեսքը

$$f_{m,n} = \int_{-\infty}^{\infty} f(t) \overline{a_{m,n}(t)} dt$$

$$f(t) = \frac{1}{2} \sum_{m,n} f_{m,n} a_{m,n}(t)$$

որտեղ  $f_{m,n}$  -ը ազդանշանի վերլուծությունն է ԺՀՀ վրա:



Նկ.2. Բազիսային  $a(t)$  ազդանշանի վերլուծությունը ԺՀՀ վրա

2.2. պարագրաֆում առաջարկվող վերլուծության համար կառուցված է ԺՀՀ վրա գրաֆիկական պատկերման եղանակ: Այն իրենից ներկայացնում է վերլուծության գործակիցների բացարձակ արժեքներին համեմատական մակերեսով շրջանների խումբ՝ բաշխված ցանցի հանգույցներում: Շրջանների պտույտները համապատասխանում են գործակիցների փուլերին: Սև կիսաշրջանը ներքև նշանակում է զրոյական փուլ (իրական թիվ): Այս պատկերման եղանակը վիզուալ պատկերացում է տալիս ԺՀՀ վրա ազդանշանի դիրքի և տեղայնացման հատկությունների մասին: Նկ.2-ում պատկերված է բազիսային  $a(t)$  ազդանշանի վերլուծությունը: Այս օրինակը առանցքային է, քանի

որ նկարից ակնհայտ երևում են բազիսային ազդանշանի տեղայնացման հատկությունը և սիմետրիան ժամանակի և հաճախության առանցքների նկատմամբ: Պարզ երևում է նաև չորս ենթացանցերի փոխադարձ ոչ օրթոգոնալությունը, քանի որ կան զրոյից տարբեր գործակիցներ նաև սկզբնակետից դուրս:

2.3. պարագրաֆում ներկայացված է սույն եղանակի միջոցով մի քանի հաճախակի օգտագործվող ազդանշանների վերլուծություններ:  $a(t)$  բազիսային ֆունկցիայի հետ համեմատության համար ներկայացված է ԺՀՀ վրա ամենատեղայնացված գաուսյան ազդանշանի վերլուծությունը: Որպես հաջորդ օրինակ վերցված է ուղղանկյուն իմպուլսը: Սա առանցքային օրինակ է, քանի որ հնարավորություն է տալիս համեմատել արդի համակարգերում լայնորեն օգտագործվող և առաջարկվող մշակման եղանակների բազիսների տեղայնացման հատկությունները: Ինչպես և սպասվում էր, ուղղանկյուն ազդանշանը հաճախության առանցքի երկայնքով ցուցաբերում է տեղայնացման բացակայություն: Որպես վերջին օրինակ դիտարկված են ԺՀՀ վրա կենտրոնահամաչափ Էրմիտյան ֆունկցիաների վերլուծությունները:

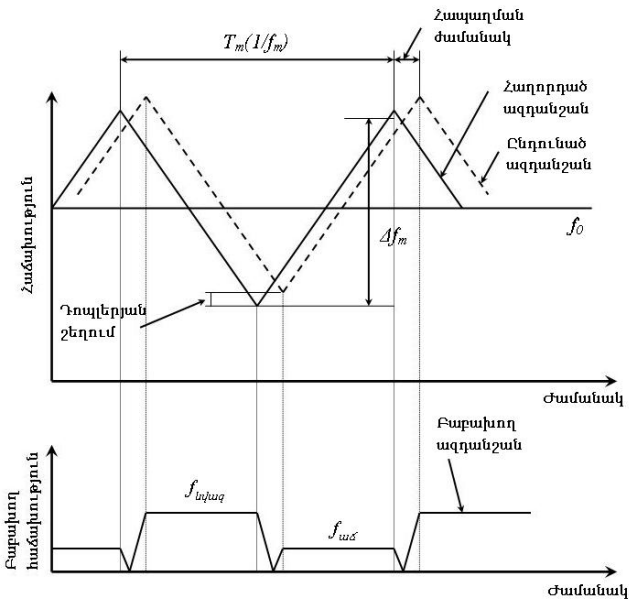
2.4. պարագրաֆում ներկայացված է վերոհիշյալ վերլուծության կիրառությունը ռադիոլուկացիոն ազդանշանների մշակման համար: Դիտարկվել է ըստ ժամանակի և հաճախության շեղված ազդանշանի վերլուծությունը, որը համապատասխանում է հապաղում և դուպլերյան շեղում կրող ռադիոլուկացիոն ազդանշանի: Ցույց է տրված, որ այս տիպի ազդանշանների համար պահպանվում են տեղայնացման հատկությունները: Հարկ է նշել նաև, որ առաջարկվող եղանակը ենթադրում է հրաժարում լրացուցիչ պատուհանային ֆունկցիաներից, քանի որ պատուհանային ֆունկցիան բնականորեն առկա է բուն ձևափոխության մեջ: Սա ենթադրում է ազդանշանների մշակման ավելի ճշգրիտ արդյունքների ստացում: Այս եղանակի կիրառմամբ թիրախի ռադիոլուկացիոն պարամետրերը



հաճախություններ՝ պայմանավորված համադրման և դուպլերյան շեղման հաճախությունների գումարով և տարբերությամբ: Նկարից ելնելով՝ թիրախի հեռավորությունը և արագությունը որոշվում են այսպես

$$r = \frac{cT_m}{4\Delta f_m}(f_{up} + f_{dn})$$

$$v = \frac{\lambda}{4}(f_{up} - f_{dn})$$



Նկ.4. ԳՀՄԱԳ ՌԼԿ-ի աշխատանքի սկզբունքը

Բազմակի թիրախների առկայության դեպքում կեղծ թիրախների հայտնաբերման ինդիք է առաջանում: Յուրաքանչյուր հատվածի համար ստանում ենք հնարավոր արագություն-հեռավորություն զույգերի մատրիցներ, որոնց մեծ մասը համապատասխանում են կեղծ թիրախների: Փոփոխական

պարբերություններով ԳՀՄ եղանակը լուծում է այս խնդիրը և հնարավորություն է տալիս գտել կեղծ թիրախները:

3.2. պարագրաֆում տեսականորեն գնահատված են գեներատորների փուլային աղմուկները և նրանց ազդեցությունը ընդհանուր կայանի ազդանշան/աղմուկ հարաբերության վրա: Կրողի համեմատ աղմուկների հզորությունը համեմատական է չափվող թիրախի հեռավորությանը

$$L(\omega) \propto L_1(\omega)\omega^2 R^2$$

Օգտագործվող երկու գեներատորների արդյունաբար փուլային աղմուկները ստացվել են կրողի համեմատ -73դԲ, որը կարելի է անտեսել համակարգի սեփական ջերմային աղմուկների համեմատ:

3.3. պարագրաֆում ներկայացված են ԳՀՄՍԳ ՌԼԿ-ի կատարողականությունն ու հուսալիությունը բարձրացնող եղանակներ, որոնք կիրառվել են գործող ՌԼԿ-ում:

Մշակվել է համակցված երկու ԳՀՄ և մեկ մաքուր դոպլերյան պարբերություններով մոդուլացնող ազդանշանի օգտագործմամբ ռադիոլուկացիոն ազդանշանների ձևավորման և մշակման եղանակ: Երկու դոպլերյան պարբերությունները տալիս են արագություն-հեռավորություն զույգերի երկու մատրից, որոնցից միայն քիչ մասն են համապատասխանում իրական թիրախների: Մաքուր դոպլերյան պարբերությունը ինֆորմացիա է տալիս իրական շարժվող թիրախների արագությունների մասին: Օգտագործելով սա՝ այս երկու մատրիցներից նախապես զտվում են այն զույգերը, որոնց արագությունները տարբերվում են իրական արագություններից: Սա էականորեն կրճատում է մշակվող մատրիցների չափը և խնայում է հաշվողական ռեսուրսները:

Մշակվել է տեղային օբյեկտներից անդրադարձած հզորության ճնշման պարզ և արդյունավետ եղանակ: Քանի որ անշարժ օբյեկտներից անդրադարձած ազդանշանները իրենց մեջ պարունակում են միայն ուշացումով պայմանավորված հաճախության շեղում, ապա նրանցով պայմանավորված սպեկտրալ բաղադրիչները հաճախության աճման և նվազման պարբերություններում կլինեն նույնը և՛ ըստ հաճախության, և՛ ըստ ամպլիտուդի, քանի որ ենթադրվում է, որ օբյեկտի դիրքը էականորեն չի փոխվում մեկ ամբողջական չափման ընթացքում: Այս եղանակի միջոցով կատարվում է սպեկտրալ բաղադրիչների համեմատություն, և համընկնող արժեքները դեն են նետվում հետագա քննարկումից: Սա էականորեն հեշտացնում է կեղծ թիրախների հայտնաբերման ալգորիթմի աշխատանքը, որի հաշվողական բարդությունը քառակուսային աճում է մշակվող թիրախների քանակից կախված:

Կատարվել է նաև չափվող ազդանշանի ազդանշան/աղմուկ հարաբերության բարելավում միջինացման միջոցով: Քանի որ մի քանի չափման ընթացքում թիրախի պարամետրերը չեն հասցնում էականորեն փոխվել, ապա մի քանի չափման ընթացքում կատարված միջինացումները չեն ազդում չափումների ճշտության վրա, իսկ գրանցված աղմուկները միջինացման արդյունքում էականորեն նվազում են, ինչը դրակառոեն է ազդում համակարգի վրա:

ՌԼԿ-ների լուծող հատկության և ճշտության նկատմամբ պահանջները, ինչպես նաև բազմակի թիրախներին հետևելը և համապատասխան հուսալիությունն ու հավաստիությունը ապահովելու անհրաժեշտությունը արդիական է դարձնում հենց համակարգի ներսում թվային կապուլիների նախագծման առանձնակի մանրակրկիտ դիտարկումը: Այս աշխատանքում առաջարկվում է արդյունավետ ալգորիթմ փաթեթային դեկոդերի համար, որն աշխատում է որոշում կայացնելու փափուկ ռեժիմում ( $1/2$ ,  $K=7$ , որոշում կայացնելու Յբիթ) FPGA Virtex-II-ի մեջ: Ստացված արդյունքները ցույց են տալիս,

որ կտրման բուֆերի երկարության կրկնակի մեծացումը չնայած հանգեցնում է ազդանշան/աղմուկ հարաբերության 2ηԲ-ով լավացմանը, կարող է եսկանորեն մեծացնել հաշվարկի ժամանակը, որը էքսպոնենցիալ կախվածություն ունի կտրման բուֆերի երկարությունից:  $K=7$  օպտիմալ երկարության համար ստացվում է 14 Մբ/վ առավելագույն թողունակություն:

### **Եզրակացություններ**

1. Ուժեղ էքսպոնենցիալ տեղայնացմամբ բազիսի հիման վրա կառուցվել է ժամանակ-հաճախություն հարթության (ԺՀՀ) վրա ազդանշանների ներկայացման և մշակման եղանակ: Առաջարկվող եղանակը պարզ է իրագործման համար և չի պահանջում ավելորդ հաշվողական ռեսուրսներ:
2. Վերոհիշյալ եղանակի միջոցով կատարվում են ազդանշանների ասիմպտոտիկորեն ճշգրիտ վերլուծություն և վերականգնում: Բազիսի էքսպոնենցիալ տեղայնացման հատկության շնորհիվ ազդանշանների մշակման ժամանակ լրացուցիչ պատուհանային ֆունկցիաներ չեն օգտագործվում, ինչը բարձրացնում է ազդանշանների մշակման ճշտությունները: Պատուհանային ֆունկցիան բնականորեն նստած է ձևափոխության մեջ:
3. ԺՀՀ վրա ազդանշանների գրաֆիկական պատկերման միջոցով ստացված պատկերները ցուցադրում են վերլուծության գործակիցները և պատկերացում են տալիս ազդանշանների հատկությունների և ժամանակ-հաճախություն տեղայնացման մասին:
4. Առաջարկվող վերլուծությունը ռադիոլուկացիոն ազդանշանների մշակման համար կիրառելիս թիրախի հեռավորությունն ու արագությունը որոշվում են մեկ գործողությամբ և ավելի ճշգրիտ:
5. Նախագծվել, կառուցվել և փորձարկվել է բազմակի թիրախների հայտնաբերման ռեժիմում գործող մոտիկ տիրույթի գծային հաճախային



մոդուլացմամբ անընդհատ գործողության (ԳՀՄ-ԱԳ) իրական ռադիոլոկացիոն կայան (ՌԼԿ):

6. Գեներատորների փուլային աղմուկների և ընդհանուր համակարգի ազդանշան/աղմուկ հարաբերության վրա նրանց ազդեցության տեսական գնահատականները թույլ են տալիս պնդել, որ ժամանակակից բարձրորակ գեներատորների կիրառմամբ կառուցված ՌԼԿ-ներում փուլային աղմուկների ազդեցությունը կարելի է արհամարհել:
7. ԱԳ ՌԼԿ-ում ԳՀՄ և մաքուր դոպլերյան պարբերություններով համակցված ազդանշանի օգտագործմամբ կարելի է կատարել կեղծ թիրախների նախնական գտում, որը թույլ կտա կիրառել մշակման ավելի պարզ եղանակներ և խնայել համակարգի ռեսուրսները:
8. ԱԳ ՌԼԿ-ում տեղային օբյեկտներից անդրադարձած հզորության ճնշման եղանակի կիրառումը գործող ՌԼԿ-ում հանգեցրել է հայտնաբերված կեղծ թիրախների քանակի նվազման:
9. Ընդունված ռադիոլոկացիոն ազդանշանի մկատմամբ միջինացման եղանակի կիրառումը մեծացնում է ազդանշան/աղմուկ հարաբերությունը և հանգեցնում համակարգի հուսալիության բարձրացման:
10. Որոշումներ կայացնելու փափուկ ռեժիմում աշխատող փաթույթային դեկոդերի դեպքում կտրման բուֆերի  $K=7$  օպտիմալ երկարության համար ստացվում է 14 Մբ/վ առավելագույն թողունակություն:

### **Հրատարակված աշխատանքների ցուցակ**

1. А.Ахумян, А.Айрапетян, Т.Закарян, Р.Мартиросян, С.Мартиросян А.Мужикян, В.Никогосян, Н.Погосян, Т.Погосян, К.Рустамян, “Малая РЛС  $K_n$ -диапазона с непрерывным ЛЧМ-сигналом,” *Электромагнитные волны и электронные системы*, т.16, №2, 2011, с.43-48.

2. Г.Аванесян, А.Ахумян, А.Мужикян, “Применение точного математического представления в частотно-временной плоскости к обработке сигналов доплеровской импульсной РЛС,” *Электромагнитные волны и электронные системы*, т.16, №4, 2011, с.22-24
3. А.Мужикян, “Локализация целей в радиолокационной станции постоянного действия с составным модулирующим сигналом,” *Известия НАН РА*, т.46, №4, 2011, с.273-277
4. А.Hakhoumian, Т.Zakaryan, А.Muzhikyan and V.Nikoghosyan, “Compact High Performance Algorithm for Convolutional Decoder,” *Transactions of IAP of NAS of RA, Mathematical Problems of Computer Science*, vol.35, 2011, pp.137-139
5. А.Muzhikyan, А.Hakhoumian, S.Martirosyan, V.Nikoghosyan, N.Poghosyan, Т.Poghosyan, K.Rustamyan, and Т.Zakaryan, “Short-Range Ku-Band Hybrid-Mode CW-LFM Radar” *Proc. of 11-th International Radar Symposium (IRS-2010)*, Vilnius, Lithuania, 16-18 June, 2010, pp.478-481
6. Г.Аванесян, А.Мужикян, “Методы гильбертова пространства в теории сигналов,” *Третье российско-армянское совещание по математической физике, комплексному анализу и смежным вопросам*, Цахкадзор, Армения, 4-8 октября, 2010, с.30-33
7. А.Hakhoumian, S.Martirosyan, А.Muzhikyan, V.Nikoghosyan, N.Poghosyan, Т.Poghosyan, K.Rustamyan and Т.Zakaryan, “Light-Weight Short-Range Ku-Band CW-LFM Radar,” *Proc. of The Technique of Microwave and THz Waves and its Application in Biomedical and Radar Technologies and in Remote Sensing (IRPhE'2010)*, Ashtarak-Aghveran, Armenia, 23-25 September, 2010, pp.87-90

# ИССЛЕДОВАНИЕ ЭФФЕКТИВНЫХ МЕТОДОВ СИНТЕЗА И ОБРАБОТКИ РАДИОЛОКАЦИОННЫХ СИГНАЛОВ

## АННОТАЦИЯ

Целью работы является исследование эффективных методов синтеза и обработки радиолокационных сигналов. Для достижения указанной цели в диссертации поставлены следующие задачи:

1. Исследовать основные трудности, связанные с классическими методами обработки сигналов на основе преобразования Фурье. Предложить метод преодоления этих трудностей на основе нового базиса для обработки сигналов.
2. Предложенный метод применить к обработке радиолокационных сигналов и разработать метод оценки временного и частотного сдвигов принятого сигнала.
3. Построить реальную радиолокационную станцию с линейной частотной модуляцией и выполнить лабораторные и полевые испытания для оценки потенциала системы.
4. Выявить основные факторы, ограничивающие производительность системы, оценить их влияние на производительность и надежность системы и разработать эффективные методы их преодоления.

В диссертации получены следующие основные результаты:

1. На основе базиса с сильной экспоненциальной локализацией предложен метод представления и обработки сигналов в частотно-временной плоскости (ЧВП). Предлагаемый метод прост в реализации и не требует дополнительных вычислительных ресурсов.
2. С помощью вышеуказанного метода выполнены асимптотически точные разложение и восстановление сигналов. Ввиду экспоненциальной локализации базиса во время обработки сигналов не используются дополнительные оконные функции, что увеличивает точности обработки сигналов. Оконная функция естественным образом присутствует в самом преобразовании.

3. Построено графическое изображение разложения сигналов в ЧВП с помощью предложенного метода представления. Полученные изображения демонстрируют коэффициенты разложения и дают представление о характеристиках и частотно-временной локализации сигнала.
4. Предлагаемый метод представления применен к обработке радиолокационных сигналов (определение расстояния до цели и ее скорости). Радиолокационные параметры цели определяются единой процедурой и точнее.
5. Спроектирована, построена и испытана реальная радиолокационная станция (РЛС) ближнего действия непрерывной работы с линейной частотной модуляцией (ЛЧМ-НР) работающей в режиме обнаружения множественных целей.
6. Теоретические оценки фазовых шумов генераторов и их воздействие на общее отношение сигнал/шум системы позволяют утверждать, что в РЛС, построенных с использованием современных высокостабильных генераторов, воздействие фазовых шумов пренебрежимо мало по сравнению с собственными шумами системы.
7. В РЛС непрерывного действия с комбинированным сигналом с ЛЧМ и чистой доплеровскими периодами осуществляется предварительная фильтрация ложных целей, что позволяет использовать более простые методы обработки и экономить ресурсы системы.
8. В РЛС непрерывного действия использование метода подавления отраженной мощности от местных объектов приводит к снижению количества обнаруживаемых ложных целей.
9. Применение метода усреднения принятого радиолокационного сигнала увеличивает отношение сигнал/шум и приводит к повышению достоверности радиолокационной информации.
10. Для сверточного декодера, работающий в режиме мягкого принятия решений при оптимальной длине буфера отсечки равной 7, достигается максимальная пропускная способность до 14Мб/с.

# INVESTIGATION OF EFFECTIVE METHODS OF RADAR SIGNAL FORMATION AND PROCESSING

## SUMMARY

The dissertation is devoted to investigation of effective methods of radar signal formation and processing. The use of effective methods can increase the overall performance and reliability of system, leading to a better resolution of system and accuracy of target distance-velocity detection. Due to the specifications of radar signal processing, implementation of new processing methods on time-frequency plane is essential.

To reach the stated aim the following steps have been made:

1. Investigate main difficulties of classical signal processing methods based on Fourier Transform. Propose a method to overcome these difficulties based on new basis for signal expansion.
2. Apply the proposed analysis method to radar signal processing. Develop a method for evaluating time and frequency shifts of received signal.
3. Construct real continuous wave radar with linear frequency modulation (LFMCW) and comply laboratory and field tests to evaluate technical capabilities of the system.
4. Find out main limiting factors of system performance, evaluate their influence on system performance and reliability and develop effective methods against these influences.

During research work the following main results have been received:

1. Signal representation and processing method on time-frequency plane (TFP) is constructed based on basis with strong exponential localization. The proposed method is simple in application and doesn't require additional computational resources.
2. Using the method above asymptotically exact sampling and reconstruction of signals is done. Due to the exponential localization property of the basis use

of additional windowing functions in signal processing is not required, which increases overall accuracy of calculations. Windowing function naturally exists in the expansion.

3. A graphical representation of signal expansions on TFP based on proposed method is constructed. The resulting graphics represent expansion coefficients and carry information about signal properties and time-frequency localization.
4. The proposed expansion is applied to radar signal processing for evaluating target distance and velocity. The parameters of target are determined in one procedure and more accurately.
5. Short-range LFMCW radar system working in multiple target detection mode is designed, built and tested.
6. Theoretical assessment of phase noise of generators and their impact on overall system signal/noise ratio allow us to assert that in radars built on modern high-quality generators noise impact can be ignored in comparison to thermal noise of the system.
7. In FM radar with combined modulating signal with LFM and pure Doppler periods filtration out of false targets is complied, which allows use of more simple processing methods and saves system resources.
8. Use of suppression of reflected power from local objects in FM radar results in decrease of number of false target detection.
9. Applying averaging method to received radar signal increases signal/noise ratio and leads to increase of system reliability.
10. For convolutional decoder running in the mode of soft decision at the optimal length of the cutoff buffer equal to 7, the obtained throughput is estimated up to 14Mbps.