

ՀՀ ԿՐԹՈՒԹՅԱՆ ԵՎ ԳԻՏՈՒԹՅԱՆ ՆԱԽԱՐԱՐՈՒԹՅՈՒՆ
ԵՐԵՎԱՆԻ ՊԵՏԱԿԱՆ ՀԱՄԱԼՍԱՐԱՆ

Ավագյան Հովհաննես Ռուբենի

ՌԱԴԻՈԼՈԿԱՑԻՈՆ ԲԱՐԴ ԱԶԴԱՆՇԱՆՆԵՐԻ ՈՒՂՂԱԿԻ ԹՎԱՅԻՆ ՄԻՆԹԵԶ ԵՎ
ՄՇԱԿՈՒՄ

Ա.04.03 – “Ռադիոֆիզիկա” մասնագիտությամբ
տեխնիկական գիտությունների թեկնածուի
գիտական աստիճանի հայցման ատենախոսության

ՍԵՂՄԱԳԻՐ

ԵՐԵՎԱՆ-2013

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РА
ЕРЕВАНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

Авакян Оганес Рубенович

ПРЯМОЙ ЦИФРОВОЙ СИНТЕЗ И ОБРАБОТКА СЛОЖНЫХ
РАДИОЛОКАЦИОННЫХ СИГНАЛОВ

АВТОРЕФЕРАТ

Диссертации на соискание ученой степени кандидата
технических наук по специальности
01.04.03 – “Радиофизика”

ЕРЕВАН - 2013

Ատենախոսության թեման հաստատվել է ՀՀ ԳԱԱ Ռադիոֆիզիկայի և
Էլեկտրոնիկայի Ինստիտուտում:

Գիտական ղեկավար՝

Ֆիզ.-մաթ. գիտ. թեկնածու

Ա. Ա. Հախումյան

Պաշտոնական ընդդիմախոսներ՝

Ֆիզ.-մաթ. գիտ. դոկտոր

Ա. Կ. Առաքելյան

տեխ. գիտ. դոկտոր

Վ. Հ. Ավետիսյան

Առաջատար կազմակերպություն՝

Երևանի կապի միջոցների գիտա-
հետազոտական ինստիտուտ

Ատենախոսության պաշտպանությունը կայանալու է 2013 թ. հունիսի 15-ին, ժամը
11:00-ին, Երևանի Պետական Համալսարանում գործող ֆիզիկայի 049
մասնագիտական խորհրդի նիստում: Հասցե՝ Երևան, Ալեք Մանուկյան 1:

Ատենախոսությանը կարելի է ծանոթանալ ԵՊՀ գրադարանում:

Սեղմագիրն առաքված է 2013 թ. մայիսի 15-ին:



Մասնագիտական խորհրդի գիտական քարտուղար,

Ֆիզ.-մաթ. գիտ. թեկնածու, դոցենտ

Վ. Պ. Քալանթարյան

Тема диссертации утверждена в Институте Радиофизики и Электроники НАН РА.

Научный руководитель:

кандидат физ.-мат. наук

А.А. Ахумян

Официальные оппоненты:

доктор физ.-мат. наук

А.К. Аракелян

доктор техн. наук

В.Г. Аветисян

Ведущая организация:

Ереванский научно-исследовательский институт
средств связи

Защита диссертации состоится 15 июня 2013 г., в 11:00 часов, на заседании
специализированного совета физики 049 при Ереванском Государственном
Университете по адресу: Ереван, ул. А. Манукяна 1.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке ЕГУ.

Автореферат разослан 15 мая 2013 г.



Ученый секретарь специализированного совета

кандидат физ.-мат. наук., доцент

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 կիրառություններում օգտագործվող ռադիոլոկացիոն կայանների (ՌԼԿ) զարգացումը: Նման համակարգերը կիրառվում են անվտանգության, հսկման, նավերի և ավտոմեքենաների հակավթարային և այլ համակարգերում, ինչպես նաև սկսել են մեծ հետաքրքրություն առաջացնել՝ հանդիսանալով ախտորոշման և փլատակների տակ կենդանի մարդկանց հայտնաբերման նպատակով կիրառվող գործիքներ [1-2]: Այսպիսի համակարգերում ազդանշանների մշակման առավել թեթև ու արդյունավետ եղանակների օգտագործումը էականորեն բարելավում է դրանց հուսալիությունը և կատարողականությունը:

Ժամանակակից ռադիոլոկացիոն համակարգերում կիրառվում են ազդանշանների մշակման հզոր և արդյունավետ եղանակներ, որոնք պահանջում են թանկարժեք սարքավորումներ և մեծ հաշվողական ռեսուրսներ: Վերջինիս հետևանքով նման համակարգերը դառնում են խոշոր, էներգատար և թանկարժեք, ինչը սահմանափակում է նրանց կիրառությունների ոլորտը, այնինչ, կան մի շարք ոլորտներ, որտեղ փոքր և դյուրակիր ռադարների կիրառումը կլիներ խիստ ցանկալի: Դյուրակիր ռադարները, շատ հաճախ՝ ելնելով կիրառման ոլորտներից, հնարավորություն չեն ունենում սնվել ցանցից և ստիպված են սնվել սեփական մարտկոցից: Արդյունքում ստացվում է, որ նման փոքրածավալ, էժան և էներգախնայող համակարգեր ունենալու համար անհրաժեշտ են ազդանշանների մշակման նոր առավել թեթև ալգորիթմներ, որոնք չեն պահանջի թանկարժեք սարքավորումներ ու մեծ հաշվողական ռեսուրսներ, բայց առավելագույնս արդյունավետորեն կլուծեն իրենց առջև դրված խնդիրները:

Ինչպես հայտնի է, ռադարային համակարգի կողմից գրանցված ազդանշանը բաղկացած է ոչ միայն օգտակար, այլ նաև շրջակա միջավայրից անդրադարձած ազդանշանից, խանգարումներից, և այլ աղմուկներից [3]: Շրջակա միջավայրից անդրադարձած հզորության ճնշումը, աղմուկների ազդեցության նվազեցումը և օգտակար ազդանշանի գտումը՝ ռադիոլոկացիոն համակարգերի ազդանշանների մշակման հանգույցի կարևորագույն գործառնություններից են: Այսպիսի ալգորիթմների ուսումնասիրմանն ու դրանց արդյունավետ համադրությունների բացահայտմանն էլ նվիրված է այս աշխատանքը:

Ատենախոսության նպատակը

Ատենախոսության նպատակն է հետազոտել ռադիոլոկացիոն ազդանշանների թվային 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. Կառուցել գծային հաճախային մոդուլացմամբ անընդհատ գործողության (ԳՀՄ-ԱԳ) իրական ռադիոլոկացիոն կայան և կատարել լաբորատոր և դաշտային փորձարկումներ համակարգի տեխնիկական հնարավորությունները գնահատելու համար:
2. Ուսումնասիրել համակարգի կատարողականությունը սահմանափակող հիմնական գործոնները, գնահատել նրանց ազդեցությունը համակարգի կատարողականության ու հուսալիության վրա:
3. Մշակել այդ ազդեցությունների դեմ պայքարի՝ հաշվողական քիչ ռեսուրսներ պահանջող, արդյունավետ եղանակներ: Ուսումնասիրել այդ ալգորիթմների հնարավոր համադրությունները առավելագույն արդյունավետություն ապահովելու համար:

4. Առաջարկվող եղանակներ կիրառել ռադիոլոկացիոն ազդանշանների մշակման նկատմամբ: Իրականացնել դաշտային փորձարկումներ ակնկալվող արդյունքները հավաստագրելու համար:

Գիտական նորույթը

1. Առաջարկվել է առանց մոդուլյացիայի, անընդհատ գործողության ռադարների համար՝ տատանողական բնույթի շարժումներ կատարող թիրախներից անդրադարձած ազդանշանի գտման նոր եղանակ՝ հիմնված քառակուսային ընդունիչներում կոմպլեքս ֆուրյեի արագ ձևափոխության (\$U_2\$) վրա: Այս եղանակի կիրառման շնորհիվ հնարավոր է դառնում տարանջատել համընթաց շարժվող օբյեկտները տատանվող օբյեկտներից:
2. Առաջարկվել է գծային հաճախային մոդուլացմամբ անընդհատ գործողության (ԳՀՄ-ԱԳ) ռադարի համար՝ տեղային օբյեկտներից անդրադարձած հզորության ճնշման նոր եղանակ՝ հիմնված առանց մոդուլյացիայի հատվածում չափված դուպլեքսյան հաճախության օգտագործման վրա: Այս եղանակը թույլ է տալիս իրականացնել տեղային օբյեկտների նախնական գտում՝ հեշտացնելով թիրախների հայտնաբերման ալգորիթմի հետագա աշխատանքը:
3. Առաջարկվել է գծային հաճախային մոդուլացմամբ անընդհատ գործողության (ԳՀՄ-ԱԳ) ռադարի համար ցածր միջանկյալ հաճախությամբ ընդունման մեթոդ, որը թույլ է տալիս ցածրհաճախային ֆլիկերային հզոր աղմուկներից և հաստատուն բաղադրիչից խուսափելու շնորհիվ մեծացնել ազդանշան աղմուկ հարաբերությունը՝ հետևաբար մեծացնելով հայտնաբերման հեռավորությունը և հավանականությունը:
4. Առաջարկվել է ԱԳ ՌԼԿ-ի ազդանշանների մշակման վերոհիշյալ պարզ եղանակների կիրառման որոշակի հաջորդականություն՝ համակարգի ռեսուրսների արդյունավետ օգտագործման և տեխնիկական պարամետրերի բարելավման համար: Այս եղանակները չեն պահանջում

մեծ հաշվողական ռեսուրսներ և կիրառելի են կամայական համանման համակարգում:

5. Նախագծվել և կառուցվել է մոտիկ տիրույթի գծային հաճախային մոդուլացմամբ անընդհատ գործողության (ԳՀՄ-ԱԳ) իրական ռադիոլուկացիոն կայան (ՌԼԿ): Այն գործում է բազմակի թիրախների հայտնաբերման ռեժիմում:

Գործնական արժեքը

1. Կառուցված անընդհատ գործողության ռադիոլուկացիոն կայանը կարող է օգտագործվել անվտանգության համակարգերում մինչև 3կմ շառավղով հետիոտների և տրանսպորտային միջոցների հայտնաբերման համար: Շնորհիվ կոմպակտ չափերի և թեթև քաշի այն կարելի է հեշտությամբ տեղափոխել և օգտագործել կամայական միջավայրում:
2. Ռադիոլուկացիոն կայանի տեխնիկական պարամետրերի բարելավման առաջարկվող եղանակները կարող են կիրառվել անընդհատ գործողության ՌԼԿ-ներում, ինչը կբարձրացնի նրանց կատարողականությունն ու հուսալիությունը:

Պաշտպանությանը ներկայացվող հիմնական դրույթները

1. Քառակուսային ընդունիչներում կոմպլեքս ՖԱԶ-ի օգնությամբ իրականացվող տատանողական բնույթի շարժումներ կատարող թիրախներից անդրադարձած ազդանշանի գտման նոր եղանակի շնորհիվ կարելի է լավացնել համընթաց շարժվող թիրախների հայտնաբերումը:
2. Տեղային օբյեկտներից անդրադարձած հզորության ճնշման նոր եղանակի շնորհիվ կարելի է էականորեն լավացնել շարժվող և անշարժ օբյեկտների տարանջատումը, և հասնել շարժվող թիրախների հայտնաբերման ալգորիթմների հաշվողական ռեսուրսների նվազեցման:
3. Յաճախ միջանկյալ հաճախությամբ (ՅՀՄ) ընդունման շնորհիվ հնարավոր է ազատվել ֆիկերային հզոր աղմուկների և հաստատուն բաղադրիչի

առաջացրած դժվարություններից և մեծացնել համակարգի հայտնաբերման հնարավորությունները:

4. Ազդանշանների մշակման նշված պարզ եղանակների ճիշտ համադրության կիրառման շնորհիվ կարելի է բարձրացնել հաշվողական փոքր ռեսուրսներ ունեցող ՌԼԿ-ի կատարողականությունն ու հուսալիությունը:

Աշխատանքի ներկայացումը

Ատենախոսության հիմնական արդյունքները բազմիցս քննարկվել են Ռադիոֆիզիկայի և էլեկտրոնիկայի ինստիտուտի Ազդանշանների մշակման ու ԳԲՀ սարքավորումների լաբորատորիաների սեմինարներում և ներկայացվել միջազգային գիտաժողովում:

Տպագրություններ

Ատենախոսության թեմայով տպագրվել է 5 աշխատանք, որոնցից 3 հոդված և միջազգային գիտաժողովում ներկայացված 2 զեկույց, որոնց ցուցակը բերված է սույն սեղմագրում:

Ատենախոսության կառուցվածքը

Ատենախոսությունը բաղկացած է ներածությունից, երեք գլուխներից, եզրակացությունից և 105 հղում պարունակող գրականության ցանկից: Աշխատանքի ընդհանուր ծավալը 109 էջ է և պարունակում է 51 նկար:

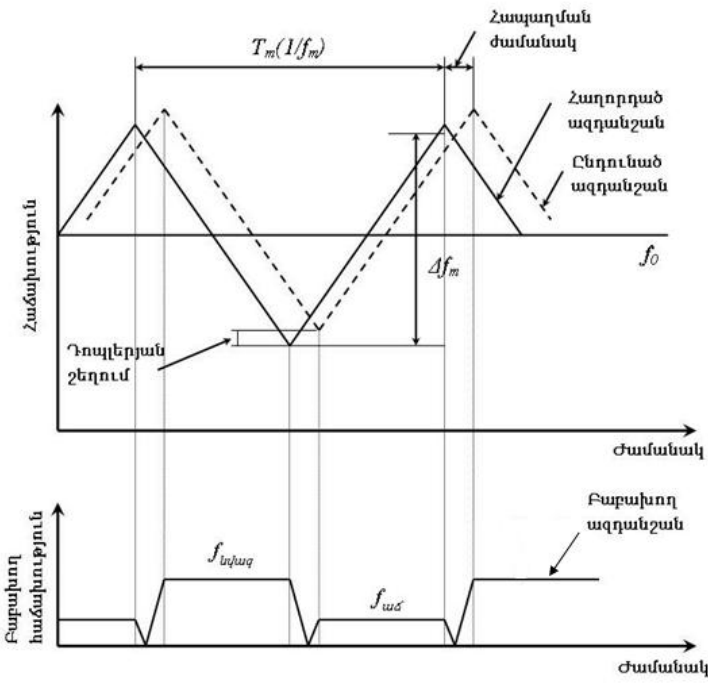
Ատենախոսության բովանդակությունը

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 ներկայացված է թեմային վերաբերվող գրականության հակիրճ ամփոփում: 1.1. պարագրաֆում ներկայացված են մինչ այժմ գոյություն

ունեցող ռադիոլուկացիոն կայանների տարատեսակները, նրանց նշանակությունը և օգտագործման ուղղությունները: Քննարկված են փոքրածավալ, հաճախային մոդուլացմամբ անընդհատ գործողության (ՀՄԱԳ) ռադարների կիրառման ոլորտները, նրանց առավելություններն ու թերությունները համեմատած նմանատիպ այլ տեխնոլոգիաների հետ:

1.2 պարագրաֆում դիտարկված է ռադարների էներգետիկ պոտենցիալը իդեալական դեպքում, և դրա կրած փոփոխությունները շրջակա միջավայրից անդրադարձած հզորության (կլատերի) առկայության պարագայում: Քննարկված են ԳՀՄ-ԱԳ ռադարի համար հայտնաբերման առավելագույն հեռավորությունը մակերևույթային կլատերի առկայության դեպքում և վերջինիս որոշ պարամետրերի կախվածությունը լանդշաֆտի տեսակից [3]:



Նկ. 1. ԳՀՄ ԱԳ ռադարի աշխատանքի սկզբունքը

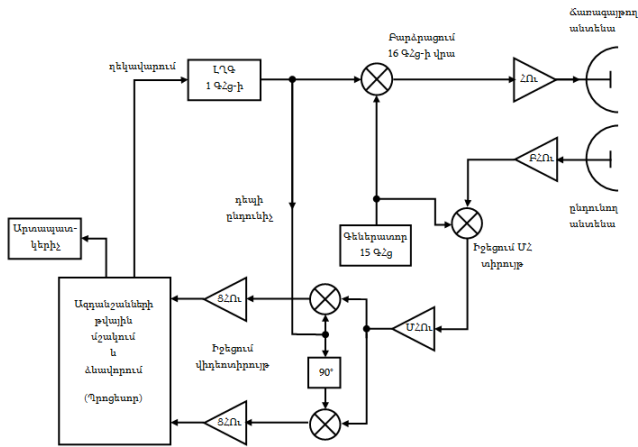
Պարագրաֆ 1.3-ում ներկայացված է ԳՀՄ-ԱԳ ռադարի աշխատանքի ընդհանուր սկզբունքը, նկարագրված են ԳՀՄ ազդանշանի ձևավորման եղանակները բազմանպատակային հայտնաբերման համար, թիրախի հեռավորության և արագության չափման մեթոդները և հաշվարկման եղանակները՝ բանաձևեր (1) և (2):

$$R = \frac{cT_m}{8\Delta f_m} (f_{\text{աճ.}} + f_{\text{նվ.}}) \quad (1)$$

$$V = \frac{\lambda}{4} (f_{\text{նվ.}} - f_{\text{աճ.}}) \quad (2)$$

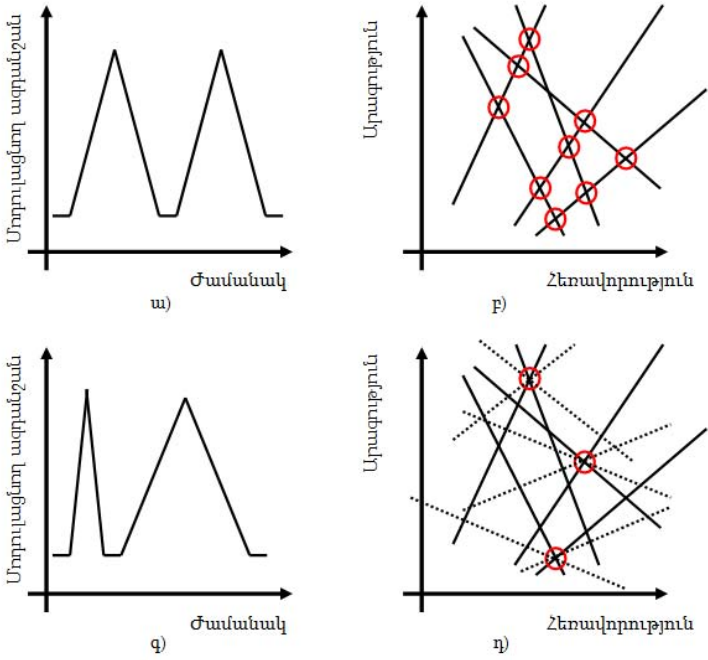
Նկ. 1-ում պատկերված է ԳՀՄ-ԱԳ ռադարի աշխատանքի ընդհանուր սկզբունքը՝ ձևավորված ԳՀՄ ազդանշանի, ընդունված ազդանշանի և համապատասխան բաբախող հաճախության տեսքերը [4]:

Պարագրաֆ 1.4-ում ներկայացված են դյուրակիր, ԳՀՄ-ԱԳ ռադարային համակարգի կառուցվածքը և նախագծումը: Նկարագրված են անտենայի, ուժեղարարների, գեներատորների, համակարգի կառուցվածքային սխեմայի և այլ բաղկացուցիչ մասերի ընտրության հիմնավորումները: Նկ. 2-ում պատկերված է համակարգի բլոկ սխեման:



Նկ. 2. ԳՀՄ ԱԳ ռադարի բլոկ սխեման

Գլուխ 2-ը նվիրված է ռադիոլոկացիոն ազդանշանների թվային մշակման եղանակներին: 2.1 պարագրաֆում ներկայացվում է ընդունված ազդանշանների թվայնացումը, սպեկտրալ խտության որոշումը, թիրախների համապատասխանող պիկերի հայտնաբերումը: Ցույց է տրվում, որ խնդիրը էսպես բարդանում է բազմակի թիրախների առկայության դեպքում, քանի որ ԳՀՄ աճման և նվազման պարբերությունների ժամանակ գտնված սպեկտրալ պիկերի զույգերի ընտրության ոչ միարժեքությունը հանգեցնում է հեռավորություն-արագություն անորոշության առաջացմանը: Նկարագրված է նաև այդ խնդրի լուծման եղանակը՝ տարբեր պարբերությամբ ԳՀՄ ազդանշանների կիրառման միջոցով, որի էությունը պատկերավոր կերպով ցուցադրված է նկ. 3-ում:

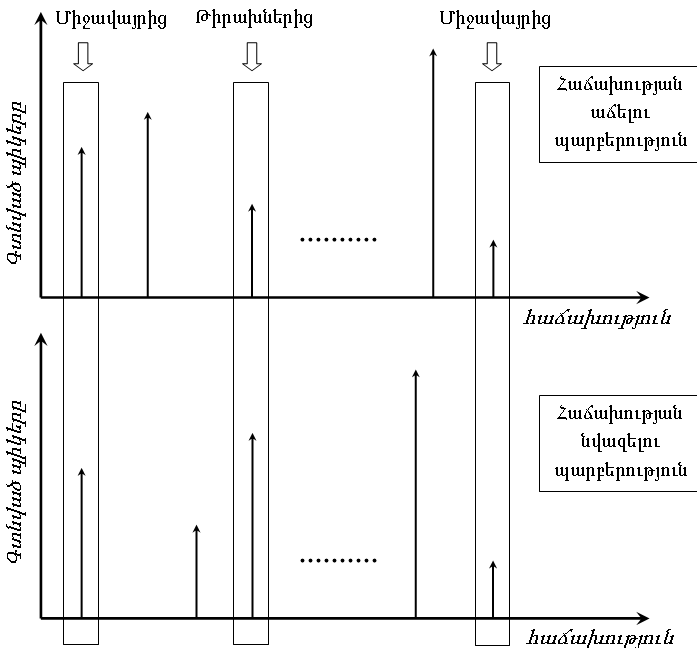


Նկ. 3. Բազմաթիրախ խնդրի էությունը և դրա լուծման եղանակը, ա) և գ) – մոդուլացնող ազդանշանների տեսքեր, բ) և դ) – արագություն-հեռավորություն կախվածությունները համապատասխանաբար ա) և գ) մոդուլացնող ազդանշանների պարագայում

Այս պարագրաֆում իրականացված է նաև բազմաթիրախ խնդրի լուծման ալգորիթմի համար պահանջվող գործողությունների և հաշվողական ռեսուրսների գնահատում:

Պարագրաֆ 2.2-ում դիտարկված է կլատերի առկայության դեպքում խնդրի բարդացումը, որը պայմանավորված է տեղային օբյեկտներին համապատասխանող պիկերի առաջացման հետևանքով՝ պահանջվող հաշվողական ռեսուրսների կտրուկ աճով: Նկարագրված է տեղային օբյեկտների ճնշման ալգորիթմներ, որոնք թույլ է տալիս իրականացնել վերջիններիս նախնական գտում՝ որոշակիորեն թեթևացնելով իրավիճակը:

Համընկնող պիկերի գրոյացման (ՀՊՁ) ալգորիթմի աշխատանքի սկզբունքը կայանում է նույն հաճախությամբ և նույն հզորությամբ պիկերի արտաքսման մեջ: Այս ալգորիթմի կիրառման չափանիշը ներկայացված է (3) բանաձևում, և պատկերավոր կերպով ցուցադրված է նկ. 4-ում:



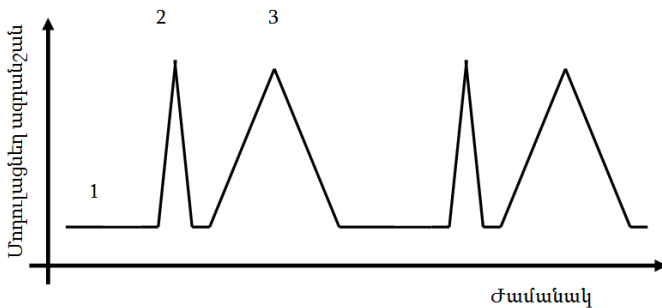
Նկ. 4. Տեղային օբյեկտներից անդրադարձած հզորության ճնշման ալգորիթմ

$$էթէ \begin{cases} |f_{w\delta i} - f_{նվազ j}| < \delta f \\ |A_{w\delta i} - A_{նվազ j}| < \delta A \end{cases}, \text{ ապա } A_{w\delta i} = A_{նվազ j} \equiv 0 \quad (3)$$

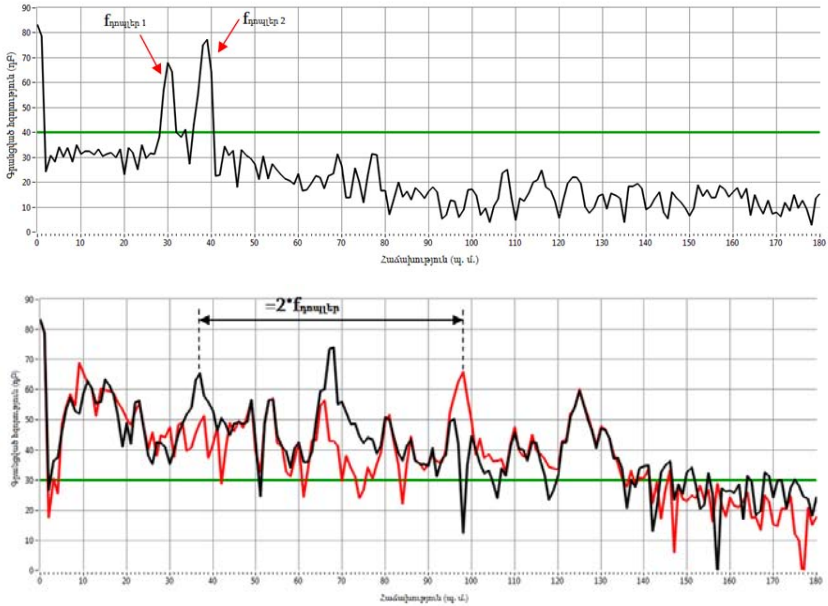
Հաջորդ ալգորիթմի նպատակը ևս շարվող պիկերի գտումն է անշարժներից, բայց այս անգամ արդեն եռապարբերանի ազդանշանի կիրառման միջոցով, որի տեսքը պատկերված է նկ. 5-ում: Չմոդուլացված 1 ազդանշանի ժամանակ գրանցված դոպլերյան հաճախության օգնությամբ կարելի է առանձնացնել այն սպեկտրալ պիկերի գույգերը, որոնք կարող են համապատասխանել շարժվող թիրախներին: Զույգերի ընտրման չափորոշիչ պայմանը բերված է (4) բանաձևում, իսկ ալգորիթմի աշխատանքի սկզբունքը ցուցադրված է նկ. 6-ում:

$$2f_{դոպլեր} - \varepsilon_f < |f_{w\delta i} - f_{նվազ j}| < 2f_{դոպլեր} + \varepsilon_f \quad (4)$$

Այս պարագրաֆում ցույց է տրված նաև, որ նախնական գտման վերոհիշյալ ալգորիթմները պահանջում են առավել քիչ հաշվողական ռեսուրսներ, ինչի շնորհիվ թույլ են տալիս էականորեն պակասեցնել պիկերի դիտարկվող գույգերի քանակը և թեթևացնել վերջնական ալգորիթմի աշխատանքը՝ նվազեցնելով պահանջվող հաշվողական ռեսուրսների գումարային քանակը:



Նկ. 5. Մոդուլացնող եռապարբերանի ազդանշանի տեսքը



Նկ. 6. Դուպլեյրյան հաճախության կիրառմամբ շարժվող թիրախների գտման ալգորիթմի նկարագրությունը

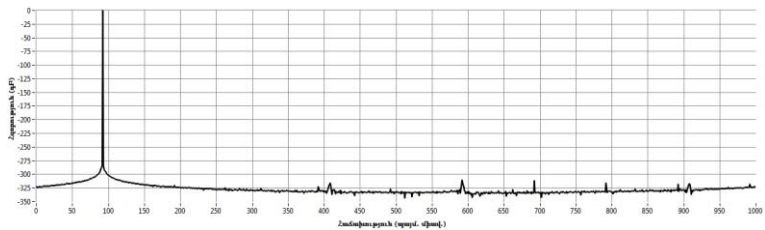
Պարագրաֆ 2.3-ում քննարկված է համընթաց շարժվող թիրախների՝ տատանողական շարժումներ կատարողներից տարանջատման հնարավորությունը: Ցույց է տրված, որ տատանողական շարժումներ կատարող թիրախից անդրադարձած ազդանշանը քառակուսային ընդունիչի էլքում ունենալու է հետևյալ տեսքը՝

$$R_x(t) = B e^{i\omega t} \sum_{n=-\infty}^{\infty} J_n\left(\frac{2v_m}{\lambda}\right) e^{in\Omega t} \quad (5)$$

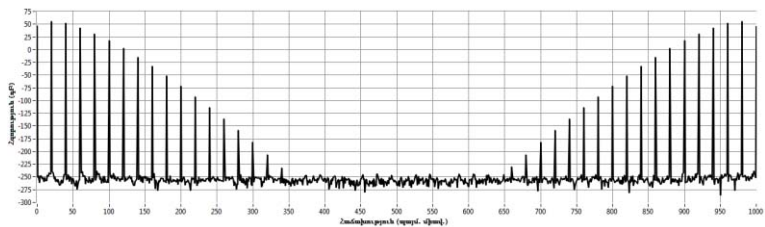
Այսպիսով՝ կոմպլեքս ՖՄՁ կիրառման դեպքում տատանողական շարժումներին համապատասխանող ազդանշանի սպեկտրը կլինի սիմետրիկ, այսինքն՝ կունենա սպեկտրալ բաղադրիչներ միևնույն հաճախությունների ինչպես դրական, այնպես էլ բացասական տիրույթներում, այն դեպքում երբ համընթաց շարժվող օբյեկտների դեպքում սպեկտրալ բաղադրիչը առկա կլինի հաճախությունների միայն մի տիրույթում՝ կախված շարժման ուղղությունից:

Տատանողական և համընթաց շարժվող օբյեկտների սիմուլյացիայի արդյունքում ստացված սպեկտրերը բերված են նկ. 7-ում:

2.4 պարագրաֆում դիտարկված են միջինացման մի քանի եղանակներ, որոնց կիրառման արդյունքում կարելի է նվազեցնել կեղծ պիկերի քանակը և կեղծ տազնապի հավանականությունը: Առաջինը՝ բջջային միջինացման ալգորիթմն է, որը թույլ է տալիս առանձնացնել թիրախը մոտակա կլատերին համապատասխանող ֆոնից: Մյուս երկու՝ տարածական և ըստ անսամբլի միջինացման, ալգորիթմների կիրառման շնորհիվ կարելի է զգալիորեն փոքրացնել տարատեսակ անկայունությունների և բազմաճառագայթային տարածման պատճառով նկատվող՝ ԳՀՄ-ի աճման և նվազման պարբերություններում սպեկտրալ անհամապատասխանությունները և արդյունքում պակասեցնել ֆլուկտուացիաներով պայմանավորված կեղծ պիկերի առաջացման հավանականությունը:



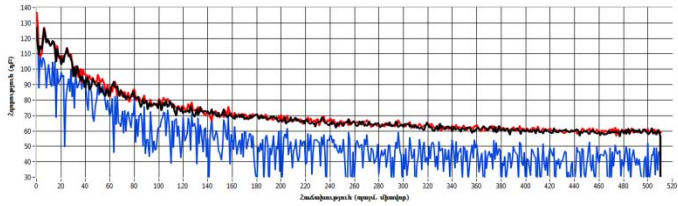
ա)



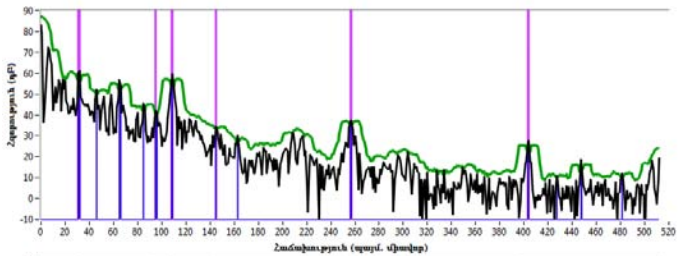
բ)

Նկ. 7. Համընթաց և տատանողական շարժումներին համապատասխանող ազդանշանների սպեկտրեր, ա) – համընթաց, բ) – տատանողական

Գլուխ 3-ը ամբողջովին նվիրված է նախագծված և կառուցված ԳՀՄ-ԱԳ ռադիոլոկացիոն կայանի միջոցով իրականացված հետազոտություններին և ստացված արդյունքներին:



ա)



բ)

Նկ. 8. Ազդանշանների սպեկտրերը ալգորիթմների կիրառման արդյունքում, ա) – ըստ անսամբլի միջինացման ալգորիթմ, բ) – բջջային միջինացման և ՀՊԶ ալգորիթմ

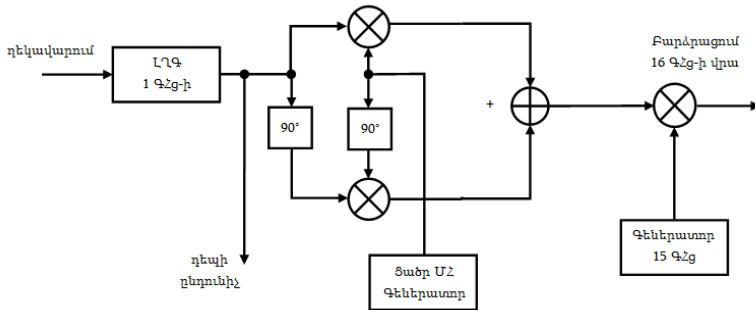
Պարագրաֆ 3.1-ում ցուցադրված են մի շարք դաշտային չափումների, ինչպես նաև դրանց նկատմամբ կիրառված ալգորիթմների արդյունքեր՝ որոշ արդյունքներ պատկերված են նկ. 8-ում: Կատարված են համեմատություններ և ենթադրություններ այդ ալգորիթմների համատեղման շնորհիվ համակարգի արդյունավետության բարձրացման ուղղությամբ: Առաջարկված է վերոհիշյալ

ալգորիթմների կիրառման որոշակի հերթականություն, որը ելնելով ցուցադրած արդյունքներից՝ հաշվի առնելով կեղծ տազնապի հավանականությունը, տեղային օբյեկտների ճնշման և պահանջվող հաշվողական ռեսուրսների քանակությունները, և այլ պարամետրեր, հանդիսանում է ամենաարդյունավետը:

Պարագրաֆ 3.2-ում առաջարկվում է հեռահաղորդակցական ընդունիչներում լայնորեն օգտագործվող ցածր միջանկյալ հաճախությամբ ընդունման եղանակի կիրառումը դոպլերյան ռադիոլուկացիոն համակարգերում: Ստացված փորձնական արդյունքները ցույց են տվել, որ չնայած կիրառված ալգորիթմների մեծ արդյունավետությանը, հայտնաբերման չափված հեռավորությունը դեռ հեռու է իր ակնկալվող՝ տեսական սահմանից, որը պայմանավորված է ստացված ազդանշան-աղմուկ հարաբերությամբ: Վերլուծությունը ցույց է տալիս, որ դա հետևանք է կիրառված ուղղակի կամ գրոյական միջանկյալ հաճախությամբ ընդունման եղանակի հայտնի թերությունների: Այս եղանակին բնորոշ հաստատուն բաղադրիչի առկայությունը և հզոր ցածրհաճախային ֆլիկերային աղմուկները, որոնք ընկած են որոշվող դոպլերյան հաճախությունների տիրույթում, խիստ սահմանափակում են համակարգի հայտնաբերման շեմը: Մյուս կողմից բարձր միջանկյալ հաճախությունների (10–1000 ՄՀց) տիրույթում ուղղակի ֆուրյե ձևափոխությունը՝ որը գուրկ է նշված թերություններից, պահանջում է մեծ, հզոր և թանկարժեք պրոցեսորներ, որոնց կիրառումը անընդունելի է մատչելի և դյուրակիր համակարգերում: Այս խնդրի լուծման համար դիտարկվել է, այսպես կոչված, ցածր միջանկյալ հաճախությամբ ընդունիչների կառուցվածքը, որտեղ միջանկյալ հաճախությունը ընդամենը մի քանի անգամ է գերազանցում ազդանշանի սպեկտրը:

Ցուցադրված է, որ այս եղանակի կիրառման շնորհիվ ակնկալվող ինֆորմացիոն ազդանշանը ցածրհաճախային տիրույթից կարելի է տեղափոխել նշված միջանկյալ հաճախության տիրույթ, որի արդյունքում հնարավոր է խուսափել հզոր ցածրհաճախային ֆլիկերային աղմուկների և հաստատուն բաղադրիչի առաջացրած դժվարություններից [5]:

Նշված եղանակի իրականացման համար նկ. 2-ում պատկերված բլոկ սխեմայում կատարվել են փոփոխություններ՝ ինչպես պատկերված է նկ. 9-ում:



Նկ. 9. Ցածր միջանկյալ հաճախությամբ ընդունման լրացուցիչ բլոկ սխեման

Այս սխեմայի օգնությամբ իրականացվում է հաճախամոդուլված ազդանշանի հայելային ուղու փուլային ճնշում՝ առանց արտաքին գոտիչների, և արդյունքում ստացվող ազդանշանը ունենում է հետևյալ տեսքը՝

$$T_x(t) = \cos[(\omega_{15} + \omega_1(t) + \omega_{LIF})t] \quad (6)$$

որտեղ ցածր ω_{LIF} -ը պետք է մեծ լինի դոպլերյան առավելագույն հաճախությունից:

Եզրակացություն

1. Նախագծվել, կառուցվել և փորձարկվել է բազմակի թիրախների հայտնաբերման ռեժիմում գործող մոտիկ տիրույթի գծային հաճախային մոդուլացմամբ անընդհատ գործողության (ԳՀՄ-ԱԳ) իրական ռադիոլոկացիոն կայան (ՌԼԿ):
2. ԱԳ ՌԼԿ-ում ԳՀՄ և մոնոքրոմատիկ հատվածներով եռապարբերանի համակցված ազդանշանի օգտագործումը նպաստում է կեղծ թիրախների նախնական գտմանը և հաճախային զույգերի ձևավորմանը, ինչը թույլ է տալիս խնայել համակարգի հաշվողական և հետևաբար նաև էներգետիկ ռեսուրսները:

3. Մոնոքրոմատիկ ազդանշանի կիրառման ժամանակ քառակուսային ընդունիչների օգտագործման և կոմպլեքս ֆուրյեի արագ ձևափոխության իրականացման շնորհիվ կարելի է տատանողական բնույթի շարժումները առանձնացնել համընթաց շարժումներից:
4. ԱԳ ՌԼԿ-ում միջինացման ալգորիթմների կիրառումը թույլ է տալիս նվազեցնել ոչ ստացիոնար կլատերով պայմանավորված սպեկտրալ ֆլուկտուացիաները և փոքրացնել դրանց պատճառով գրանցվող կեղծ տագնապի հավանականությունը:
5. Ազդանշանների մշակման նշված պարզ եղանակների ճիշտ համադրության կիրառման շնորհիվ կարելի է բարձրացնել հաշվողական փոքր ռեսուրսներ ունեցող ՌԼԿ-ի կատարողականությունն ու հուսալիությունը:
6. Ցածր միջանկյալ հաճախությամբ ընդունման շնորհիվ հնարավոր է ազատվել ֆլիկերային հզոր աղմուկների և հաստատուն բաղադրիչի առաջացրած դժվարություններից և մեծացնել համակարգի հայտնաբերման հնարավորությունները:

Օգտագործված գրականության ցանկ

- [1] R.L.Yadava - “RF/Microwaves in Bio-Medical Applications”, *Proc. of 8th International Conference on Electromagnetic Interference and Compatibility (INCEMIC-2003)*, 18-19 Dec. 2003, pp. 81-85
- [2] I. S. Komarov, S. M. Smolskiy, “*Fundamentals of Short-Range FM Radar*”, *Artech House*, August 30, 2003.
- [3] D.K. Barton, “*Radar Equations for Modern Radar*”, *Artech House*. November 30, 2012.
- [4] W. Wang, J. Cai, and Y. Yang, “A Novel Method to Identify Multi-target by Transformable Periods LFM Waveform,” *Proc. of International Conference on Communications. Circuits and Systems*, 2005, vol.2, pp.744–747.
- [5] L.B. Oliveira, J.R. Fernandes, I.M. Filanovsky, C.J.M. Verhoeven, M.M. Silva, “*Analysis and Design of Quadrature Oscillators*”, *Springler*, July 14, 2008, pp. 176.

Հրատարակված աշխատանքների ցուցակ

1. H. Avagyan, A. Hakhoumian, H. Hayrapetyan, N. Poghosyan, and T. Zakaryan, “Portable Non-Contact Microwave Doppler Radar For Respiration And Heartbeat Sensing”, *Armenian Journal of Physics*, vol. 5, no. 1, pp. 8-14, 2012.
2. H. Avagyan, “A Clutter Reduction Algorithm in Non-Coherent LFM CW Radars”, *Transactions of IIAP of NAS of RA, Mathematical Problems of Computer Science*, vol. 39, pp. 66-71, 2013.
3. H. Avagyan, A. Hakhoumian, H. Hayrapetyan, N. Poghosyan, and T. Zakaryan, “Novel Method of Cardiac Activity Extraction in L-Band CW Radars”, *Armenian Journal of Physics*, vol. 6, no. 2, pp. 92-96, 2013.
4. A. Hakhoumian, T. Zakaryan, N. Poghosyan, H. Avagyan, E. Sivolenko, and Kh. Tovmasyan, “Reduction of the Clutter in Non-Coherent LFM CW Radars”, *Proceedings of International Conference on Microwave and THz Technologies and Wireless Communications (IRPhE’2012)*, October 16-17, 2012, Yerevan, Armenia, pp. 90-95.
5. H. Avagyan, A. Hakhoumian, H. Hayrapetyan, N. Poghosyan, and T. Zakaryan, “Method Of Cardiac Activity Extraction In L-Band CW Radars”, *Proceedings of International Conference on Microwave and THz Technologies and Wireless Communications (IRPhE’2012)*, October 16-17, 2012, Yerevan, Armenia, pp. 201-206.

ПРЯМОЙ ЦИФРОВОЙ СИНТЕЗ И ОБРАБОТКА СЛОЖНЫХ РАДИОЛОКАЦИОННЫХ СИГНАЛОВ

АННОТАЦИЯ

Бурный прогресс в современных микроволновых и цифровых технологиях позволяет создавать малогабаритные переносные РЛС, которые могут быть применены в самых разнообразных военных и гражданских областях, таких как системы охраны и наблюдения, судовые и автомобильные системы предупреждения столкновений, чрезвычайные ситуации, биомедицина и т. д. Это обстоятельство ставит на повестку дня задачу создания новых и более легких методов цифровой обработки радиолокационных сигналов, которые будут эффективны, но не будут требовать больших вычислительных ресурсов.

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

1. Построить реальную радиолокационную станцию непрерывного излучения с линейной частотной модуляцией и выполнить лабораторные и полевые испытания для оценки потенциала системы.
2. Выявить основные факторы, ограничивающие производительность системы, оценить их влияние на производительность и надежность системы.
3. Разработать эффективные и малоресурсные методы для преодоления выявленных факторов. Исследовать возможные комбинации этих алгоритмов для достижения максимальной эффективности.
4. Применить предложенные методы в цифровой обработке радиолокационных сигналов. Выполнить полевые испытания для удостоверения в достижимости желаемых результатов.

В диссертации получены следующие основные результаты:

1. Спроектирована, построена и испытана реальная радиолокационная станция (РЛС) непрерывного излучения для ближнего действия с линейной частотной модуляцией (ЛЧМ) работающей в режиме обнаружения множественных целей.
2. В РЛС непрерывного излучения с трехпериодным комбинированным сигналом с ЛЧМ и монохроматическими периодами возможно осуществить предварительную фильтрацию ложных целей и формировать частотные пары, что, являясь более простым методом обработки, позволит сэкономить вычислительные а следовательно и энергетические ресурсы системы.
3. Вовремя излучения монохроматических сигналов, при применении квадратурных детекторов и исполнении быстрого преобразования фурье для комплексных сигналов можно различать поступательные движения от колебательных.
4. В радиолокационных станциях непрерывного излучения применение усредняющих алгоритмов позволяет уменьшить спектральные флуктуации обусловленные нестационарным клатером и многолучевым распространением, и вследствие этого обеспечивает более низкую вероятность ложной тревоги.
5. В малоресурсных РЛС использование правильной комбинации вышеуказанных простых алгоритмов цифровых обработок дает возможность повысить производительность и надежность системы.
6. В РЛС применение метода приема с низкой промежуточной частотой позволяет избавиться от мощных низкочастотных фликер шумов и тем самым повысить потенциал обнаружения системы.

SUMMARY

Rapid advances in modern microwave and digital technology make it possible to create compact and portable radars, which can be used in a wide variety of military and civilian applications, such as security and surveillance systems, ship and vehicle collision avoidance systems, emergency, biomedicine, and even in everyday life. This puts on the agenda the task of creating new and easier methods of digital processing of radar signals, which must be effective, but will not require more computing resources.

The dissertation is devoted to investigation of effective methods of radar signal digital 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. To reach the stated aim the following steps have been made:

1. Construct real, linear frequency modulated, continuous wave (LFM CW) radar and performs laboratory and field tests to evaluate technical capabilities of the system.
2. Find out main limiting factors of system performance, evaluate their influence on system performance and reliability and develop effective methods against these influences.
3. Develop effective and low computing resource requiring methods for overcoming the identified factors. Investigate the possible combinations of these algorithms to achieve maximum efficiency.

4. Apply the proposed methods in digital processing of radar signals. Perform field tests in order to verify the feasibility of desired results.

During research work the following main results have been achieved:

1. Short-range LFMCW radar system working in multiple target detection mode is designed, built and tested.
2. In LFMCW radars with combined 3-periodic signals, with chirp and monochromatic periods, preliminary filtering of false targets can be implemented and the frequency pairs can be formed. Such method of signal processing is simple enough, and its application will save the computing and hence the energetic resources of the system.
3. During the monochromatic signal periods, when using the IQ detector, and the complex fast Fourier transform (CFFT) is implemented the signals corresponding to translational motions can be distinguished from oscillation ones.
4. In LFMCW radars the application of averaging algorithms will reduce the spectral fluctuations due to unsteady clutter and multipath propagation, and therefore provides a lower probability of false alarm.
5. In radars with low computing resources, the use of the correct combinations of the aforementioned simple algorithms of digital signal processing allows to improve performance and reliability of the system.
6. The use of a low intermediate frequency receiving method in radar applications allows to get rid of the powerful low-frequency flicker noise and thus increase detection capability of the system.

Z. n. h. Ulyugund

