

ИНТЕРПОЛЯЦИЯЛЫҚ СИГНАЛДАРДЫ ӨНДЕУ ӘДІСТЕРІ**Нұрлан Жұлдыз Ғабитқызы**nurlan_zhuldyz@list.ruЛ.Н.Гумилев атындағы Еуразия ұлттық университеті, мамандығының магистранты,
Нұр-Сұлтан, Қазақстан

Ғылыми жетекшісі – Д.М. Шарифов

Нақты сигналдар жазбаларының негізінде құрылған және борттық шолу радиолокациялық станцияларының сигналдарын өңдеу құрылғыларын тексеруге және сынауға арналған тест деректерін әзірлеу кезінде интерполяция әдістерін қолдану мүмкіндігі негізделген. Интерполяция шуының энергетикалық және спектрлік сипаттамалары зерттелді. Интерполяция шуы мультипликативті және корреляцияланған және олардың энергиясы тар жиілік диапазонында шоғырланған, бұл олардың мақсатты анықтауға әсерін болдырмайды. Түбінің негізгі және бүйір жапырақшалары бойынша қабылданатын астыңғы бетінен пассивті кедергілерді оқшаулау және блоктау алгоритмдерінің жұмысы модельденді. Интерполяция процедурасын радиолокатордың диапазоны мен жиілігі бойынша ажыратымдылығын арттыру мақсатында сигналдарды өңдеу алгоритміне енгізу ұсынылды.

Кілттік сөздер: РЛС шолу, интерполяция, сигналдарды цифрлық өңдеу, спектрлік талдау.

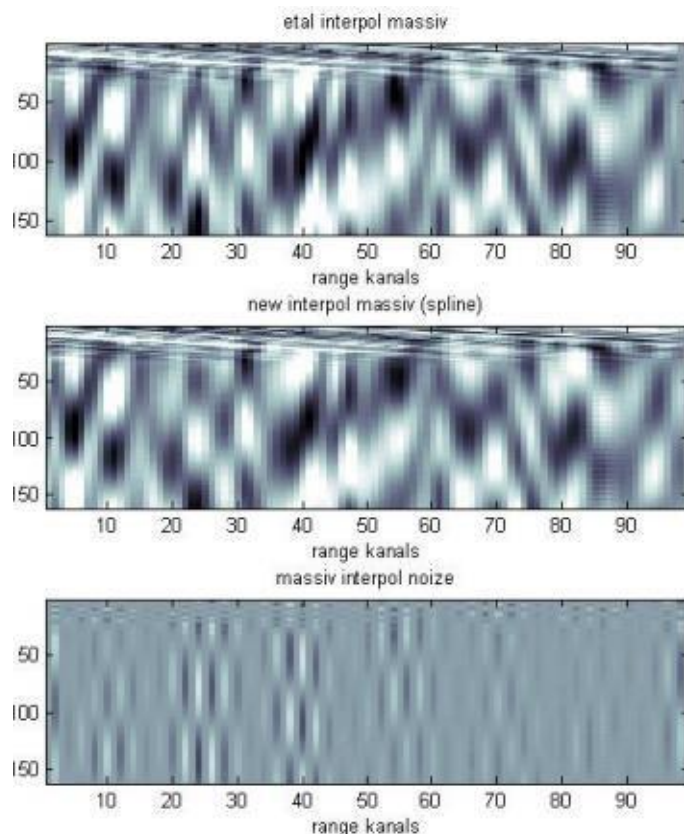
Алыс радиолокациялық анықтау мен басқарудың қазіргі заманғы авиациялық кешендерін құру кезінде алдыңғы радиолокациялық жүйелер мен кешендердің ұшу сынақтары барысында алынған нақты радиолокациялық сигналдардың жазбаларын оларды пысықтау және қолданыстағы банктерді сынау кезінде барынша мүмкін пайдалануға үлкен көңіл бөлінеді.

Шолғыншы кешеннің борттық РЛС кіші ұңғыманың квази-үздіксіз сәулеленуі бар импульсті доплерлік РЛС болып табылады және төмен биіктікті қоса алғанда, әуедегі қозғалатын нысандарды анықтаудың бірыңғай ақпараттық өрісін құруға арналған. РЛС сәулелену аймағына жер бетінің маңызды аймақтары сөзсіз түседі, соның салдарынан нақты мақсаттар ағынымен қатар, егер тиісті шаралар қолданылмаса, мақсаттар трассаларын салу және сүйемелдеу жүйесінің жұмысын шалдықтыруы мүмкін жалған, соның ішінде нысаналы белгілер қарқынды ағыны қалыптасады.

РЛС құрамына кіретін сигналдарды сандық өңдеу құрылғысының негізгі міндеті жер бетіндегі қуатты шағылыстардың фонында қозғалатын нысандарды таңдау және анықтау алгоритмдерінің бірқатарын жүзеге асыру. Әдетте сигналдарды өңдеу алгоритмдерін әзірлеу Компьютерлік модельдеу арқылы жүзеге асырылады және табиғи, өте қымбат ұшу сынақтары кезеңінде аяқталады. Бұл жұмыста нақты радиолокациялық сигналдарды енгізу жазбалары ретінде қолдана отырып, радар кешенін жөндеудің және сынаудың басқа, тиімді және үнемді әдісі ұсынылады. Нысана жағдайының әртүрлі сценарийлері бар осындай жазбалар деректер банкіне алдыңғы шолу РЛЖ ұшу сынақтарын жүргізу кезінде айтарлықтай көлемде жинақталған [1].

Сигналдық кадрлардың форматтарындағы айырмашылықтар сигналдық жазбаларды тікелей пайдалану жолындағы кедергі болып табылады. Бастапқы жазбалардың форматтарын қажетті түрге келтіру үшін диапазонда да, жиілікте де сигналдың бастапқы күрделі үлгілерінің интерполяциясын қолдану ұсынылады.

Интерполяцияны қолдану кезінде ерекше назарды сигналдық үлгілерді қалпына келтіру әдістері интерполяцияның дәлдігіне назар аударды, өйткені пассивті кедергі сигналдарына енгізілген шамалы бұрмаланулар олардың жиілік спектрінің Шу "қанаттарының" айтарлықтай өсуіне әкелуі мүмкін.

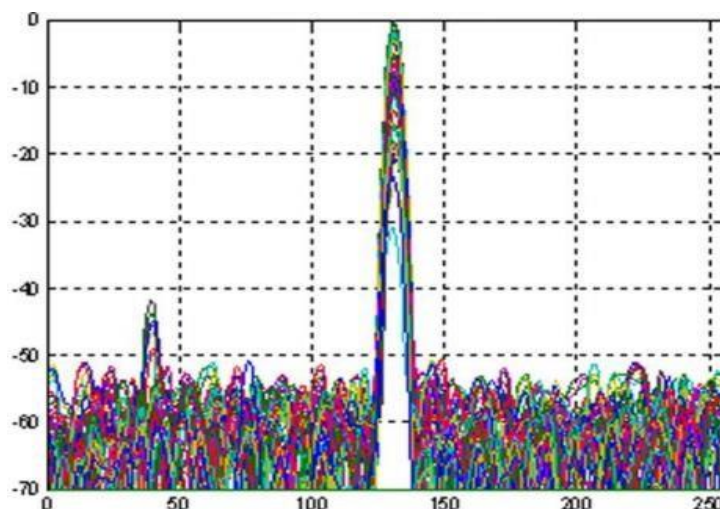


Сурет 1 – Бастапқы және алынған жақтаулардағы кіріс сигналдарының матрицалары жоғарғы және орта сурет. Төменгі суретте-кадрдағы интерполяция шуы.

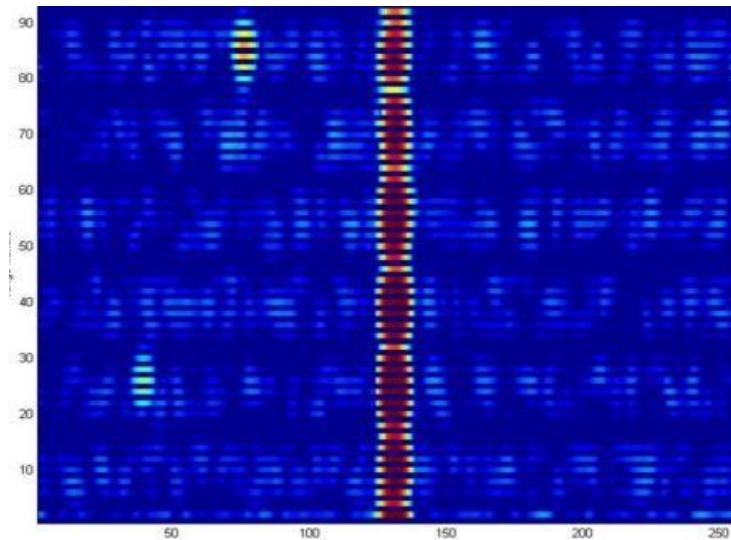
1-суретте бастапқы және алынған кадрлардың кіріс сигналдарының екі өлшемді суреттері, сондай-ақ интерполяция шуының матрицасы көрсетілген.

Кадрдағы үлгілер ансамблінде орташа интерполяция шуының салыстырмалы деңгейі өте маңызды – шамамен минус (18÷20) дБ. Ал мұндай радиолокаторлардағы қабылдағыштың меншікті шуының салыстырмалы деңгейі әдетте минус (50÷80) дБ шегінде болады.

Осыған байланысты интерполяция шуының спектрлік сипаттамаларын талдау нәтижесі өте маңызды және қызықты болып көрінеді. 2-суретте кадрдағы диапазонның барлық элементтерінде алынған және бір-бірінің үстіне қойылған Шу спектрограммалары көрсетілген. 3-суретте сол спектрограммалар "жиілік-диапазон" координаттары бар екі өлшемді матрицаға орналастырылған.



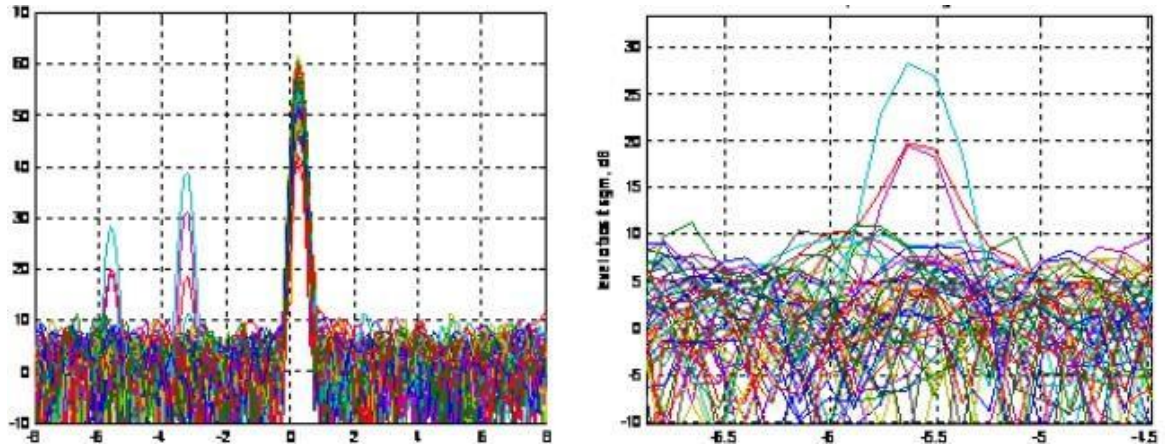
Сурет 2 – Кадрдағы қашықтықтың барлық элементтеріндегі интерполяция шуының спектрлері [2]



Сурет 3 – "Жиілік-қашықтық" координаттарындағы интерполяция Шу спектрлерінің матрицасы

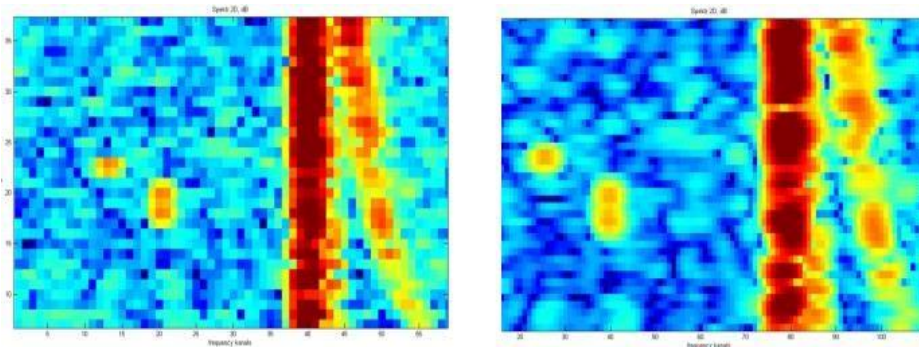
Көріп отырғаныңыздай, шуылдың энергетикалық спектрі нөлдік жиілік аймағындағы тар жиілік диапазонында толығымен шоғырланған, онда ең корреляцияланған пассивті кедергі спектрі шоғырланған (соңғысы интерполяция шуының мультипликативті сипатын көрсетеді).

Бұдан шығатыны, сигналдарды өңдеу кезінде спектрдің көрсетілген аймағы әрдайым алынып тасталатындықтан – осы аймақтағы мақсаттарды анықтау мүмкін болмағандықтан, интерполяция шуы іс жүзінде ешқандай әсер етпейді мақсаттарды анықтау сипаттамасы. Соңғысы тікелей расталады бастапқы және интерполяцияланған жақтауда алынған мақсаттардың біріне сигнал / шу қатынасын өлшеу екі жағдайда да бірдей (4-суреттерді қараңыз).



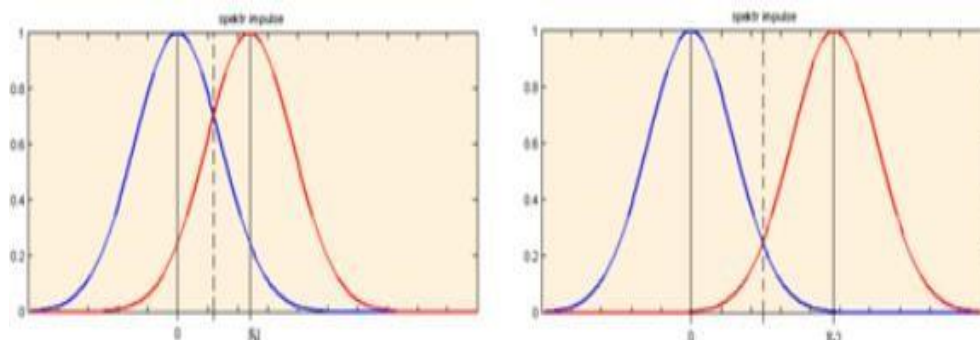
Сурет 4 – Сол жақта – бастапқы кадрдағы диапазонның барлық элементтеріндегі сигналдардың спектрлері, бір – біріне, оң жақта – нысана аймағындағы спектр бөлігінің үлкейтілген фрагменті. Қатынасы $s / ш = 28$ дБ [3].

БПФ Шығыс матрицаларының фрагменттерінің суреттерін (5-сурет) салыстыра отырып, интерполяцияланған кадрлардағы суреттердің бастапқы жазбалармен салыстырғанда жоғары сапасын атап өтуге болады, бұл интерполяция нәтижесінде диапазон мен жиілікте ажыратымдылықты арттырудың салдары болып табылады. Диапазондағы ажыратымдылық интерполяцияланған белгілерді құру кезінде пайда болатын сигналды ұсыну жиілігінің артуымен, ал жиілік ажыратымдылығы өлшемділіктің жоғарылауымен байланысты.



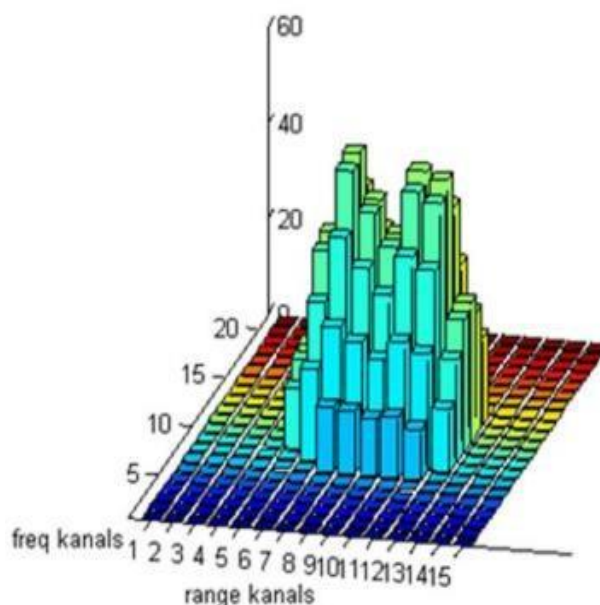
Сурет 5 – Бастапқы жақтаудың (сол жақта) және интерполяцияланған жақтаудың (оң жақта) БПФ Шығыс матрицасының үлкейтілген фрагменттері [4]

Сигнал спектрінің енімен салыстырғанда сағат жиілігі жеткіліксіз болған кезде спектрлерді қолдану әсері айтарлықтай көрінетіні белгілі (6-суретті қараңыз). Сигнал спектрінің жоғары жиілікті компоненттері диапазондағы ықтимал қол жетімді ажыратымдылыққа жауап береді, іріктеу жиілігінің жартысынан асып кетеді және тиімділігін жоғалтады.



Сурет 6 – Сандық қабылдағыштың шығысындағы бір импульстің жиілік спектрлерінің қабаттасу әсері: $Ft1$ (сол жақта) және $Ft2 > Ft1$ (оң жақта)

Іріктеу жиілігі жоғарылаған сайын спектрлерді қолдану әсерінің әсері әлсірейді және оның ажыратымдылық параметріне әсері елеусіз болады.

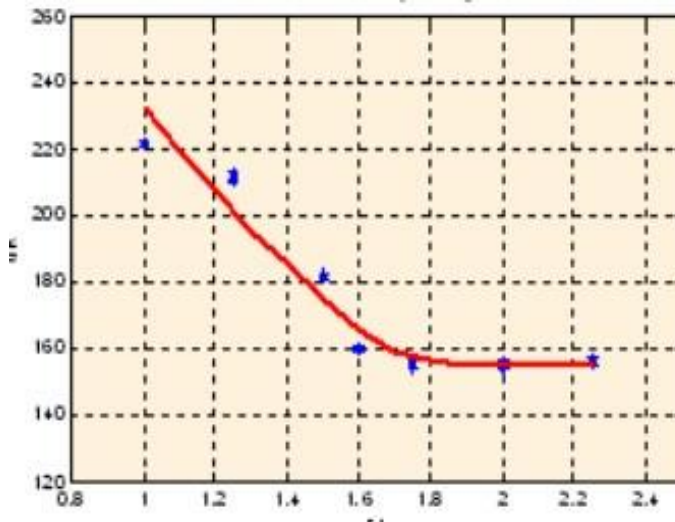


Сурет 7 – Диапазон бойынша рұқсат етілген белгілердің екі тобы бар БПФ Шығыс матрицасының үш өлшемді фрагменті

Көрнекі бақылау нәтижелерін растау үшін сигналдарды іріктеу жиілігіне байланысты диапазон мен Доплер жиілігіне байланысты ажыратымдылық тәуелділігінің сандық өлшемдері жасалды. Сонымен қатар, сигналдардың бастапқы жазбасының жақтауына екі нүктелік мақсат жасанды түрде енгізілді, олардың диапазоны мен жиілігі қажетті шектерде өзгеруі мүмкін. Рұқсат критерийі белгілердің екі тобы арасында сәтсіздіктің болуы болды [5].

Өлшеу нәтижелері (8-суретті қараңыз) сағат жиілігі радиолокаторда қабылданған прототипке ($F_t=1$) қарағанда 1,8 есе артқан кезде рұқсат ету қабілеті шамамен 1,5 есе артатынын көрсетеді.

Диаграммадан көрініп тұрғандай сағат жиілігін одан әрі арттыру, орынсыз.



Сурет 8 – Ажыратымдылық қабілетінің сағат жиілігіне тәуелділігі (жиілік салыстырмалы бірліктерде көрсетілген) [6].

Бұдан шығатыны, радиолокатордағы тактация жиілігі Котельников теоремасына сәйкес сигналды дәл қалпына келтіру үшін талап етілгеннен аз таңдалуы мүмкін. Деректердің үлкен көлемімен жұмыс істеу кезінде бұл ақпарат беру арнасына қойылатын талаптарды азайтады.

Нақты сигналдардың жазбаларын пайдалану қымбат ұшу сынақтарын ұйымдастырусыз бірқатар параметрлер мен сипаттамалар бойынша құрылатын радиолокациялық кешенді жөндеуге және сынауға мүмкіндік береді. Сондай-ақ, түбінің негізгі және бүйір жапырақшалары арқылы алынған төменгі бетінен пассивті кедергілерді оқшаулау және блоктау алгоритмдерінің тиімділігін бағалауға болады.

Қолданыстағы шолғыншы РЛС-да сигналдарды өңдеу бағдарламаларына интерполяция рәсімдерін енгізу жолымен рұқсат ету қабілеті артуы мүмкін. Бұл жағдайда ADC және сандық қабылдағыштардың дизайнын өзгерту мүмкін емес.

Қолданылған әдебиеттер тізімі

1. Доманин К.И., Устинов В.И. Комплексная имитация цифровых данных радиолокационного и навигационного оборудования для АРМ РЛС // V научнотехническая конференция «Проблемы развития боеприпасов, средств поражения и систем управления»: Тезисы – Пенза. 2006.
2. Корнеев Ю.А., Гладков В.В. Перспективные методы имитации радиолокационных сцен и сигналов. Часть 1,2 // XI Международная научнотехническая конференции «Радиолокация. Радионавигация. Связь»: Сборник докладов – Воронеж. 2005.
3. Оппенгейм А., Шафер Р. Цифровая обработка сигналов. М: Техносфера. 2009
4. Самарский А.А., Гулин А.В. Численные методы. М: Наука. 1989
5. Турецкий А.Х. Теория интерполирования в задачах. Минск. Высшая школа. 1968
6. Ханова А.А. Интерполяция функций. Методическое пособие. Астраханский государственный технический университет. 2001