

РЕЦЕНЗИЯ

върху дисертационен труд за придобиване на образователна и научна степен
„доктор”

Автор на дисертационния труд: **Инж. Божидар Стефанов Дойнов**

Тема на дисертационния труд:

„ВЪЗМОЖНОСТИ ЗА ИЗПОЛЗВАНЕ НА СВЪХДЪЛГИ ПСЕВДОШУМОВИ СИГНАЛИ ПРИ ИДЕНТИФИКАЦИЯ НА ОБЕКТИ ПОСРЕДСТВОМ ВРЕМЕВИ РЕДОВИ В МАЛОМОЩНИ РАДИОЛОКАЦИОННИ СИСТЕМИ”

Рецензент: **Проф. д-тн инж. Андон Димитров Лазаров, ЦИТН, БСУ, Бургас.**

1. Актуалност на разработвания в дисертационния труд проблем в научно и научно-приложно отношение

Особен интерес в съвременните комуникационни и информационни технологии се проявява към широкоспектърни сигнални структури, с които се постига мултиплициране на достъпа до комуникационните системи, шумова защита на полезните сигнали, компресия и защита от грешки на информацията, висока разделителна способност по разстояние. Съществува разнообразие от широкоспектърни сигнали, към които се отнасят сигналите, модулирани линейно-честотно, фазово-кодovo, както и с псевдослучайни времеви последователности. Известни са спектралните характеристики и съответните авто-корелационните свойства на тези сигнали и тяхната приложимост в радиолокационните системи за откриване, съпровождане и визуализация на наблюдаваните обекти. Те се отличават, както с висока точност на определяне на разстоянието до обекта на наблюдение, висока резолюция по разстояние, така и с висока енергийна ефективност, което се постига при големи времеви дължини и сложна модулация на излъчените радио-импулси. Проблемите по визуализиране и разпознаване на радиолокационните цели, са във фокуса на вниманието на световни научни форуми, авторитетни издателства и списания, научни институти и производители, както и на автора на дисертационния труд. Това определя актуалността на поставената цел и задачи в дисертационния труд.

Целта на дисертационния труд е изграждане на псевдослучайни модулиращи последователности с висока разделителна способност по разстояние и шумово защитни свойства, както и разработване на методика за екстраполационна оценка на статистическа неравномерна ефективна отразяваща повърхност на радиолокационни обекти в границите на разделителния елемент с приложение на регресионния анализ.

За постигане на тази цел в дисертационния труд се разработват рекурентни алгоритми за генериране на псевдослучайни числени последователности със зададена дължина чрез полиномно дефинирани линейни обратни връзки с изместващите регистри, оценка на спектралните инвариантни моменти от висок ред на стохастични повърхнини.

Синтезът на псевдослучайните последователности е илюстриран с числени експерименти в среда на Matlab, а екстраполационният регресионен

алгоритъм за повишаване на резолюцията в разделителния елемент е приложен върху изображения на ефективната отразяваща повърхност на плавателни съдове, измерена с брегова радиолокационна станция. Изградена е маломощна лабораторна радиолокационна станция, излъчваща непрекъснат сигнал с псевдослучайна модулация, проведени са измервания на сигнали, отразени от обекти-модели. Резултатите от експеримента рецензентът разглежда като илюстрация и доказателство за разделителните възможности по време (разстояние) и Doppler честота на широкоспектърните сигнали.

2. Степен на познаване състоянието на проблема и творческа интерпретация на литературния материал

Литературният обзор включва анализ на технически характеристики на радиолокационни системи, прилагащи LPI (Low Probability Interception) техники, оценка на локализиращите възможности на биологични индивиди и тяхното използване в изграждане на съвременни радио и акустични локационни системи, методи за оценка на характеристиките на отражение на целите, отстраняване на влиянието на много-лъчевото разпространение на отразените сигнали, свойствата на широкоспектърните сигнали, както и дефиниция на функцията на неопределеност и нейното използване за разпознаване на цели, което е възможно, ако вместо сигнал от точкова цел в израза се постави двумерен сигнал, отразен от многоточкова цел и интегрирането е по двата независими аргумента на измерване.

Тематичен обзор се прави в началото на всяка глава на дисертационния труд. Авторът е информиран за широк кръг от проблеми, свързани с идентификацията на целите. Предлага да бъде използвана структурата на функцията на неопределеност, дефинирана с един интеграл по време за решаване на задачата за оценка на геометрията на наблюдавания обект, което е невъзможно. В края на първа глава са дефинирани целта и задачите на дисертационния труд.

3. Съответствие на избраната методика на изследване с поставените цел и задачи на дисертационния труд

В дисертационния труд се предлагат алгоритми за генериране на числени псевдослучайни последователности и методика за оценка на повърхнината чрез изчисление и интерпретиране на инвариантни моменти от висок ред на нейната спектрална плътност, както и параметрично авто-регресионно моделиране на процеса, описващ изследваната повърхнината. Това дава основание да се твърди, че съществува съответствие на избраната методика на изследване с поставените цел и задачи на дисертационния труд.

4. Кратка аналитична характеристика на естеството и оценка на достоверността на материала, върху който се градят приносите на дисертационния труд

Акцент в дисертационния труд е направен върху: изграждането на алгоритми за генериране на псевдослучайни числени последователности чрез кодови структури с памет и полиномно дефинирани линейни обратни връзки. Разработени са и изпитани с различни тестови инструменти три генераторни

схеми: схема на генератор на двоични последователности с допълнителна LFSR (*linear-feedback shift register*) памет; схема на генератор на двоична псевдослучайна последователност от числата след десетичната точка на числото π и схема на двоична псевдослучайна последователност от числа на Фарей.

Дефинирани са инвариантните параметри за описание на неравностите на статистически нееднородна повърхност, интерпретирана като случаен процес, както и моментите на спектралната плътност на стохастична анизотропна повърхност.

В експерименталната част на дисертационния труд се предлагат хардуерни решения за синтез на широкоспектърни псевдослучайни сигнали, използвани за модулиране на излъчените сигнали на модифицирана маломощна радиолокационна станция с работна (сондираща) честота 9 GHz. Тук се отбелязва, че „за сондиращ сигнал се използва честотно и фазово модулиран синусоидален носещ сигнал”. Представени са времедиаграми на синусоидален сигнал, който явно не е 9 GHz, модулиран с код на Баркер и псевдослучаен честотно-модулиран сигнал. Оказва се, че този синусоидален сигнал е под-носеща за модулиращата псевдослучайна последователност.

Привежда се блок-схема на алгоритъм за изчисление на изходната реакция на съгласувания филтър чрез бърза конвулюция, изпълнена с FFT, чиято основна функция е да максимизира отношението сигнал/шум, т.е. да оцени дали сигналът присъства или не в сместа от сигнал+адитивен бял шум при зададено честотно Doppler изместване, а не да построява функцията на неопределеност, което изисква запис на изходните отчети на множество съгласувани със сигнала филтри при различни честотни Doppler измествания. От текста на дисертацията не става ясно какви са сигналните и кинематични параметри, както и методиката на провеждане на експеримента, какъв софтуер (програмен код) се използва за обработка на измерванията. Оказва се, че излъчване на сигнал и запис на отразен сигнал се извършва за един оборот на обекта. Излъченият сигнал предварително се записва. Чрез програмен код на Mahafza B. „Radar Systems Analysis and Design Using MATLAB”, CRC, 2005, се изчислява изображението на функцията на неопределеност на отразения сигнал, от което се прави извод за повърхнината или геометрията на обекта. На Фиг. 4.12 и Фиг. 4.13 са изобразени функции на неопределеност, а е записано, както следва: контур на метален цилиндричен обект и контур на сложен многоъгълен обект, което всъщност е изображението на хоризонтални срезове на функцията на неопределеност на излъчен (приет) сигнал. Двете фигури са подобни, но се различават по нивото и формата на страничните листа на функцията а неопределеност, което е в резултат на различните (случайните) излъчени сигнали при двата експеримента, а не защото обектите са различни. Тук възниква въпросът защо се използва псевдослучаен широкоспектърен модулиращ сигнал със свръхголяма дължина, каква е и къде се вижда неговата роля при експеримента с моделите, каква информация за обекта (модела) се извлича чрез него и при какви условия на провеждане на експеримента.

На Фиг. 4.10 е показан алгоритъм за изчисляване на изходната реакция на съгласуван филтър чрез FFT, а на Фиг.4.11 е алгоритъмът за изчисляване на функцията на неопределеност чрез FFT. Не беше ли функцията на неопределеност изходната реакция на съгласувания филтър, по дефиниция? Кой е входният сигнал (Фиг. 4.11), как се получава (измерва, изчислява). Защо и

как се създават мащаби по време и честота на входния сигнал? Отговор на тези въпроси в дисертацията няма.

Приведени са резултатите от измерванията на диаграмите на разсейване на реални обекти, плавателни съдове с различен тонаж и предназначение, както и параметрите на авто-регресионните екстраполиращи модели за оценка на повърхнината на диаграмата на разсейване на наблюдаваните обекти, а не на повърхнината на функцията на неопределеност, както се твърди в дисертацията.

5. Научно-приложни и приложни приноси на дисертационния труд

а. Научно-приложни приноси

1. Изградени са структурни схеми за генериране на псевдослучайни числени последователности чрез кодови структури с памет и полиномно дефинирани линейни обратни връзки. Разработени са и изпитани с различни тестови алгоритми три генераторни схеми: схема на генератор на двоични последователности с допълнителна LFSR (*linear-feedback shift register (LFSR)*) памет; схема на генератор на двоична псевдослучайна последователност от числата след десетичната точка на числото π и схема на битова псевдослучайна последователност от числа на Фарей.

2. Приведени са аналитични изрази от теорията а случайните функции за изчисление на моментите на спектралната плътност на стохастична повърхнина, използвани при изчисление на нейните инвариантни геометрични характеристики - линейни комбинации от моментите от нулев, втори и четвърти ред на спектралната плътност на стохастичната повърхност.

3. На базата на аналитичните изрази, описващи параметрите на авто-регресионния модел е разработена методика за оценка на релефа на стохастична повърхност.

б. Приложни приноси

1. Направена е реконструкция на захранващата система и антената на стандартна доплерова радиолокационна станция за измерване на скорост и е разработен хардуерен модул за запис и обработка на данни, предназначени за провеждане на радиолокационни измервания със свръх-дълги широкоспектърни сигнали.

2. Направена е оценка на отражателните характеристики на реални обекти чрез прилагане инструмент на регресионния анализ за реализиране на резолюция в разделителния елемент (под-пикселна резолюция), с което се идентифицират отделни корпусни компоненти на корабите в границите на разделителния елемент.

Приносите в дисертационния труд следва да се разглеждат като доразвитие на изчислителните структури за генериране на псевдослучайни последователности и разширяване на обсега на приложимост на инструмента на авто-регресионното моделиране при оценка на статистичните повърхности, каквито са ефективните отразяващи повърхности на радиолокационните цели.

6. Оценка за степента на личното участие на дисертанта в приносите

Текстът и неговото съдържание, получените резултати и тяхното интерпретиране са доказателство за лично участие на автора в научно-приложните приноси.

7. Преценка на публикациите по дисертационния труд

Научно-приложните приноси в дисертационния труд са отразени в 5 публикации, от които на английски език 3, публикувани в списание „Marine Technology and Environment” – Румъния, а една публикация визираща структуриране на свръх дълги широколентови кодови структури, е цитирана в страница на Wikipedia на Фламандски език. Това подкрепя убеждението в наличието на научно-приложен и приложен принос в дисертационния труд.

8. Използване на резултатите от дисертационния труд в научната практика
Рецензентът не разполага с данни за използване на резултатите от дисертационния труд в научната или инженерна практика, но е убеден в тяхната приложна стойност.

9. Мотивирана препоръка за бъдещо използване на научно-приложните приноси

След конструктивна корекция на опитната постановка и коректно дефиниране на методиката и условията за провеждане на експеримента с прототипа на радиолокационната система, резултатите от дисертационния труд ще бъдат принос в теорията и практиката на радиолокацията.

10. Оценка на съответствието на автореферата с изискванията за изготвянето му, както и на адекватността на отразяване на основните положения и приносите на дисертационния труд

Авторефератът съответства на изискванията за неговото изготвяне и отразява съдържанието и приносите на дисертационния труд

11. Критични бележки по дисертационния труд и литературната осведоменост на кандидата

1. Стилни грешки и неясни изречения, граматични грешки в използването на препинателните знаци и пълния член, пропуск да се цитира литература, която се използва за определена формула или изписване на множество от литературни източника пред една формула или в текста.

2. Рецензентът не приема твърдението на дисертанта, че „функцията на неопределеност е най-информативно средство” за анализиране на геометрията на наблюдавания радиолокационен обект. Това твърдение противоречи на математическата дефиниция на функцията на неопределеност. Авторът посочва (цитира 17 литературни източника, рецензентът добавя още хиляди), „че тази функция се използва за определяне на свойствата на сигналите”.

От математическата дефиниция на функцията на неопределеност следва, че чрез нея се определят разделителните възможности на сигналите (waveforms) по време (разстояние) и Doppler честота (скорост). Следва да се добави, че ако сигналът е непрекъснат по време на наблюдение на обекта той може да определи единствено честотното Doppler изместване на отразения от движещ се обект сигнал, т.е. неговата скорост. Времето изместване, пропорционално на разстоянието до обекта, намиращ се в разделителния обем, т.е. обектът е точков, се определя чрез импулсен излъчен сигнал.

3. В смисъл на т.2 рецензентът приема резултатите от изчислените функции на неопределеност при различни излъчени (приети) сигнали и показани на фигури от 4.12 до 4.27, като илюстрация на разделителните възможности на тези сигнали, но не и за оценка на геометрията на обекта. За коректно провеждане на експеримента с модифицираната радиолокационна система, експериментално илюстриране на разделителните свойства на изградените широкоспектърни сигнали на автора не е достигнала компетенция, която рецензентът условно и символично оценява с $\pi/128$. Резултатите от такъв експеримент биха били с висока стойност и база за бъдещите изследвания в научната област на дисертационния труд.

Заклучение

Рецензентът посочва приноси в дисертационния труд и вижда потенциални възможности за постигане на експериментални резултати, позволяващи построяване на двумерни изображения на наблюдаваните обекти, чрез които се илюстрират и доказват разделителните свойства по разстояние и Doppler честота на предложените псевдослучайни модулиращи структури. Рецензентът приема методиката за описание на стохастични ефективни отразяващи повърхности чрез параметрите на авто-регресионните модели, описващи геометрията на обекта в границите на разделителния елемент. Това дава основание да се даде положителна оценка на дисертационния труд и предложение за присъждане на образователната и научна степен „доктор” на инж. Божидар Стефанов Дойнов.

Рецензент: Проф. д.т.н.....(А. Д. Лазаров)

Дата: 17.01.2015 г.

1. За рецензиране е представен научно изследователски труд, актуален като тема и завършен като поставени и решени задачи, с ясно открояващи се приноси с научно-приложен характер. Дисертационният труд по обем, пълнота и задълбоченост на решените задачи отговаря на изискванията за присъждане на образователна и научна степен „доктор”.
2. Дисертантът е усвоил и е приложил в решаването на задачите на дисертационния труд теоретичните и експериментални методи за анализ и синтез на свръх-широколентови сигнали, дефинирани са критерии и формулира конкретни препоръки за практиката. С това образователната цел на докторантурата е постигната.
3. В дисертационния труд се разработва оригинална методика за моделиране, изграждане и изследване на широкоспектрни сигнални структури, с което се защитава научната страна на докторската степен.

Изложеното дава достатъчно основание да се твърди, че дисертационният труд напълно отговаря на изискванията на закона за развитие на академичния състав. Давам положителна оценка на дисертационния труд и предложение за присъждане на образователната и научна степен „доктор” на инж. Божидар Стефанов Дойнов.

Рецензент: Проф. д.т.н.....(А. Д. Лазаров)

Дата: 26.12.2014 г.

Критични бележки:

Направени са твърде силни заключения (1, 4, 5) в първа глава

1. Използване редица английски термини, вместо български, затруднява четенето, например lag вместо отместване.
2. Смяна на шрифтовете за изписване на формулите, като правило променливите се означават с наклонени символи.
3. Стилни грешки, не ясни изречения (с пропуснати глаголи в тях). Изписването на индексите във формулите. Пълен член, запетайки се използват неправилно или не се използват, където е необходимо.
4. Не се цитира литературните източници пред от (3.26) до (3.29). Цитирането на множество източници, затруднява определяне доколко изводът е авторски. Изводът на математическите изрази в 3.3.1 е от един източник, който не се цитира конкретно. Не се цитират източникът на изразите в т.3.4, 3.5.
5. Да не се използва вход и изход за входните и изходни сигнали.
6. Неясна е формулировката перпендикулярни участие на отражението.
7. От израза „Листите на обекта са по-тесни и с по-голяма широчина” не става ясно по коя координата са тесни и по коя широки.
8. Непълни изречения, липсва пояснение „На фигури 4.16-4.27 са показани функции на неопределеност и контурно изображение.... *На какво?*”
9. Не е посочена дименсията на независимата променлива / в диференциалното уравнение (3.54).
10. Защо редовете се наричат времеви, като никъде не се посочва като аргумент „времето” и къде тези редове са записани. Според рецензента редовете се наричат времеви, защото те първоначално са записани за статистически времеви процеси. (В дисертацията повърхнината е пространствен статически процес). Трябва да се посочи, че инвариантните параметри са коефициенти на реда, описващ случайния процес. Следва да се използват термините регресионни редове или регресионни модели на случайния процес (повърхнината).
11. Не се привежда софтуерът, който се използва при прилагане на авторегресионния анализ и моделиране на случайния процес, повърхнината.
12. Във т.н. функция на неопределеност трябва да се запише вместо копието на единичен сигнала, сигналът-сума от много-точкова цел, за да носи информация за геометрията на обекта.
13. Радиолокационната станция PC-02 е с една приемо-предавателна антена и феритен циркулатор, което означава, че работи в импулсен излъчващ режим, за да излъчва и приема непрекъснат сигнал са необходими две антени. Как се разделя сигналът от обекта от този от предавателя на станцията.
14. Да се дефинират ясно периодът в „секунди” на синусоидалното трептене на Фиг. 4.2, честотна девиация и носеща честота на LFM сигнал (Фиг. 4.3), реалните параметри на сигналите на Фиг. 4.4. и Фиг. 4.5.
15. Ако сондиращият сигнал, модулиран със свръх дълга псевдослучайна последователност (каква е дължината на тази последователност в „секунди”), как се регистрира отразения сигнал, който е също със свръх дължина?
16. Да се дефинират всички параметри на сигналите на Фигури 4.6, 4.7, 4.8. Те са реално получени или са симулирани със симулатор на генератор на такива сигнали?

17. Да се даде пълно описание на експерименталната установка на Фиг. 4.8: скорост на въртене на обекта (3), време на наблюдение и запис на отразен сигнал, периодичност на записа, ако има такава, параметри на излъчения сигнал (честота, модулация, период, ако има такъв).
Необходима ли е втора антена?
18. Не съществува понятие „автокорелациона характеристика на обект“ Фиг. 4.15, 4.16. Автокорелационна характеристика се дефинира за сигнал (времеви процес) и определя разделителна способност по време на закъснение (разстояние). Тя не дава информация за изображение, а за възможността на сигнала с дадена широчина на спектъра да резолира една единствена точка по време и Доплер.

Допълнителни бележки:

При схемотехническото решение се предлага микроконтролер за реализация на генератор на псевдо-шумови сигнали. При цифровия синтез на псевдо-шумов генератор (64 дискрета на синусоида) не се посочва на каква честота работи. Не двусмислено трябва да се посочи предназначението на микроконтролера, а именно генериране на цифрови синусоидални сигнали за симулация на носещ сигнал и/или модулиращи псевдошумови сигнали. Не е посочена функционална или блок схема на симулираната радиолокационна система. Фигури 4.2 – 4.5 следва да са получени от симулации на модулационни процеси.

Не е ясно дали Фиг. 4.6 и 4.7 са получени от реалната радиолокационна система или са симулирани.

При описание на реалния експеримент не се посочват съществени параметри на системата: скорост на въртене на обекта, продължителност на наблюдение и размер на данните, които се обработват, периодичност на измерванията (наблюденията), скорост (времеви интервал) на стробиране за запис на данните. От анализа на експеримента не следва извод за оценка на размера на обекта (по разстояние (закъснение на сигнала) и азимут (отместване при завъртане)).

В т. 4.4. се предлага методика за измерване на функцията на неопределеност на обемни тела с определени геометрични размери. Известно е, че функцията на неопределеност носи информация за разделителни (двумерни, в случая) свойства на един сигнал с дадена модулация, чрез корелация при корелационен филтър или конволюция при съгласуван филтър. Означава ли това, че всяко от тези тела се приема като точков отражател, за което може да се дефинира (измери) функция на неопределеност. Не се посочва числена стойност на широчината на функцията на неопределеност по време закъснение, както и широчината на честотната лента на модулиращата последователност, както и разделителна способност по Доплер.

Не са посочени димензиите на осите на Фиг. 4.29. (Отразяваща повърхност или ефективна отразяваща повърхност).

Функция на нееднозначност - дефиниция

http://en.wikipedia.org/wiki/Ambiguity_function

Това, че функцията на неопределеност е реакция на съгласуван, повтарям, съгласува с един единствен сигнал никой не отрича, в това число Wikipedia (http://en.wikipedia.org/wiki/Ambiguity_function). Книгата на авторитетния автор аз

ползвам теорията, а Матлаб кодовете на всички глави в нея използвам и прилагам в много задачи. Бедата е там, че вие чрез функцията на неопределеност, дефинирана за един единствен сигнал, правите опит да опишете повърхнината на обект. Това е пълно неразбиране на основни положения в сигналната теория.

Въпросът е как да излезем, повтарям извлечем, защото аз съм в крайно затруднено положение, от тази груба грешка. Предлагам, Вие да отстраните тази неточност, по-скоро, сериозна некоректна трактовка на функцията на неопределеност (ФН), от вашата работа.

Има един единствен спасителен изход. А той е следният: Вие правите оценка на свойствата на отразения сигнал от обект, чрез изчисление на неговата ФН, като задавате честотно и времево закъснение. По този начин вие имитирате **множество** съгласувани филтри (за различно честотно отклонение на опорния сигнал от 0 до F_{max}). Какво получавате? Вие получавате стойностите на АКФ (варирайки времето на закъснение) при различни честоти. По тази АКФ повърхнината може да се направи извод за широчината на спектъра, оттук извод за разделителните възможности на този сигнал по време и честота. Внесените Doppler честоти са пропорционални на скоростта на въртене на обекта има и времеви флуктуации и амплитудни модуляции, но всички те влияят върху спектъра на сигнала. Вие имате един широкоспектърен сигнал (с определена резолюция по време или разстояние), с който облъчвате обекта и един отразен сигнал с обогатен спектър с още по добра резолюция по разстояние. Това регистрира функцията на неопределеност и нищо повече.

Трябва да подчертаете в своето изложение, че Вие правите това (използвате ФН) единствено и само за да докажете възможностите на генерираните широкоспектърни сигнали. Ето това Вие трябва да твърдите. Всичко, различно от това, което чета в работата по отношение на ФН, е некоректно.

Всички литературни източници посочват, при описание на ФН, едномерен интеграл по време, макар с различни въведени измествания по време и честота. За да се получи повърхнината на **обект**, интегралът трябва да е двумерен (двоен интеграл). Има, естествено, и разширена интерпретация на ФН, където интегралът е двоен, но това не е обект на Вашето внимание в дисертацията (за съжаление).

Само ще отбележа и това трябва да се знае, ако Вие продължите работа в тази област, ФН е изображение на една единствена точка (точков обект). Ако интегралът върху под-интегрална функция (произведение на отразен и записан по две координата сигнал от обекта и изместено по време копие на опорния референтен сигнал (сигнал от една единствена точка)) е двоен, при определени условия, се получават множество съседни изображения на функции на неопределеност, съответстващи на точковите излъчватели от повърхността на обекта, множество ФН с своите странични интерферентни листа, които могат и да се препокриват.

При Вас няма двумерен запис на отразения сигнал т.е. няма възможност да получите изображение на повърхнината на обекта.

Авто-корелационната функция на отразения от обекта сигнал не носи информация за геометрията на обект. ФН на същия този сигнал не носи също информация за обекта, а само за възможностите на този сигнал, ако се използва като излъчващ, се създаде такъв сигнал, да има съответната резолюция по Doppler честота (скорост на движение) и време.