

## РЕЦЕНЗИЯ

на дисертационен труд за присъждане на ОНС „Доктор“

**Тема:** „Интерферометрични методи и алгоритми за моделиране и обработка на сателитни SAR изображения“.

**Автор:** Димитър Петров Минчев.

**Изготвил рецензията:** подп. инж. доц. д-р Чавдар Николаев Минчев, Национален Военен Университет „В. Левски“, факултет „Артилерия, ПВО и КИС“, гр. Шумен.

## АКТУАЛНОСТ НА ПРОБЛЕМА

Използването на радиолокационни системи със синтезирана апертура, монтирани на авиационни и сателитни летателни апарати, бележи разцвет през първото десетилетие на този век и представлява основен компонент от инструментариума за изследване на земната повърхност. Възможностите за изследвания в тази област разширяват своя обхват с всяка изминала година и тяхното приложение в различни области на науката и практиката непрестанно нарастват. В съвременните условия на нарастваща заплахата от локални военни конфликти и глобални природни бедствия нуждата от постоянен дистанционен мониторинг на земната повърхност и обектите върху нея е безспорен факт. Това се потвърждава от увеличаващия се брой на новите проекти в световен мащаб, свързани с подготовка и провеждане на мероприятия за гарантиране на превенция и защита срещу евентуални заплахи за сигурността и съществуването на хората и природата.

В този смисъл разглежданата в дисертацията проблематика несъмнено е актуална и дори без преувеличение може да се каже – модерна.

## ОБЩА ХАРАКТЕРИСТИКА НА ДИСЕРТАЦИЯТА

Съдържанието на дисертацията по мой прочит и разбиране е както следва.

Дисертационният труд е структуриран в увод, четири глави, заключение и две приложения. Основният текст е изложен на 114 страници и включва 54 математически израза, 108 фигури и 29 таблици, които са последователно и поредно номерирани. Цитирани са 168 информационни източници – литературни и електронни.

В уводната част е обоснована актуалността на разглеждания проблем и са дефинирани целта и произтичащите от нея основни задачи – според мен ясно дефинирани, смислово последователни и в съответствие с темата на дисертацията.

В първа глава, която е с обзорен характер, е отразено съвременното текущо състояние на проблемите, свързани с използването на SAR (Synthetic Aperture Radar) и InSAR (Interferometric Synthetic Aperture Radar) технологиите, като проучената литература и други електронни информационни източници са достатъчни за формиране на цялостна и актуална картина на разглежданата проблематика.

Прави впечатление сериозното и задълбочено проучване на резултатите, новостите и тенденциите в тази област, извършено от докторанта. Изводите в края на главата всъщност са в основата на формулираните цел и основни задачи в дисертацията.

Втора глава включва:

- изграждане на три-измерен математически модел на геометрично-кинематичния сценарий;
- изграждане на математически модел за формиране на комплексен траекторен сигнал, отразен от наблюдаваната земна повърхност.;
- синтез на алгоритъм за реконструкция на изображението на наблюдаваната земна повърхност от записания комплексен траекторен сигнал, както и негова програмна експериментална реализация.

В трета глава е предложен математически симулационен модел на мулти-сателитна интерферометрична система от три сателита, използващи радиолокационни системи със синтезирана апертура и въз основа на резултатите от втора глава са формирани две отделни интерферентни изображения на наблюдавания релеф.

Чрез използване на алгоритъм за подпикселна регистрация посредством крос-корелационна процедура е постигната допълнителна корегистрация на изображенията, т.е. правилно „наслагване“ на получените интерферентни изображения върху обща пикселна карта.

Генерирани са примерни диферентни интерферограми с цел илюстриране на процеса на регистриране на изменението на релефа след настъпила евентуална земна деформация вследствие например на мащабно природно явление (земетресение, свлачище и др.).

Направен е анализ на влиянието на дължината на базовата линия върху качеството на получените интерферометрични и диферентни изображения.

Резултатите са илюстрирани чрез проведени числени симулационни експерименти.

Четвърта глава на дисертацията съдържа описание и резултати от проведени експериментални изследвания с цифрови сателитни изображения на реални земни повърхности, чиято цел е да потвърди коректността на предложените математически модели и процедури и възможностите те да бъдат използвани в бъдеща изследователска работа.

Заклучителната част на дисертацията включва описание на свързаните с нея публикации, чиито автор е докторанта, апробация на резултатите в страната и чужбина, списък с научните и научно-приложни приноси според дисертанта, както и кратки насоки за бъдеща работа по тематиката.

В приложенията са представени програмни сорс-кодове за реализиране на числените симулационни експерименти в средата на Matlab.

## ОБЩА ОЦЕНКА НА ДИСЕРТАЦИЯТА

Като цяло дисертационният труд е поднесен в стегнат и научно-издържан стил. Използвана е правилна научна терминология без излишна детайлност по отношение на общоизвестни факти и идеи.

Използваният математически апарат е правилен и разбираем, благодарение на пълните и точни пояснения на участващите величини и техните дименсии.

Фигурите и таблиците са коректни и илюстрират по подходящ начин анализирания данни и получените резултати.

Цитираните информационни източници са достатъчно представителни, голяма част от тях датират от последните 5 години, изнесени са на сериозни международни форуми от наши и чужди автори и имат отношение към тематиката на дисертацията. Референциите към тях, включени в основния текст, са уместно подбрани и правилно посочени.

## ОЦЕНКА НА ПРИНОСИТЕ

По мое мнение приносите на дисертанта от научен и научно-приложен характер в съответствие със съдържанието на дисертацията могат да се сведат до следното.

### Научни приноси

1. Предложен е три-измерен аналитико-геометричен и кинематичен модел на SAR сценарий и алгоритъм за формиране на комплексен траекторен SAR сигнал с линейно-честотна модулация, отразен от земен релеф със сложна форма.
2. Разработен е алгоритъм за получаване на комплексна интерферограма на базата на две комплексни SAR изображения, който включва подпикселна корегистрация чрез оценка на взаимно-корелационната функция.
3. Разработен е алгоритъм за получаване на диферентна интерферограма с цел регистриране на промени във времето на изображение на земния релеф.

### Научно-приложни приноси

1. Реализиран е програмно математически модел на процеса за формиране на комплексен SAR сигнал, адаптивен към траекторните параметри на сателита и геометрията на наблюдаваната повърхност и динамиката във времето на закъснението на импулсите от отделните фрагменти на повърхността.
2. Осъществен е програмно алгоритъм за възстановяване на SAR изображение с използване на двумерно Фурие преобразование в развойната среда на Matlab.
3. Реализиран е програмно алгоритъм за реконструкция на интерферометрични SAR изображения на наблюдаваната земна повърхност.
4. Осъществен е програмно алгоритъм за получаване на диферентна интерферограма на базата на две интерферометрични SAR изображения, получени от една и съща земна повърхност в различни времеви интервали с цел регистриране на промени в релефа.
5. Проведени са множество практически и числени експерименти с международно участие с използване на интерферентни сателитни изображения на реални наземни обекти, обработени и оценени посредством специализиран софтуер, с цел проверка и потвърждение на предложените математически модели, алгоритми и процедури.

### ОЦЕНКА НА ПУБЛИКАЦИИТЕ И АПРОБАЦИЯТА

Представените публикации на автора, свързани с дисертационния труд, са четири на брой, на английски език, от които две са публикувани в чужбина.

Считам, че техния брой и високото ниво на представения материал удовлетворяват изискванията за придобиване на образователна и научна степен „доктор“ в съответствие с нормативните документи.

Добро впечатление създава обстоятелството, че дисертантът е участвал в редица проекти с международно участие, което определено е спомогнало за неговите сериозни международни контакти с чужди специалисти и научни работници в изследваната област.

### КРИТИЧНИ БЕЛЕЖКИ

Имам следните бележки по дисертацията от общ и редакционен характер.

1. Изводите след всяка от главите са поднесени в свободен текст, без номерация и са твърде описателни, т.е. нямат характера и стила на изводи в научен труд.
2. Информационните източници не са подредени по азбучен ред, каквото е изискването на възприетия стандарт за научна литература. Избраната подредба е удобна при първи прочит на дисертацията, но търсенето на конкретен автор в библиографската справка е затруднено.
3. При някои от фигурите (фиг.48, фиг.49) и дори в обясненията на аналитичните изрази (стр.47) се наблюдават текстове от вида „Амплитуда и фаза на... изображение...“. Ясно е, че изображенията не се характеризират с амплитуда и фаза – това са характеристики на електромагнитните сигнали.
4. На някои места в текста се забелязват абревиатури на латиница без необходимите пояснения към тях, например на стр.9 и стр. 14.
5. На стр.43 при представянето на процедурата корегистрация на интерферентните изображения са използвани не математически изрази, а командни програмни редове от синтаксиса на Matlab и то без да бъдат пояснени. Какво би разбрал четящият, ако не е запознат със значението на Matlab функциите *fftshift* и *conj*, например?
6. На стр.95 съдържанието на *таблица 24* би било по-добре да бъде представено във вид на фигура, тъй като представлява графична информация, а не текст.

Следващите бележки касаят текста на дисертацията по същество.

1. Никъде в текста не се коментира параметъра „дължина на синтезираната апертура“ в зависимост от траекторните параметри, който е критичен по отношение коректното реализиране на произволно желаната азимутална разделителна способност. Следва да се отбележи, че неточен избор на този параметър би могъл да компрометира целия процес по реконструкция на SAR изображенията.
2. На стр.28 при формиране на модела на сондиращия импулс с линейна честотна модулация за честотна девиация (неправилно наречена в основния текст „дължина на лентата на импулса“) е предложена стойност  $\Delta F=1,5 \cdot 10^8$  [Hz]. Тази стойност всъщност осигурява разделителна способност по разстояние значително превишаваща размера на указания в текста разделителен елемент  $\Delta M = \Delta N=10$  [m]. Липсата на подобен синхрон затруднява в голяма степен възстановителната процедура на SAR изображението и изисква допълнителна цифрова обработка.
3. Странно звучи изводът, направен в глава 3 (стр.65) – „Експерименталната част е силно възпрепятствана от мощността на наличната хардуерна конфигурация“. Подобен коментар е неподходящ за научни изводи.
4. На стр.99, параграф 4.3.8 е записано „Най-ясни интерферометрични кръгове има в двойката 33985-34986...“. Но на фигури от 73 до 87 означения на подобна двойка изображения липсват. По този начин в крайна сметка не може да се разбере какво се има предвид под понятието „най-ясни интерферометрични кръгове“.
5. От основния текста и изводите към главите на дисертацията не става ясно кои от приносите авторът счита за нови и оригинални.

#### ЛИЧНИ ВПЕЧАТЛЕНИЯ ОТ АВТОРА

Познавам лично Димитър Петров Минчев и определено смятам, че е отлично подготвен специалист, спокоен, упорит, целенасочен и трудолюбив. С лекота работи в екип, успява да сподели своите идеи и да оцени положителните резултати, постигнати от неговите колеги. Стремещт му към перфекционизъм е похвален, макар понякога това да забавя финализирането на започнатите проекти.

#### ЗАКЛЮЧИТЕЛНА КОМПЛЕКСНА ОЦЕНКА

Посочените слабости в дисертационния труд не намаляват цялостното положителното впечатление от предложената разработка.

Авторът умело е приложил класически и съвременни подходи, известни от теорията и практиката при SAR, ISAR и InSAR технологиите.

Предложените анализи, нови алгоритми и изградени модели са обосновани, полезни и допълват и доразвиват научните постижения в избраната предметна област.

Реализацията на избраните програмни решения в програмната развойна среда Matlab показва познаване на материята и разкрива възможностите на докторанта за творческо използване на възможностите на съвременните модерни информационни технологии.

В заключение цялостната ми оценка е, че дисертационния труд се характеризира със сериозни и задълбочени аналитични, научни и приложни резултати.

Този факт, както и личните ми впечатления от качествата на докторанта, ми дават основание да предложа на уважаемото жури да присъди на докторанта Димитър Петров Минчев образователна и научна степен „Доктор“, която, по мое мнение, той напълно заслужава.

Дата: 16.09.2012 г.

Гр. Шумен