

## СТАНОВИЩЕ

върху дисертацията на доц. д-р инж. Любка Атанасова Дуковска на тема „Откриване и оценяване на параметрите на движещи се цели в условията на интензивна шумова среда”, представена за присъждане на научната степен „Доктор на науките” по научната специалност 01.01.12 „Информатика”, професионално направление 4.6 „Информатика и компютърни науки”

Изготвил становището : Академик Минчо Хаджийски

### 1. Въведение

Становището по дисертацията на доц. д-р Любка Дуковска е изготвено въз основа на заповед № 168 от 30.11.2016 г. на директора на ИИКТ – БАН, с която съм определен за член на Научното жури по конкурса. На първото заседание на научното жури от 07.12. 2016 г. бе уточнено задължението ми да представя становище по дисертацията съгласно изискванията на Правилника за прилагане на Закона за развитието на академичния състав на Р. България. Текстът на становището е съобразен с положенията, изложени в Правилника за условията и реда за придобиване на научни степени и за заемане на академични длъжности в БАН.

Необходимите за изготвяне на становището материали ми бяха предоставени своевременно и в пълен обем. Всички публикации по дисертацията са отчетени в становището, поради липса на дублиране.

### 2.Обща характеристика на изследванията в дисертацията

Дисертацията на доц. д-р Л. Дуковска е задълбочено изследване, в което са получени научни, научно- приложни и приложни резултати. Те могат да се отнесат към различни категории – оригинални достижения, доразвитие и модификация на съществуващи методи и алгоритми, числени експерименти, компютърни програми. Радарните разпознаващи технологии се развиват интензивно вече 75 г. и са достигнали високо научно и техническо ниво, привличайки методи от редица научни дисциплини. В този смисъл доц. Дуковска следва да бъде поздравена за вярата в собствените си сили и възможности да направи определен личен принос в тази важна от много гледни точки област, в която по света се насочват значителни финансови ресурси.

Дисертационната работата е изградена в три основни направления :

- Изследване на различни структури на радарни откриватели в условия на интензивни смущения.

- Приложение на математическата Хох- трансформация.

- Комбинирано откриване на целта и оценяване на параметрите на движението ѝ.

Дисертацията е правилно структурирана. За всеки третиран проблем се използва приблизително една и съща схема на разглеждане: първоначално се прави достатъчно общо описание на проблема на базата на съществуващи и свои статистически модели, следват обосноваване и представяне на алтернативните изследвани типове откриватели и смущения, формулират се алгоритмичните процедури, извършват се числени експерименти, анализират се получените резултати, извличат се определени закономерности. В дисертацията са отчетени основните традиционни и иновационни тенденции на специфичните методи за обработка на сигнали и процедури на разпознаване в областта на радарните системи.

Дисертацията е разработена в следната рамка :

- Използват се добре известни статистически описания на ергодични стационарни случайни процеси.

- Изследванията се провеждат при априорно приемане на случайни процеси със зададено разпределение.

В основата на изследването стои задачата за поддържане на постоянна честота на лъжлива тревога във всички разглеждани структури на откривателите.

- Хох трансформацията се прилага само за откриване на линейни или по части линейни траектории.

- Разглеждат се само случаи на откриване на единична цел и параметри на траекторията ѝ.

- Третира се само поведението и качеството на системи за разпознаване с постоянна структура.

В дисертацията се очертават ясно личните предпочитания на авторката в проведените изследвания :

- Не се използват строги математически доказателства, а се прилага инженерен подход на обширни изчислителни и симулационни експерименти върху приети структури и техни модификации за определяне на целесъобразните области на приложение на различните структури и избор на техни основни настроечни параметри (прагове, размер на извадки).

- Използват се алтернативни методи на числен анализ при оценка на ефективността и настройка на параметрите на изследваните структури – традиционни за радарните технологии методи, изчисления на базата на статистически модели, метод Монте Карло.

- Изводите се базират върху изчислителни и симулационни резултати, а не върху реална сензорна информация.

- Прилагат се само методи на параметричната статистика.

- Навсякъде се използва ретроспективен, а не предиктивен анализ на разликите.

- С прилагането в различни варианти на структури с обучаващата извадка при поддържане на постоянна честота на лъжлива тревога, се приема метод на пълзящо средно с еднакво тегло на всички отчитани данни, без да се взема предвид времето им на постъпване.

- Формален синтез на процедури не се използва.

- Резултатите се търсят на две нива – а) сравнителен анализ на структури и б) параметрична настройка за всяка структура по отношение на достатъчно представителен вектор, описващ проблемната ситуация (прагове, вероятности на появяване, отношение сигнал / смущение / шум, грешки в измерванията.

Дисертацията е фокусирана върху изучаване на радарни системи за поддържане на постоянна честота на лъжлива тревога при голямо ниво на смущенията с траен интерес към оценка на влиянието на импулсни смущения от хаотичен тип.

Дисертацията представлява цялостно изследване, в което последователните глави реализират един добре планиран замисъл. Тяхната структура на изложение, ниво на детайлизация, обем на представяне на формалния математичен и графичен материал са близки. С това тази дисертация се отличава от много други, имащи характер на конгломерат от слабо свързани по между си изследователски задачи.

### **3. Основно съдържание на дисертацията**

Дисертацията съдържа 258 стр. и е изложена в пет глави, увод, заключение и библиография.

Първа глава представлява критичен обзор на резултатите, засягащи пряко съдържанието на дисертацията. Обзорът е изграден върху 170 литературни източника, от които 158 са статии и доклади на конференции, а 12 са сайтове. От публикациите 25 бр. са на кирилица, останалите са на латиница. Разпределението на литературните източници по времеви периоди е следното : до 2000 г. те са 70 % ; от 2001 до 2010 – 20 % и за последните 6 години – 10 %.

Основното внимание в първа глава е отделено на три проблема – а) използваният в дисертацията като основен инструмент модул за поддържане на постоянна честота на лъжлива тревога, б) трансформацията на Хох и в) някои статистически модели на полезен ехо- сигнал, шум и смущения- самостоятелно или в комбинация като адитивни

смеси. На базата на проведеня анализ е аргументирано основното направление на изследванията в дисертацията – разработване на методи, структури и алгоритми, гарантиращи едновременно разпознаване на целта и параметрите на траекторията на движението ѝ в условия на интензивни хаотични смущения.

Обзорът би спечелил, ако делът на разгледаните публикации в третираната област от последните пет години бе по-голям.

Втора глава съдържа анализ на различен тип откриватели, поддържащи зададена постоянна честота на лъжлива тревога. Изследването включва числен анализ на различни структури на откриватели с използване на определени допускания – Пуасоново и биномно разпределение на постъпващите смущения, прилагане на едностъпкови и двустъпкови процедури за определяне на оптималния праг на откриване, фиксирани значения на параметрите на статистическите разпределения, различни дължини на обучаващите извадки. Така формирацията се комбинаторно сложен проблем се решава основно по пътя на итеративни изчисления на базата на приети функции на разпределение от литературни източници. За част от интересните комбинации са прилагани изчислителни процедури на базата на метода Монте Карло.

Резултат на проведените изчисления са редица нетривиални изводи, позволяващи да се реализира адаптивно изменение на прага на откриване в зависимост основно от смущаващите въздействия. Показано е, че при бинарен откривател чувствителността спрямо типа на очакваното разпределение (Пуасоново или биномно) не е високо, което позволява с допустима за приложенията неточност да се използва модел на биномен поток за хаотични импулсни смущения за целия практически интересен диапазон на отношения смущение / шум и сигнал / шум. Големото количество изчислителни резултати са обобщени в редица правила за промяната на параметрите в цялостната процедура на оценяване с цел подобряване на процеса на детектиране на целта.

Подробно е изследвана структура, включваща цензуриращ откривател, с акцент върху адекватно определяне на цензуриращ праг. Резултатите от приложените на три алтернативни числени методи (на база на вероятностни характеристики, Монте Карло и на среден праг на откриване) се оказват практически идентични. Проведеният анализ на вероятностните характеристики на двумерен цензуриращ откривател, поддържащ постоянна честота на лъжлива тревога, методически следва възприетия вече подход на числена реализация и отново потвърждава възможността за използване на метода Монте Карло в случаите, когато вероятностните функции на разпределение са неизвестни.

Оригинални резултати са получени при изследването на адаптивен радарен откривател с некохерентно натрупване, основно при извеждане на редица статистически зависимости и предлагането на цензурираща процедура за третираната структура. Показано е, че в случая априорният избор на Пуасоново или биномно разпределение на импулсия поток от смущения е твърде съществен, особено при малки и средни вероятности за появата им.

В тази глава е показано приложение на част от изследваните откриватели в реален проект за разработване на радар за подземно сондиране. За съжаление са показани само ограничен брой визуални данни и образи, без количествено съпоставяне с получените вече аналитични и изчислителни резултати.

Глава трета също е посветена на детектиране и определяне текущите параметри на движеща се цел, но комбинирано с използване на популярната трансформация на Хох. Изследванията използват същите предпоставки и анализирани структури, както в глава втора. Акцентът е върху числен анализ на комбинации на едно- и двумерни традиционни откриватели от типа с осредняване и бинарно натрупване, цензуриране и адаптация с откриватели на Хох. Получени са нови резултати по вероятностните описания и свойства на тези структурни схеми на статистически разпознаватели в конкретната област. Показани са сравнителните особености на различните комбинирани откриватели на цел по отношение на предполагаемото разпределение на

входните импулсни смущения. Потвърждава се изводът, че използването на двумерни откритатели и за трите основни третиранни алтернативи повишава качеството на откриване, а също така, че схемата с адаптация има приоритет в рамките на проведените числени експерименти.

Глава четвърта представлява разширяване областта на изследвания в дисертацията. На базата на резултатите от двете предшестващи глави се решава по-общата задача- да се използва една и съща входна сензорна информация не само за откриване на целта, но и за определяне на нейната траектория и скорост. За целта е предложен двуетапен симулационен алгоритъм. Разглежданията са за линейна или по части линейна траектория. Направени са числени пресмятания за оценка на влиянието на дискретизацията на сензорната информация върху получаваната точност. Сравнението на предложената структура на Хох- откривател с конвенционален Доплеров измервател на скорост показва, че по отношение точност на измерване на скоростта те са практически еквивалентни, но предложеният откривател има предимства при големи скорости на целта и високо ниво на импулсните смущения. На основата на числени данни от симулационни експерименти от предходещите изследвания са получени определени потвърдителни резултати с прилагане на подхода „Интеркритериален анализ” с използване на апарата на вариант на размита логика.

Заключителната пета глава представлява определено разширение на вече третираните проблеми за детектиране на летищата цел и оценка на параметрите на параметрите на траекторията ѝ в постановка на многосензорно измерване. В изследването е приета полярна трансформация на Хох. Предложен е нов алгоритъм, включващ пълзящ прозорец и бинарно натрупване на данни в него. Числените експерименти с използване на метода Монте Карло илюстрират ефективността на предложеният откривател при грешки в измерванията. Разгледан е и подход за децентрализирана многосензорна обработка на радиолокационни данни, при който се използва отново полярна Хох трансформация. Това се оказва рационално решение за радари с различни характеристики.

#### **4. Преценка за резултатите, получени в дисертацията**

Дисертацията на доц. Л. Дуковска съдържа резултати с различна познавателна стойност:

1. Научни резултати, даващи нови познания в областта на обработката на радиолокационни сигнали, основаващи се на комбинаторно многообразие по отношение на:

- Структури на изследваните системи:

- По структурно разнообразие на откриватели – цензуриращи, с адаптация, едномерни и двумерни.
- По характер на смущенията – с различно вероятностно разпределение (Поасон, биномно, Релеевско, Гаусов бял шум), по характер (импулсни, хаотични).

- Задачи които се решават:

- Традиционни задачи за откриване на целта в радиолокацията.
- Съвместна оценка на положението и параметрите на траекторията на целта.
- Използване на многосензорна система.
- Децентрализирана обработка на радиолокационна информация.

-Подходи на изследване

- Традиционни методи при многообразие от структури и въздействия.
- Комбинация на традиционни и новопредложени системи с поддържане на постоянна честота на лъжлива тревога за откриватели с Хох- трансформация.
- Различен тип Хох- трансформации (тригонометрична, полярна)
- Търсене на независими методи, потвърждаващи някои от основните изводи (интеркритериален анализ).

#### -Начини на реализиране на числения анализ :

- Изчислени по вероятностни характеристики.
- Симулация за оценка на цялостното поведение на разглежданата система.
- Метод Монте Карло за изясняване на отделни детайли.

2. Научно- приложни резултати, разширяващи познанията ни в областта на традиционните радарни технологии на обработка на сигнали. Тук следва да се отнесат многобройните резултати от числени експерименти, в които традиционните методи са разгледани при широк кръг външни въздействия, което е било нужно на авторката за целите на сравнителния анализ на новопредложени и традиционни структури и алгоритми на обработка.

3. Нови обобщени знания под формата на препоръки за избор на структури и параметри в зависимост от текущата ситуация, които могат да бъдат полезни както при оперативна дейност на съществуващи радиолокационни системи, така и при проектирането или реинженеринга им.

4. Резултати, представляващи препоръки за бъдещи изследвания в областта на високоточна радиолокация като многосензорност, разпределена и паралелна обработка, интегриране на детектиране на целта с определяне на параметрите на движение (траектория, скорост).

5. Резултати с приложна насоченост, представляващи в основната си част компютърни праграми, създадени преди всичко за изследователските цели на дисертацията.

Доц Л. Дуковска е представила 36 публикации, отразяващи основното съдържание на дисертацията, които са изрично цитирани в текста. Публикациите се класифицират, както следва :

-Статии -19 бр., от които в чужди списания 4 бр., 9 от тях с IF (2 в чужбина).

-Доклади – 17 бр., от които 15 бр. в чужбина и 2 бр. на международни конференции у нас.

От публикациите 16 са самостоятелни, а в 10 авторката е на първо място.

От публикациите по дисертацията се вижда, че основната част от достиженията са лично дело на авторката, както и че те са представени достатъчно пълно пред специалистите, работещи в областта на радарните системи за откриване.

Авторефератът на дисертацията отразява всички основни резултати, получени в представеното изследване.

Доц. Л. Дуковска е била участничка в 15 научно- изследователски проекта, на един от които е била ръководител.

Приносителите в дисертацията и данните за публикационната дейност съответстват на изискванията за получаване на исканата научна степен в ИИКТ – БАН.

#### **5.Бележки към дисертацията**

1. При условие, че едно от основните приемания в тази дисертация е високо ниво на смущенията, конструктивното използване на такива понятия като „неопределеност” и „робастност” е било задължително.

2. Дисертацията е построена върху използване на няколко статистически модела на смущенията и различни структури на откриватели, при което са получени редица интересни и нови резултати. За реално приложение, обаче, е било необходимо на базата на текущата и предхождащата обучаващи извадки да се оцени типа на разпределение, особено в интервали на вероятност на появяване на импулсно смущение, където познаването на типа на разпределение е съществено за вземане на решение за установяване на текущо оптимални прагови стойности на откривателя..

3. В дисертацията, в резултат на комбинаторното многообразие на изследваните ситуации, са получени голямо количество препоръки. Би било целесъобразно те да се обобщят и да се представят под формата на база прецеденти, продукционни правила, семантична мрежа или по друг общоприет начин.

4. В дисертацията се третира само една движеща се цел. Понастоящем твърде актуален е проблемът с разпознаване на група цели. Това поставя много сериозни задачи за разработване на ефективни методи за детектиране на група цели и оценка на параметрите на снопа траектории.

5. Дисертацията съдържа отделни недоглеждания от редакционен характер, например :

- Повторения- напр. (стр. 23, р.14д и стр. 24, р. 11д), (стр.55, р.12д и р.5д), (стр.66, р.1г и стр..69, р.10г).

- Необходимост от корекция на някои означения, напр.  $\gamma_1$  е прието като означение за отношението „смушение / шум” (стр. 258), а на стр.202 се използва като средна стойност на грешката, при определяне на координатите на движеща се цел.

- Средната мощност на импулсите смущения е означена с  $\lambda_1$  (стр. 27, стр.258), а на стр. 63 същата величина е означена с  $\mu$ .

Направените бележки не засягат основната приносна част на дисертацията, но могат да се окажат полезни в бъдещата работа на авторката.

### 6.Лични впечатления

Познавам доц., д-р Л. Дуковска още като студентка в ХТМУ, където тя се открояваше като една от най- добрите и мотивираните в специалността. По- късно имах възможност да ръководя проект, свързан с обработка на сензорна информация в индустриален обект, където тя изпълни голям обем от разработка на програмен код. В продължение на повече от 15 години следя дейността ѝ като сътрудник и ръководител в секция „Интелигентни системи” на ИИКТ- БАН, където тя се справяше забележително успешно често в сложни ситуации.

От личните ѝ качества бих желал да акцентирам върху нейните организационни умения, уравновесеността при вземане на решения, комуникационните ѝ способности. Същевременно, независимо от голямата административна заетост, тя провеждаше и провежда активна и резултатна научно- изследователска дейност, достойно представена в тази дисертация.

### ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Представената ми за становище дисертация представлява многостранно, но цялостно изследване на комплекс от актуални проблеми в областта на радарните системи за обработка на силно зашумена информация. Получени са достатъчно научни, научно- приложни и приложни резултати чрез прилагане на съвременни изследователски методи от няколко научни дисциплини. Резултатите са публикувани в сериозни научни списания или са представени на авторитетни международни конференции. Всичко гореизложено ми дава основание да предложа на уважаемото Научно жури по процедурата да присъди на доц. д-р инж. **Любка Дуковска научната степен „Доктор на науките” по научната специалност 01.01.12 „Информатика”, професионално направление 4.6 „Информатика и компютърни науки”.**

20.02.2017 г.

София