



МИНИСТЕРСТВО НА ОТБРАНАТА

ИНСТИТУТ ПО ОТБРАНА „ПРОФЕСОР ЦВЕТАН ЛАЗАРОВ“

София 1592, бул., „Проф. Цветан Лазаров“ № 2, факс: 02/92-21-808, <http://di.mod.bg>

ИНСТИТУТ ПО ОТБРАНА - БЪЛГАРИЯ

Вх. № 2-677/21.07.2010 г.

от 9 листа

РЕЦЕНЗИЯ

от проф. д.т.н., инж. Христо Иванов Христов,
началник отдел „Въоръжение и боеприпаси“ в Института по отбрана,
1592 София, бул. „Проф. Цветан Лазаров“ 2, тел. +359 2 92 21851,

върху дисертационен труд
за присъждане на образователна и научна степен “ДОКТОР”
по докторска програма: „Оптични и лазерни уреди и методи”,
научно направление 5.1. Машинно инженерство,
област на висше образование 5. „Технически науки“

на тема
„Повишаване на ефективността на бордовия оптико-електронен комплекс
на беспилотни летателни апарати“
с автор капитан инж. Бойка Пешкова Муглева
от в.ф. 28000, Министерство на отбраната

1. Актуалност и значимост на разработвания научен проблем, цел и задачи на дисертационния труд

1.1. Актуалност на научния проблем

Актуалността на проблема се обуславя от повишените изисквания към качеството на изображенията, които се получават от бордовите оптико-електронни комплекси на беспилотните летателни апарати (БЛА), което налага разработване на нови и/или модифициране на вече използвани методи и алгоритми за обработка на получените изображения. Оптико-електронният комплекс на борда на БЛА съчетава в себе си

телевизионни системи, работещи при дневна осветеност, системи за нощно наблюдение, базирани на устройства с интегрирани електронно-оптични преобразуватели. Стандартните нощи уреди са оборудвани с един или два преобразувателя и позволяват на оператора да възприема лъчението и от видимата част на слюктомагнитния спектър. Важен елемент от бордовия оптико-електронен комплекс на БЛА, който се използва най-често, са термовизионните прибори и системи. Термовизионните уреди позволяват да се приема лъчение и се визуализират цели и обекти, благодарение на излъчваната от тях топлинна енергия. Възниква необходимост от разработване на ефективни алгоритми на отделните етапи, както и на цялостна методика, обхващаща целия процес на обработка на информацията от повишаване ефективността на бордовия оптикоелектронен комплекс до извлечане оценяваните параметри на наблюдаваните обекти. Нарастващият интерес към мултиспектрални оптико електронни наблюдателни системи налага необходимостта да се определят и оптимизират методите за повишаване ефективността на процесите при съвместяването и оптимизирането на приборите в единен комплекс за постигането на тази цел.

1.2. Цел на дисертационния труд

Целта на дисертационния труд е повишаване на ефективността на бордовия оптико-електронен комплекс на беспилотните летателни апарати чрез прилагане на методите на линейната филтрация и геометричните трансформации и разработени алгоритми и общи методики за оценка и подобряване на качеството на термовизионните и оптичните изображения, получени с техническите средства от бордовия оптико-електронен комплекс (БОЕК), разположени на борда на БЛА.

Предмет на дисертационния труд е систематизирането на методи и алгоритми за обработка и изграждане на цялостна концепция за обработка на изображения, получени от БОЕК, както и изграждане на алгоритми за отделните етапи на възстановяване на изображенията и съставяне на алгоритъм за обработка и оценка качеството на полученото изображение, изразяващ се в обобщена методика за подобряване на качеството на получените изображения от БОЕК.

1.3. Задачи за постигане на целта на дисертационния труд

- 1.3.1. Анализ на процеса на формиране и преобразуване на изображения от оптико-електронни системи от състава на БОЕК;
- 1.3.2. Оценка на методите за обработка на изображения чрез „филтрация”;
- 1.3.3. Анализ на методите за възстановяване на изображения;
- 1.3.4. Анализ на методите за геометрично преобразуване на изображения;

1.3.5. Привързване на изображения, получени от информационните системи на БЛА за установяване на сходство;

1.3.6. Анализ и модифициране на методите за цифрова обработка на изображения;

1.3.7. Предлагане на подход за програмно моделиране на разглежданите процеси, и проверка на предложените алгоритми в средата на Matlab.

2. Оценка на изследователската работа

В резултат от рецензирането на дисертационния труд мога да потвърдя, че авторът задълбочено познава състоянието на проблема и творчески е подхожил при разработването и решаването му. По същество авторът стриктно се придържа към основната схема за научно изследване – цел, хипотеза, формулиране на задачите, описание на функционалните зависимости между основните параметри и проверка за адекватност на получените резултати.

Стриктно осъществените подходи за решаване на научноприложния проблем и възможността за практическото му приложение характеризират докторанта като добре осведомен специалист, творчески оценяващ нивото на развитие и постиженията в научната област на оптичните и лазерни уреди и методи, и като научен работник, способен да формулира и решава научноприложни задачи.

При разработването на дисертационният труд авторът е използвал: системен подход, сравнителен и статистически анализ, синтез и систематизиране, моделиране, използване на общоприети програмни продукти, методи и методики, и средства за лабораторни изпитвания.

Използваният език в дисертационния труд е точен, ясен и без излишни обстоятелствени пояснения, материалът е лесен за осмисляне и възприемане.

3. Обща характеристика и структура на дисертацията

Дисертационният труд е разработен в 4 глави с общ обем 178 стр. текстова част, 2 приложения, съдържа 35 фигури, 10 таблици. Литературната справка обхваща общо 127 литературни източника, от които 73 на кирилица и 54 на латиница. Справката включва познатите ми основни източници по изследвания проблем.

Дисертационният труд съдържа: Увод, Анализ на съвременните литературни източници по проблема и постановка на задачата на дисертационния труд, Интегриране на оптико-електронни прибори в единна система с допълнителна функционалност за разширяване областта на използване на наблюдателните комплекси, Оценка на

методите и разработка на алгоритми за възстановяване и подобряване качеството на изображения получени от оптико-електронни прибори, Числени експерименти на разработените алгоритми за обработка на изображения, получени от бордовите оптико-електронни комплекси, Общи изводи, Научноприложни приноси, Авторски публикации по дисертационния труд, Литература, Съдържание и Приложения.

Акцентът в дисертационния труд е поставен върху повишаването ефективността на бордовия оптико-електронен комплекс на безпилотните летателни апарати.

От направения анализ в **глава 1** на основните съвременни литературни източници относно актуалното състояние на съвременните сензорни технологии, представляващи основен градивен елемент в състава на БОЕК, следва, че съществуват фундаментални теоретични анализи, математически методи и високоефективни алгоритми за оценка ефективността на работата на комплекса. Задълбоченото познаване на основните функционалните показатели е необходимо за съставяне на подходящите алгоритми за обработка на сигналите, както и на заснетите изображения с цел подобряване на получените резултати. Влиянието на редица непредвидени фактори, оказва пряко влияние върху намирането на обекта, както и условията, в които се извършва самото наблюдението (ниска осветеност, мъгла, дъжд, дим, запрашеност и др). Това е основа за съставянето на алгоритми, чрез които да се подобри качеството на получените данни, вследствие на което да се повиши ефективността на оптико-електронната система (OEC). На базата на тези достижения могат да се изградят специфични методики и приложни алгоритми за обработка на изображенията, получени БОЕК.

В **глава 2** е посочено, че въздушното наблюдение от малки БЛА има редица технологични особености, свързани с конструкцията и състава на бордовия комплекс. Трябва да се отчита превишаването на допустимите ъгли на наклона на изображението, спазване на правилата на траекторията на полета за осигуряване на необходимото при покриване между изображенията с висока честота на заснемане. Необходимо условие за избор на конкретно устройство е изчисляването на параметри за въздушното наблюдение от БЛА, като височината на снимане и времетраене на записа. Изчисляването на параметрите на въздушното разузнаване е много важен етап от подготовкителната работа по съставянето БОЕК. Правилно изчислените характеристики на полета позволяват да се увеличи площта на въздушната територия, подлежаща на наблюдение и да се подобри качеството на заснетите изображения. Подход за значително подобряване на ефективността на системите за наблюдение е създаването на многоканални комплекси с физическо и информационно интегриране на различни

наблюдателни и измервателни канали с цел подобряване на производителността на системата. Така вероятността за откриване на цел от многоканална система е по-голяма от вероятността за откриване на цел от най-ефективния самостоятелен канал. Интегрирането в единна система от канали с допълнителна функционалност позволява да се разшири областта на използване на ОЕК. В този случай влошаването на един от каналите под влияние на външните условия на работа се компенсира от увеличаващата се ефективност на допълнителния канал. Един от вариантите на такива допълващи се канали е комбинация от термовизионна камера и камера във видимия диапазон, които се допълват взаимно в зависимост от условията на осветяване на контролираната зона и способността им за откриване и идентифициране на цели в спектралния диапазон. Приемниците на излъчвания, работещи в други спектрални диапазони, имат по-добри възможности за откриване, тъй като не се влияят съществено от средствата за маскиране на целите, както и от атмосферните особености на околната среда.

Извършеният анализ в глава 3 на известните методи и разработените приложни алгоритми за филтрация на шума в изображенията показват, че по-добри резултати се получават при използване на статистически алгоритми. При размери на изображението надвишаващи значително корелационния интервал, целесъобразно е използването на винерова филтрация. По броя на операциите статистическият филтър превъзхожда най-простия прозоречен филтър 3 пъти. Анализът на методите и разработените приложни алгоритми показват, че точното възстановяване на изображението е възможно при отсъствие на шум и изпълнение на допълнителни изисквания. За определяне на подходящия метод за възстановяване на оптични изображения, получени от оптико-електронни комплекси е необходимо подробно да се изследват различните методи. За привързване на различни оптични изображения на един и същ участък от земната повърхност могат да се използват предложените приложни алгоритми на геометрично-координатните преобразувания. Изборът на конкретна координатна трансформация зависи от качеството на изображението, системата за регистрация и параметрите на траекторията на носителите на оптични средства и оптико-електронни комплекси. Анализираните методи и разработените приложни алгоритми могат да бъдат използвани за обработка на изображенията като едно цяло. Посочено е, че за специализирани цели и задачи е целесъобразно да се анализират определени детайли (настъпили изменения в средата на наблюдението), при което може да се използват изображения, получени в различни времеви моменти или от различни източници, както и за конкретизирането на детайлите е необходимо да се синтезира алгоритъм за

обработка на група оптични изображения на една и съща територия на земната повърхност.

Резултатите от изследванията в глава 4 показват, че при наличие на разфокусирофка или изкривяване на оптичните изображения, вследствие движението на БЛА, целесъобразно е прилагането на специфичен алгоритъм за корекция и възстановяване на оптичните изображения получени от термовизионна камера. Резултатите от изследването на различни алгоритми за повишаване на контраста доказват, че за снимки, получени от борда на БЛА, най-добри резултати се получават при използване на адаптивния алгоритъм. При извършване на привързване е необходимо да се използват различни геометрични преобразувания за оптичните изображения от БЛА. Използването на предложения алгоритъм на метода на главните компоненти позволява да се получат некорелирани изображения, което позволява по-добро отделяне на детайлите и изменениета върху дадена територия при осъществяване на периодично наблюдение. По-този начин може да се откриват обекти в труднодостъпни местности, както и да се оценява степента на поражения от военни операции, природни бедствия и пожари.

Избраният от докторанта подход осигурява постигането на поставените пред научния труд цел и задачи.

Постигнатите резултати в дисертационния труд се явяват теоретична новост, допълнена с експериментален и фактологически материал, отворена за допълнителни изследвания. Направените заключения правилно обясняват физическата картина на изследваните явления и са логически завършени, поради което материалът е достоверен и претендираните от автора приноси следва да бъдат признати.

4. Научно-приложни и приложни приноси на дисертационния труд:

Приемам приносите в дисертационния труд, както са формулирани в автореферата. В частност, по общоприетата терминология и съгласно дисертационния труд и автореферата, като негова съществена част, приносите на автора могат да се обособят по следния начин: *нови методи на изследване, обосноваване на нова хипотеза, нови схеми на изследване, получаване на нови и потвърдителни факти*.

По моя преценка авторът на дисертационния труд претендира за следните приноси:

4.1. Научно-приложни приноси:

4.1.1. Сравнителен анализ на методите, които могат да бъдат използвани за подобряване на качеството на изображенията, получени от бордови оптико-електронен

комплекс на БЛА, и обосновано прилагането на винеровата филтрация, като високоефективен инструмент за отстраняване на шумовите въздействия върху изображенията.

4.1.2. Сравнителен анализ на методите за подобряване качеството на телевизионните и термовизионни изображения, притежаващи определени деформации, при неизвестна Функция на разсейване на точки (ФРТ) най-ефективен е итеративния алгоритъм за сляпо възстановяване, а при известна функция на разсейване на точките (ФРТ) - винеровият алгоритъм.

4.1.3. Резултати от анализ за сравняване на различни алгоритми, имащи за цел да повишат контраста на изображения, най-подходящ за оптични и топлинни изображения е адаптивният метод на равномерната хистограма.

4.2. Приложни приноси

4.2.1. Алгоритми на основни геометрични трансформации за привързване на оптични и изображения, получени от термовизионни камери, направени при различни времеви и пространствени базови вектори. За термовизионни устройства най-подходяща е афинната трансформация, а за изображения, получени с телевизионни прибори – проективната трансформация.

4.2.2. Алгоритъм, реализиращ „метода на главните компоненти“ при възстановяване на множество от оптични или топлинни изображения, получени са некорелирани високо информативни изображения, потвърждаващи точността на разработения алгоритъм и неговата приложимост при обработката на изображения.

4.2.3. Методики за оптимална обработка на изображения, получени от оптични и термовизионни средства, с увеличаваща се възможност за анализ и оценка на резултатите, получени от наблюдението.

5. Оценка на дисертацията и личните приноси на автора

Представените в дисертационния труд разработена теория и методология, проверени чрез експериментални изследвания допълват междините, които не са формулирани в известната научна публицистика относно повишаването ефективността на бордовия оптико-електронен комплекс на БЛА и следва да бъдат признати като лично дело на автора.

Запълвайки тази междина в достъпната литература за ненапълно анализирана и разработена методология за повишаване ефективността на бордовия оптико-електронен комплекс на БЛА, авторът анализира и систематизира достъпната

информация, теоретично разработва и предлага технология и методология за повишаване на ефективността на бордовия оптико-електронен комплекс на БЛА.

Авторът претендира за **научна новост** в дисертационния труд за:

5.1. Анализ на възможностите за използване на БЛА с монтиран БОЕК за контрол и оценка на наблюданата среда, като са направени препоръки за видове използвани системи за наблюдение.

5.2. Анализ и оценка на методите на заснемане на оптични и термовизионни изображения с предложени математически модели, позволяващи прилагането на известни и разработването на нови и модифицирани алгоритми за обработка на получените изображения.

5.3. Изследване на известни методи за възстановяване на оптични изображения при различни искривявания (винеров алгоритъм, при неизвестна функция на разсейване на точките (ФРТ), итеративен алгоритъм за сляпо възстановяване, адаптивен метод на равномерната хистограма).

5.4. Изследване на геометрични преобразувания за привързване на оптични и термовизионни изображения, получени от информационните системи на борда на БЛА - за изображения от термовизионни изображения най-подходящо е афинното преобразувание, а за оптичните изображения - проективно преобразувание.

5.5. Алгоритъм с използване на „метода на главните компоненти“, за обработка на набор оптични или термовизионни изображения с последващи некорелиирани такива, повишаващи възможностите за оценка и контрол на състоянието на наблюдаваните зони.

Оценката нивото на дисертацията и личния принос на автора в получаването на резултатите в нея ми дава основание да направя заключението, че представеният дисертационен труд съответства на изискванията за самостоятелно научно изследване с достатъчно научно ниво, предявени в ЗРАС РБ и Правилника към ЗРАС.

6. Оценка на публикациите по дисертацията

Докторантът е посочил 5 публикации – 3 самостоятелни и 2 в съавторство, като в съвместните публикации е на първо място. В публикациите са разкрити основните теоретични постановки на дисертационния труд, което дава възможност на заинтересованите специалисти да се запознаят с идеите на дисертационния труд, а публикуването на материалите е основание да се признае тяхната значимост.

7. Използване на резултатите от дисертацията

Резултатите от дисертационния труд приоритетно се използват във военното дело, както и за гражданска изследвания.

Изследванията в дисертационния труд са с област на приложение повишаване ефективността на бордовия оптико-електронен комплекс на БЛА.

8. Оценка на автореферата

Авторефератът е изготвен в съответствие с изискванията, илюстриран е добре и дава вярна и пълна представа за съдържанието, научните методи и подходи на проведените изследвания и получените резултати в дисертационния труд.

9. Критични бележки

9.1. Някои съждения в дисертационния труд, имащи отношение към темата на изследване, нямат препратки към литературата, от което не става ясно, те авторски ли са или се използват като литература.

9.2. Има разлики в броя на деклариранны публикации в дисертационния труд и тези в автореферата.

Посочените пропуски не понижават достойнствата на дисертационния труд и ценните резултати, получени в него относно повишаване ефективността на бордови оптико-електронен комплекс на БЛА.

10. Заключение

Положителната оценка при анализа на дисертационния труд и личният принос на автора за постигнатите резултати ми дава основание да направя заключението, че представеният дисертационен труд „Повишаване на ефективността на бордовия оптико-електронен комплекс на беспилотни летателни апарати“ напълно съответства на изискванията за научноприложно изследване за дисертации за образователна и научна степен “доктор”, предявени в ЗРАС РБ и Правилника към ЗРАС.

Във връзка с това препоръчвам на членовете на уважаемото Научно жури да гласуват с “ДА” за присъждане на капитан инж. Бойка Пешкова Муглева образователната и научна степен “Доктор” по докторска програма „Оптични лазерни уреди и методи”, научно направление 5.1. Машинно инженерство, област на висшето образование 5. Технически науки.

гр. София,

19.02.2020 г.

Рецензент:

Проф., д.т.н., инж. (П) ХРИСТО ХРИСТОВ