

РЕЦЕНЗИЯ

от

проф. д-р инж. Борис Георгиев Борисов
на дисертационния труд, разработен от
маг. инж. АСПАРУХ ИВАНОВ АТАНАСОВ

на тема:

“ИЗСЛЕДВАНЕ ПРИЛОЖИМОСТТА И ЕФЕКТИВНОСТТА НА СЕНЗОРНИ СИСТЕМИ В ПРЕЦИЗНОТО ЗЕМЕДЕЛИЕ”

за присъждане на образователната и научна степен “ДОКТОР”
по професионално направление 5.1. „МАШИННО ИНЖЕНЕРСТВО“
и докторска програма "ПРИЛОЖНА МЕХАНИКА",
съгласно заповед N:874 от 12.12. 2023 г. на Ректора на ТУ-Варна

1. Обща характеристика на дисертационния труд

Представеният дисертационен труд е разработен в подходяща структура от увод, пет глави с отделни изводи към тях, общи изводи, списък с приноси, заключение, декларация за оригиналност и достоверност, списък на използваната литература и 5 приложения. Общият обем е от 151 страници, в които са включени 89 фигури, 35 таблици, 29 формули и зависимости, списък на използваните символи и съкращения и библиографска справка от 227 литературни източника в т.ч. на латиница 211 и 16 от интернет сайтове, като по-голямата част от тях са от последните 10 години.

В първа глава е направен подробен и прецизен обзор и анализ на видовете сензори, които са подходящи за използване в земеделието, като: механични сензори за плътността на почвата; сензори за позициониране чрез GPS; сензори за измерване на скорост и премествания; акустични и пневматични сензори за почвената плътност; електрически и електромагнитни; оптични и радиометрични; спектрални сензори за дистанционно изследване чрез цветово разделяне; мултисензорни устройства за метеорологични станции, всички с възможност за приложение в областта на прецизното земеделие. Главата завършва с 5 извода, свързани с актуалността на разглежданата тематика. *Подходящо и коректно са формулирани целта и задачите на изследването*, а именно: Да се установи приложимостта и ефективността на различни сензорни системи при тяхното използване в прецизното земеделие, чрез методика за безразрушителен контрол на свойствата на изследваните биологични обекти, посредством фотограметрия. Предложен е съвременен метод за дистанционно мултиспектрално наблюдение на земеделските култури от въздуха, посредством заснемане с безпилотни летателни апарати (БПЛА). За постигане на тази цел са дефинирани 6 задачи, чрез решаването, на които трябва да се установи съществува ли корелационна зависимост между спектралните данни на отражението от земеделските култури и фенологичните, биометричните и физиологичните показатели, което е от определящо значение за приложимостта и ефективността на сензорната система за дистанционното наблюдение.

Втора глава разглежда методиката за обработване на данните, получени чрез дистанционно наблюдение на земеделски култури с БПЛА. Използвани са съвременни методи и средства, като дисперсионен анализ, платформата MatLab и специализиран софтуер Pix4D. *Правилно и коректно са избрани и дефинирани обектът и предметът на изследването*, като земеделски посеви в района на Добруджа - Североизточна България. За предмет на изследването са избрани съвременни сензорни системи, използвани в БПЛА, с възможност за приложение в прецизното земеделие. Представена е методика за получаване на характерните вегетационни индекси. Главата завършва със 7 обобщени извода.

Трета глава обхваща теоретичните и полски изследвания в лабораторно-опитните полета на ДТК-Добрич и ДЗИ-Ген.Тошево, за четири годишен период от време, при различни зърнено-житни култури, като пшеница, тритикале и др. с цел определяне на вегетационните индекси. Изследванията са разширени и върху слънчогледови и царевични посеви. Представена е методология на дистанционна безразрушителна методика за регистриране на отражението от слънчевата радиация на земеделските култури, посредством малък БПЛА, снабден с RGB и RGN камера. Оценката е направена в три поредни години (2019-2022) през целия период на

вегетация на земеделските култури. Направени са 185 заснемания с БПЛА и 93500 снимки на наблюдаваните площи. През периода на експериментални изследвания е извършена 400 часа полева работа и 2000 часа компютърна обработка на експерименталните резултати. Наблюденията са реализирани чрез сензори от разстояние, като е получен снимков материал, обработван в софтуерната платформа MatLab, който представлява удобен инструмент за изчисляване на вегетационните индекси за различните култури. Получените данни позволяват използването на набор от показатели, за да се даде определена представа за развитието на генотипа. Това показва, че разработената методика може да намери практическо приложение в селекционната и подобрителната работа на зърнено-житните култури, както и в земеделското производство, за установяване на определени тенденции за даден район на страната. Резултатите от експерименталните изследвания са представени в таблици, графики, хистограми и са изведени в 10 обобщени извода.

В четвърта глава чрез математическо моделиране и статистическа обработка на данните с метода на регресионния анализ са получени адекватни математически модели, отразяващи засушаването на площите и развитието на земеделските култури при различните условия на отглеждането им. Използван е дескриптивният анализ за получените резултати при изследване на полета, засети с царевица през 2021г. като са проведени и сравнителни изследвания на различни полета с царевица. Установена са и корелационни зависимости между генерираните индекси и условията на средата. Посредством изображения от малък БПЛА е установено, че фермерът може да проследява и анализира данните за насажденията без да е зависим от спътникови снимки. Може да се получи обективна картина на слабите и силни зони в полето без да е необходимо да се преминава през посева. Сравнени са тенденциите на промяна на общо 8 индекса и тяхната приложимост при оценка на растителната маса и прогнозиране на добивите от царевица при две полета. В края главата завършва с обобщение в 6 извода.

Пета глава представя експериментални изследвания за проектирането, разработването и създаването на прототипен вариант на сензор за определяне на почвената влага. Разработеният тестов прототип е представен и изпитан в реални условия на полето. Създаденият сензор за определяне влажността на почвата е оригинално и надеждно решение за използване от фермерите в практиката. Чрез него се осигуряват непрекъснати наблюдения на изменението на почвената влажност в земеделски стопанства и може да бъде използван като ефективна алтернатива на професионалните метеорологични станции. Създаденият сензор работи със захранване от слънчева енергия и допринася за опазване на околната среда. Експериментите показват, че сензорът е приложим и ефективен за агрометеорологичните и климатични особености в района на Южна Добруджа.

2. Актуалност на проблема

Дисертационният труд е посветен на актуално интердисциплинарно изследване от различни области на познанието, целящ усъвършенстване на интелигентните интерфейси човек-машина, както и на технологиите, свързани с тях. Технологичният напредък в компютърната техника е проникнал във всяка индустрия по света и земеделието не е изключение. Навлизането на изкуствения интелект в проектирането на потребителските интерфейси улеснява взаимодействието човек-компютър. В днешно време тази технология значително помага на земеделските производители по няколко начина, включително прецизно прогнозиране и вземане на решения, основани на данни за прогноза и сигнализация при изпълнение на важни агротехнически мероприятия. Разпространението на интернет технологиите предлага улеснен достъп на земеделските производители до ценни ресурси и съвременен инструментариум. Настоящата разработка представлява експериментално изследване на методика за безразрушителен контрол при определяне свойствата на биологични обекти в частност земеделските култури и почвата, посредством дистанционно спектрално изследване. Приложена е възможността за получаване на информация за тестови субекти посредством безпилотни летателни средства (БПЛС) и мултиспектрална камера без пряко вземане на проба от земеделските култури. Изследвани са различни сензори за измерване на важни за земеделието величини с цел управление и прилагане на полезни практики при променливите полеви условия. Разработена е методика за проследяване и наблюдение на

вегетационните процеси в Южна Добруджа, посредством дистанционно наблюдение на промените по време на вегетация на база на RGB и NIR изображения посредством фотограметрия. Извършвано е директно наблюдение на развитието на сортове пшеница в опитно поле, което дава важна информация за състоянието на посева. Прави се анализ на възможностите за сканиране на площите посредством облитане с безпилотни летателни апарати (БПЛА). Използвани са съвременни методи за изследванията като: сравнителен анализ на съществуващи решения; създаване и изследване на конкретни решения чрез използване възможностите на дистанционно управляеми малогабаритни безпилотни летателни средства за работа с различни сензори за дистанционно наблюдение, (статистическа обработка на резултатите); компютърно обработване на получената първична дигитална информация; създаване на бази данни за вегетационни индекси.

Всички тези констатации несъмнено и еднозначно определят *актуалността* на тематиката на дисертационния труд. Със задълбочено и критично използване на значителен брой литературни източници, математическия апарат и инструментариум, иновативни технически средства за експериментите, докторантът *точно и коректно* е определил нерешените казуси по проблема и заемайки аргументирана научна позиция *ясно и убедително формулира актуалността, целта и задачите* на своето изследване.

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

В настоящия дисертационен труд е направен подробен литературен обзор на голям брой литературни източници. Разглеждат се състоянието и достиженията в съвременните системи, базирани на интелигентни решения, както и методите и средствата, използвани при тяхната реализация. Предлага се анализ на текущото състояние и актуалността на тематиката. Формулираните задачи напълно обезпечават поставената цел. *Убедително и коректно са дефинирани обектът и предметът на изследване*. Подходящо е избрана общата методиката на изследването, *използвани са съвременни методи*, като: математическото моделиране, системния и кибернетичен подход, корелационния и регресионния анализ, математическата статистика и оптимизация. Реализирана е възможност за изследване на процесите в лабораторни и производствени условия, при различни режими и условия на работа, като са използвани иновативни и интелигентни технически решения. Използвана е съвременна апаратура за измерване стойностите на основните показатели, характеризиращи процесите.

Добрата интерпретация на литературния материал, задълбоченият анализ и направените изводи в отделните глави на дисертационния труд, *доказват висока степен на познаване състоянието на проблема от страна на докторанта*. Като резултат са дефинирани коректно целта на дисертационния труд и конкретните научноизследователски задачи.

Всичко това безспорно определя *високата научна стойност* на дисертационния труд, както и образователното и научно ниво на докторанта инж. Аспарух Атанасов, който познава много добре научните постижения.

4. Съответствие на избраната методика на изследване и поставената цел и задачи на дисертационния труд

Представените в дисертационния труд резултати са получени въз основа на задълбочен теоретичен анализ на интелигентните интерфейси човек-машина. Логическата последователност в изложението, конструирането и онагледяването на тази част представя докторанта, като сравнително добре информиран и с ясна визия за задачите, които си е поставил. Получените резултати са представени в добро стилово отношение, логична последователност, интерпретация и коректно. Всички те са онагледени с таблици, фигури, графики и снимки, в т.ч. и с цветни изображения. Достоверността на материала, върху който докторантът прави своите изводи и претендира за приноси се основа на цялостния му правилен подход на изследване и разработените методики за провеждане на експериментите. Получената информация е обработена със съвременен инструментариум и методите на математическата статистика, регресионния анализ и теорията на случайните процеси, които са приложени точно, а анализът на резултатите е коректен.

Представеният автореферат е разработен и оформен съгласно изискванията на Техническият университет-Варна, съдържа и обективно отразява основните моменти и приносите на дисертационния труд.

5. Приноси по дисертационната работа

Приносите в дисертационния труд ги оценявам положително, тъй като са свързани с получаването на нови и потвърдителни научни факти с нови и съществуващи съвременни средства. Тяхната значимост може да бъде полезна при използването на нови принципи и технологии в прецизното земеделие, както и за ефективни технически решения при оптимизация на някои агротехнически процеси в земеделието. Настоящият дисертационен труд представлява завършен етап от теоретично-експериментално интердисциплинарно изследване, посредством безконтактен неразрушителен метод за контрол на развитието при отглеждането на земеделските култури чрез БПЛА и NIR камера, на базата, на което могат да бъдат формулирани следните приноси:

Научно-приложни приноси:

- Разработена е методология за изследване на сензорна система чрез безразрушителен метод за дистанционното наблюдение при облитания с БПЛА, включваща планиране и провеждане на полеви кампании в зависимост от метеорологичните условия.
- Създадена е база данни за изменение на вегетационните индекси, чрез които може да се следи развитието на даден генотип, а разработената методика може да бъде полезна в селекционната и подобрителната работа при отглеждането на зърнено-житните култури в даден район.
- Установено е, че съществува корелационна зависимост между спектралните данни на отражението от земеделските култури и фенологичните, биометричните и физиологичните показатели, което е от определящо значение за приложимостта и ефективността на сензорната система за дистанционното наблюдение.
- На базата получените данни чрез дистанционно наблюдение с БПЛА е установен диапазонът на изменение на вегетационния индекс NDVI за пшеница в рамките от -1 до 0.5 за региона на Южна Добруджа.
- Чрез методите на статистиката и регресионния анализ, с многофакторен експеримент са установени факторите, които имат най-голямо значение върху индекса на влага NDWI, като: на първо място относителната влажност на въздуха, следвана от температурата на въздуха и най-слабо-слънчевата радиация.

Приложни приноси:

- Предложен е подход за извличане на необходимата информация, с цел проследяване вегетацията на растенията, като се използват данните от пикселните матрици, които цифровите технологии създават за всяко изображение. Методът е подходящ за малки площи при селекционна дейност.
- Проектиран и създаден е оригинален прототип на WiFi сензор за определяне на влажността на почвата и температурата на въздуха, който е с автономно електрическо захранване и представлява ефективен аналог на професионалните метеорологични станции.
- Чрез сравнителни изследвания е установено сходство между изчислените стойности за NDVI получени от данни при облитане с БПЛА и от данните от сателитното наблюдение. Обосновано е, че данните от БПЛА са по-лесно приложими и ефективни за целите на прецизното земеделие. Чрез регистриране на отражението от специфични спектрални области са получени фенологични данни, (т.е. възможност за изчисляване на вегетационни индекси), които могат да бъдат полезни за практиката с прогнозиране съдържанието на биомасата и на потенциала на изследваните растения.

6. Оценка на степента на лично участие на докторанта

Считам, че докторантът в значителна степен, изцяло е участвал при извършване на отделните етапи от изследванията в дисертационния труд. Представените научно-приложни и приложни приноси са лично дело на инж. Аспарух Атанасов, под научното и методическо

ръководство на неговите научни ръководители. Доказателство за това са публикациите на докторанта и участието му в научни форуми в страната и чужбина и по различни изследователски проекти.

7. Преценка на публикациите по дисертационния труд

Получените от автора резултати от дисертационното изследване са публикувани в представените 10 научни статии. На една, публикувана в чужбина е самостоятелен автор, а на 6 е първи автор. Има участия на научни конференции с публикации в Италия, Украйна, Молдова. В България има публикации в научното сп. „Механика на машините“ и в сборници с научни трудове на ТУ-Варна, на СУБ-Варна, на Русенски университет и на Великотърновския университет.

Публикациите са направени в периода 2019-2022 година и покриват тематиката на представената дисертационна работа като отразяват основните постигнати резултати и приноси. Една от представените публикации на докторанта е в издания, които са реферирани и индексирани в световноизвестни бази данни с научна информация. Има и публикации, които са видими и в *международната индексирана база Scopus*.

Получените експериментални резултати са представени и публикувани в международни научни конференции и списания в страната и чужбина. Една от публикациите е в издания, които са реферирани и индексирани в световноизвестни бази данни с научна информация.

Оценявам публикационната дейност на докторанта като много добра и считам, че резултатите от работата по дисертационния труд са станали в достатъчна степен достойни на българската и международната научна общност. Публикациите по дисертационния труд в количествено и качествено отношение *напълно удовлетворяват изискванията за придобиване на образователна и научна степен „Доктор“*.

8. Използване на получените резултати

За практическо внедряване на получените резултати от научните изследвания и разработки в дисертационния си труд докторантът представя два сертификата и две уверения: Сертификат за участие в конференцията „Farm Machinery and Processes Management in Sustainable Agriculture,, в гр. Бари, Италия; Сертификат за участие в конференцията „Development through Research and Innovation – 2021“, гр. Кишинев, Молдова;

Уверение от частен земеделски стопанин ЕТ „ЛГ – Галина Николова“ за констатиран технически дефект в сеялката посредством дистанционно спектрално изследване на поле засято с зимна пшеница; Уверение от ДЗИ – гр. Г. Тошево за ранна диагностика за жълта ръжда по пшеницата, посредством дистанционно спектрално изследване на опитното поле.

Прави впечатление голямото количество експериментални изследвания и тяхната оценка, много големият брой графики и диаграми, чрез които много точно и ясно са видими направените анализи и обобщения вследствие на проведените експерименти. Считам, че изследванията в дисертационния труд и постигнатите резултати могат да се използват успешно за изграждане на интелигентни приложения в областта на земеделието и в частност в прецизното земеделие, както и за технологиите свързани с тях.

9. Мнения, забележки и препоръки

Дисертационният труд е оформен много *старателно и прилежно*. Видно е високото ниво на компетентност на докторанта, неговите дълбоки познания в областта на иновативните информационни технологии, намиращи приложение в земеделието и по-конкретно в прецизното земеделие.

Докторантът е постигнал поставените цели и задачи в дисертационния труд и на тяхна база е формулирал своите приноси. Получените експериментални резултати са представени и публикувани в международни научни конференции и списания в страната и чужбина. Част от тях са видими и в *международната индексирана база Scopus*. Една от публикациите е в издания, които са реферирани и индексирани в световноизвестни бази данни с научна информация и има забелязани няколко цитирания от български и чужди автори. Посочените забележки и препоръки не омаловажават достойнствата на научния труд. Считам, че

дисертационният труд свидетелства за *много доброто познаване* от автора на разглежданата предметна област, представя голям брой извършени научно-практически изследвания и дава възможност за бъдещи разработки в областта на прецизното земеделие, която е актуална както за нашата страна така и в чужбина. Препоръките ми към автора на дисертационния труд са следните:

- В бъдещата си научноизследователска и учебна дейност, инж. Аспарух Атанасов е необходимо да проявява още по-голяма прецизност, по-голяма задълбоченост и критичен анализ, да използва съвременните научни постижения и да се старее да работи в екип със специалисти и от други научни области.
- Да публикува резултатите от проведените научни изследвания в международни научни издания с Q ранг, а някои от тях и да бъдат патентовани, с цел запазване на авторското си право.

10. Заключение

Познавам маг. инж. Аспарух Атанасов като редовен докторант и асистент в ДТК-Добрич. Отличава се с много добрата си теоретична подготовка и натрупан опит в областта на земеделската техника, статистическите методи за изследване, иновативните информационни технологии използвани в земеделието и учебния процес. Наред с това, докторантът се изпява със своето трудолюбие, прецизност и чувство на отговорност пред студентите и колегите си. Считам, че той е добре изграден научен работник в областта на земеделието, способен да решава сам или в колектив сложни инженерни задачи.

Дисертационният труд на *маг. инж. Аспарух Иванов Атанасов* е разработен в широкообхватна интердисциплинарна научна област, на високо научно ниво, в необходимия обем и задълбоченост. Същият съдържа значими научно-приложни и приложни приноси за областта на земеделието и има напълно завършен вид. Докторантът *Аспарух Иванов* благодарение на много добра си теоретична подготовка, умее да формулира и критично да анализира, както и да решава самостоятелно сложни научни и практически задачи, като използва съвременни методи и средства за изследване и експериментиране.

От представената справка се вижда, че докторантът покрива МНИ за ПН 5.1. „Машинно инженерство“ при минимален брой точки 80 за групи А и Г, той събира 134 точки, с тежест от група Г7 и Г8.

На основание на дефинираните приноси, както и усвоените и приложени от докторанта съвременни методи за изследване, правилно и коректно изведените експерименти, направените обобщения и изводи, **СЧИТАМ**, че представеният дисертационен труд отговаря на изискванията на Закона за развитие на академичния състав в Република България, Правилника за прилагане на закона и съответния Правилник на Технически университет-Варна за неговото приложение, което ми дава основание да го оценя **ПОЛОЖИТЕЛНО**.

Като изхождам от актуалността, достоверността и значимостта на дисертационния труд за науката и практиката, личните ми впечатления за автора и неговите приноси **ПРЕДЛАГАМ** на **УВАЖАЕМОТО НАУЧНО ЖУРИ** да присъди на **инж. АСПАРУХ ИВАНОВ АТАНАСОВ** образователната и научна степен **“доктор”** по професионално направление 5.1 „Машинно инженерство“, докторска програма „Приложна механика“.

31.01.2024 г.

Рецензент:

/проф. д-р инж. Б. Борисов/