

**СТАНОВИЩЕ**  
**за дисертационен труд за присъждане**  
**на образователна и научна степен „доктор“**

Област на висше образование:	4. Природни науки, математика и информатика
Професионално направление:	4.6. Информатика и компютърни науки
Докторска програма:	Информатика
Тема на дисертационния труд:	Адаптивна невронна мрежа за обработка на сателитни данни с различни пространствени и спектрални характеристики
Автор на дисертационния труд:	Венцислав Юриев Полименов
Научен ръководител:	доц. д-р Красимира Минкова Иванова
Автор на становището:	Проф. д-р Нина Христова Добринкова Институт по информационни и комуникационни технологии при БАН
На основание на:	Заповед на Директора на ИИКТ № 44/18.05.2026 г.

Становището е изготвено в съответствие с изискванията на Закона за развитие на академичния състав в Република България (ЗРАСРБ), Правилника за неговото приложение (ППЗРАСРБ) и Правилниците за условията и реда за придобиване на научни степени и заемане на академични длъжности в БАН и ИМИ-БАН, както и въз основа на Решение на Научното жури (Протокол №5/15.05.2026 г.) относно разпределение на дейностите между членовете на Научното жури по процедурата.

За процедурата са представени основните документи по докторантурата – текста на дисертационния труд с декларация за оригиналност, автореферати на български и английски език и публикациите, на които се основава дисертационния труд, заповедта за отчисляване и справка за изпълнение на минималните изисквания за придобиване на ОНС „доктор“.

#### **ОБЩО ОПИСАНИЕ НА ДИСЕРТАЦИОННИЯ ТРУД**

Дисертационният труд е разработен на английски език и съдържа 108 страници основен текст, 25 фигури, 19 таблици и библиография от 127 литературни източника.

Дисертационният труд е посветен на актуална и значима научно-приложна проблематика в областта на дистанционните изследвания на Земята, изкуствения интелект и обработката на сателитни изображения.

Обект на изследването са многоспектралните сателитни данни от различни спътникови платформи за наблюдение на земната повърхност и възможностите за тяхното съвместно използване при оценка на биофизични параметри на растителността.

Предмет на изследването са методите и моделите за автоматизирана обработка и анализ на сателитни изображения с различни пространствени и спектрални характеристики чрез използване на дълбоки невронни мрежи.

Основната цел на дисертационния труд е разработването и валидирането на адаптивна невронна мрежа, способна да обработва данни от различни сателитни сензори в единна архитектура и да осигурява надеждна оценка на индекса на листната площ (Leaf Area Index – LAI), използван като важен показател за състоянието и продуктивността на растителността.

За постигане на поставената цел авторът разработва цялостна методология за генериране на обучаващи данни, изгражда многосензорна архитектура на дълбока невронна мрежа и провежда серия от експерименти за оценка на точността, устойчивостта и възможностите за обобщаване на предложения подход.

В първа глава „Въведение (Introduction)“ е обоснована актуалността на изследването и е формулирана научната проблематика. Представени са мотивацията за разработване на унифициран подход за обработка на многоспектрални изображения от различни сателитни платформи, както и ограниченията на съществуващите методи за оценка на индекса на листната площ. Формулирани са целта, задачите, работните хипотези и основните направления на изследването. Авторът аргументира необходимостта от използването на дълбоко обучение за интегриране на данни от Sentinel-2 и Landsat 8/9 и очертава предизвикателствата, свързани с различната пространствена и спектрална резолюция на използваните данни.

Втора глава „Изследователска информация (Research Background)“ съдържа задълбочен литературен обзор на съвременните подходи за дистанционно наблюдение на растителността и оценка на биофизични параметри чрез сателитни данни. Анализирани са основните характеристики на използваните сателитни платформи и сензори, разгледани са растителните индекси, методите за атмосферна корекция и съвременните подходи за оценка на LAI. Особено внимание е отделено на развитието на методите, базирани на машинно и дълбоко обучение. Литературният обзор е добре структуриран и показва отлично познаване на състоянието на научната област.

В трета глава „Методология (Methodology)“ е представена разработената от автора методология за многосензорна оценка на LAI. Описан е процесът за генериране на обучаващи данни чрез комбиниране на различни растителни индекси, изградена е цялостна верига за обработка на данните и е предложена оригинална архитектура на адаптивна невронна мрежа ANNSIA, базирана на U-Net, Conditional Batch Normalization и Atrous Spatial Pyramid Pooling. Подробно са разгледани стратегиите за подготовка на данните, нормализация, обучение и валидиране на модела. Съществен принос представлява предложеният подход за балансиране на данните от различни сензори, който позволява стабилно обучение и предотвратява доминирането на по-големите набори от данни.

В четвърта глава „Експерименти и резултати (Experiments and Results)“ са представени експерименталните изследвания и получените резултати. Извършена е пространствено коректна валидация чрез използване на географски блокове, което позволява реалистична оценка на възможностите за обобщаване на модела. Проведени са сравнителни експерименти между едносензорни и многосензорни модели, анализирано е влиянието на отделните

спектрални канали и е оценена способността на модела за пренос към нови географски райони и различни времеви периоди. Получените резултати демонстрират висока точност на предложения подход и потвърждават ефективността на многосензорното обучение.

В пета глава „Заключения (Conclusions)“ са обобщени основните научни резултати и приноси на дисертационния труд. Анализирани са предимствата и ограниченията на предложения подход, формулирани са насоки за бъдещи изследвания и възможности за разширяване на модела към други биофизични показатели и допълнителни източници на данни. Представените изводи са логически обосновани и произтичат пряко от проведените изследвания и експериментални резултати.

Дисертационният труд е оригинален и самостоятелно разработен от автора. Използваните източници са коректно цитирани.

## **ОЦЕНКА ЗА АВТОРЕФЕРАТА КЪМ ДИСЕРТАЦИОННИЯ ТРУД**

Авторефератът е представен на български и на английски език, съгласно изискванията на Закона. Той адекватно отразява основните цели, методи и резултати на изследването. Предоставя достатъчно информация за разбиране на значимостта на разработката и успешно обобщава ключовите приноси на автора.

## **ПРИНОСИ НА ДИСЕРТАЦИОННИЯ ТРУД**

Основните приноси на дисертационния труд могат да бъдат класифицирани както следва:

### **Научни приноси:**

1. Разработен е мулти-сензорен модел за дълбоко самообучение, интегриращ U-Net, Conditional Batch Normalization и Atrous Spatial Pyramid Pooling в единна архитектура за сензорно-инвариантно обучение без предварително уеднаквяване на входните данни. Подходът е валидиран със Sentinel-2 и Landsat 8/9 при оценка на индекса на листна маса (LAI).
2. Предложен е метод за балансиране на обучението при мултисензорни данни чрез аугментация и изравняване на участието на отделните сензори в рамките на обучителните епохи. Идентифициран е режим на деградация при дисбаланс в броя обучителни примери, при който мажоритарният сензор доминира и ограничава междусензорната обобщаваща способност. Балансирането на участието на сензорите осигурява стабилна работа на Conditional Batch Normalization и сензорно-инвариантно обучение при неравномерно разпределени данни.
3. Разработена е методология за генериране на псевдо-еталонни LAI данни чрез ансамблово комбиниране на Beer-Lambert трансформирани вегетационни индекси (NDVI, GNDVI и SAVI). Избраните индекси осигуряват допълваща чувствителност към плътността на растителната покривка, съдържанието на хлорофил и почвения фон, като същевременно са сензорно-агностични спрямо Sentinel-2 и Landsat 8/9. Подходът позволява обучение на дълбоки невронни модели при липса на мащабни полеви измервания.
4. Предложена е многостепенна рамка за валидация на модели за оценка на LAI при кръговост в обучителните етикети, базирани на вегетационни индекси. Рамката

интегрира пет нива: (1) пространствена блокова кръстосана валидация върху 4×4 географска мрежа, (2) сравнение с оперативни продукти (SNAP Biophysical Processor), (3) физически базирана проверка чрез PROSAIL, (4) анализ на географска и времева преносимост чрез zero-shot трансфер и междусензорна съгласуваност, (5) сравнителен анализ спрямо емпирични вегетационни индекси 40 и техния ансамбъл. Подходът осигурява възпроизводим протокол за валидация без пространствено изтичане на данни, оценяващ статистическата устойчивост, физическата съгласуваност и пространствено-времевата генерализация.

#### **Научно-приложни приноси:**

1. Реализирана е цялостна методология за оценка на индекса на листна маса (LAI) от мулти-сензорни сателитни данни върху земеделски райони в България, базирана на свободно достъпни изображения от Sentinel-2 и Landsat 8/9.
2. Експериментално е доказано, че предложеният мулти-сензорен модел превъзхожда едносензорните подходи и класическите вегетационни индекси, като при пространствено строга валидация са постигнати значителни подобрения на точността при оценката на LAI.
3. Демонстрирана е възможност за географска и времева генерализация на предложения модел чрез успешно прилагане върху независими региони и изображения, придобити в различни периоди без допълнително обучаване.

#### **Приложен принос:**

1. Разработена е интегрирана изчислителна рамка за обработка на многоспектрални сателитни изображения, обучение на дълбоки невронни модели и генериране на пълноценни карти на LAI върху високопроизводителна инфраструктура. Извеждането на резултати от цели сцени се осъществява чрез плъзгащ се прозорец с безшевно сливане на припокриващи се фрагменти, което осигурява непрекъснати изходни карти за ландшафтен мониторинг.

#### **ПУБЛИКАЦИИ И ДРУГИ ДЕЙНОСТИ, СВЪРЗАНИ С ТЕМАТА НА ДИСЕРТАЦИОННИЯ ТРУД**

**Венцислав Полименов** представя три публикации, свързани с темата на дисертацията, като две от тях са в съавторство с научния ръководител. Трите статии са видими в Скопус, като статията в международната конференция SGEM2024 има и  $SRJ(2025) = 0,141$ , с което са изпълнени минималните изисквания на ППЗРАСРБ за придобиване на ОНС „доктор“. Публикациите отразяват съществени елементи от изследванията по дисертацията.

Трите публикации са били представени на съответните международни конференции, с което представените резултати са получили и видимост сред по-широка експертна общност. Публикацията „Remote Sensing for Smart Agriculture Monitoring Pepper Crops“ има и две цитирания видими в Скопус платформата.

#### **БЕЛЕЖКИ КЪМ ДИСЕРТАЦИОННИЯ ТРУД**

Дисертационният труд е разработен на високо научно ниво и съдържа значителен обем теоретични и експериментални изследвания. Като препоръка за бъдещо развитие може да се посочи необходимостта от разширяване на експерименталната валидация чрез използване на по-голям обем теренни измервания на LAI, което би позволило допълнително потвърждаване

на абсолютната точност на предложения модел. Също така представлява интерес разширяването на подхода към допълнителни биофизични показатели и включването на други типове дистанционни данни.

Посочените бележки не намаляват стойността на получените научни резултати и не поставят под съмнение качествата на дисертационния труд.

## **ЗАКЛЮЧЕНИЕ**

Дисертационният труд отговаря на изискванията на Закона за развитие на академичния състав в Република България (ЗРАСРБ), Правилника за прилагане на ЗРАСРБ (ППЗРАСРБ), Правилника за условията и реда за придобиване на научни степени и заемане на академични длъжности в БАН и Правилника за специфичните условия за придобиване на научни степени и заемане на академични длъжности в ИМИ за придобиване на образователна и научна степен „доктор“ в професионално направление 4.6. Информатика и компютърни науки, специалност „Информатика“. **Венцислав Полименов** притежава теоретични познания и професионални умения за извършване на самостоятелни научни изследвания.

Давам своята положителна оценка на представения дисертационен труд и предлагам на Уважаемото научно жури да присъди на **Венцислав Юриев Полименов** образователната и научна степен „доктор“ в област на висше образование 4. Природни науки, математика и информатика; професионално направление 4.6. Информатика и компютърни науки; докторска програма „Информатика“.

25.06.2026 г.

гр. София

Подпис:

проф. д-р Нина Добринкова