



РЕЦЕНЗИЯ

върху

дисертационен труд за придобиване на образователната и научна степен "Доктор", в област на висше образование 4. „Природни науки, математика и информатика“, професионално направление 4.4. „Науки за Земята“, научна специалност „Дистанционни изследвания на Земята и планетите“

Автор на дисертационния труд: Иван Иванов Стоев, докторант към Институт за космически изследвания и технологии, Българска академия на науките

Тема на дисертационния труд: "ИЗПОЛЗВАНЕ НА МЕТОДИ НА МАШИННОТО САМООБУЧЕНИЕ ЗА АНАЛИЗ НА ОТДЕЛНИ ХАРАКТЕРИСТИКИ НА СРЕДАТА С ИЗПОЛЗВАНЕ НА АЕРОКОСМИЧЕСКИ ИЗОБРАЖЕНИЯ"

Рецензент: доц. д-р инж. Венцеслав Никифоров Димитров, Институт за космически изследвания и технологии към Българска академия на науките, секция "Системи за дистанционни изследвания"

Основание за изготвяне на рецензията

Настоящата рецензия е съставена на основание решение от Първото заседание на Научното жури, назначено съгласно заповед №63 / 19.06.2026 г. на Директора на ИКИТ-БАН, състояло се на 09.07.2026 г. Заповедта е издадена на основание чл. 4 на Закона за развитие на академичния състав в Република България, чл. 30 от Правилника за неговото прилагане и чл. 6 от Правилника за условията и реда за придобиване на научни степени и за заемане на академични длъжности в БАН и съгласно решение на Научния съвет на ИКИТ-БАН (протокол №39/29.05.2026 г.).

Общи сведения за процедурата

Магистър Иван Стоев е зачислен в задочна форма на обучение на 01.01.2020 г. със заповед на Директора на ИКИТ-БАН № 12 от 24.01.2020 г. в секция Аерокосмическа информация. Изпълнил е следните дейности от утвърдената образователна и научна програма и е събрал следните кредити: 1. Изпълнена образователна програма, като е събрал 130 точки от изисквани 130 точки; 2. Аprobация на изпълнението на научна програма - събрани 376 точки, при задължителен минимум от 40 точки; 3. Публикации на научни резултати по темата на дисертацията - събрани 30 точки при изисквани 30 точки. Общата оценка на докторанта е 546 кредитни точки. Дисертацията е обсъдена и е предложено решение за отчисляване на докторанта с право на защита на разширен научен семинар на направление „Дистанционни изследвания“ към ИКИТ-БАН, на 26.05.2026 г. Решението за избор на научно жури и откриване на процедура по защита е взето на заседание на Научния съвет на ИКИТ-БАН на 29.05.2026 г. (Протокол №39).

Актуалност и значимост на темата

Темата на дисертацията е интересна и актуална. Безпрецедентните обеми от сателитни данни и напредъкът в изкуствения интелект в наши дни превръща сферата на машинното самообучение в особено важна за такива основни области, като икономика, сигурност, опазване на околната среда. Стремителният ръст на обемите от данни от сателитни изображения води до невъзможност за ръчен анализ в реално време и машинното самообучение е единственият начин за справяне с проблема. От друга страна, анализът и мониторингът на градските зелени зони чрез сателитни изображения и методи за машинно самообучение се намира в технологичен възход. В тази връзка, използването на модели на машинното обучение и изкуствени невронни мрежи, и в частност, конволюционни невронни мрежи с трансферно обучение, с вход от многоканални сателитни изображения за изследване на обекти от градската среда, е особено актуално.

Предмет и обект на изследването

Предмет на изследването са методите за автоматизирана обработка, класификация и количествен анализ на многоканални сателитни изображения, респективно, комбинирано прилагане на спектрални индекси и модели на изкуствен интелект. Обект на изследването е градската среда на град София, България, в нейното представяне чрез серия от разновременни сателитни изображения от Sentinel-2. Територията на изследването е дефинирана чрез полигон, включващ град София и прилежащи градски зони, като анализът се извършва в два пространствени обхвата: целият полигон и само в строителната граница на град София.

Цел и задачи на дисертацията

Целта на дисертацията е формулирана ясно, визирайки разработване, прилагане и оценяване на методология за автоматизирана количествена оценка на растителното покритие в жилищни градски територии чрез анализ на геореферирани многоканални и разновременни сателитни изображения от спътниците Sentinel-2. Получената количествена оценка за степента на озеленяване се разглежда като индикатор за качеството на жилищната градска среда. За постигане на целта дисертантът си е поставил девет задачи, които са ясно и достатъчно подробно формулирани и обезпечават нейното реализиране.

Съответствие на метода на изследване на целта на дисертацията

Методите на изследване са описани в двете самостоятелни глави „Съвременно състояние на проблема“ и „Методология“. Визираната в целта на дисертацията методология, се основава на комбинация от два типа анализ – семантичен анализ на земното покритие и спектрален анализ на базата на NDVI. Първият се реализира чрез конволюционна невронна мрежа и трансферно обучение. Чрез втория се определят пикселите с растителност във вече идентифицираните жилищни градски територии. Въпросните два типа анализ се прилагат и при работата с тестовите данни в рамките на самото изследване.

Друг момент, свързан с метода на изследване, е използване на подход за последователно пространствено ограничаване на зоната на интерес в сателитното изображение, като първо се определят териториите, принадлежащи към жилищната градска среда, а после, само в тях, се определя растителното покритие.

Следващ въпрос, подложен на решаване в изследването, е във връзка с използването на подход, базиран на пространствени подобласти – квадратни неприпокриващи се фрагменти, на които се разделят входните Sentinel-2 изображения. Работата с подобласти е наложена във връзка с използването на обучителен набор EuroSAT. За обосноваването на въпросния подход дисертантът е използвал емпиричен изследователски метод във вид на експериментална проверка (два експеримента), с използването на дълбок конволюционен модел EfficientNetV2L. Освен необходимия теоретичен и приложен инструментариум за изследването, дисертантът е описал подробно и източниците на данни.

Степен на познаване на състоянието на проблема

Дисертантът познава много добре проблема, което се демонстрира и потвърждава преди всичко от Първа глава. За същото свидетелства и прегледът на заглавията от списъка с цитираната литература, ефективно използвани в литературния обзор и в останалите глави. Сред цитираните имена са включени разработки и на други докторанти и учени от ИКИТ.

Обща характеристика на дисертационния труд

Дисертационният труд, представен за рецензиране има общ обем от 140 страници и съдържа 31 фигури, 12 таблици. Списъкът на литературата съдържа 113 заглавия (111 на латиница и 2 на кирилица). В началото на текста на дисертацията е приложен списък със съкращенията, което допринася за лесното четене и възприемане на текста. Текстът на дисертацията е структуриран в следните раздели: „Въведение“, „Цел на изследването“, „Предмет на изследването“, „Обект на изследването“, четири глави, „Приноси на дисертационния труд“, „Публикации по темата на Дисертацията“, „Литература“. Всъщност, четвърта глава не я приемам като такава, защото се състои от единствен раздел „Заклучение“.

Първа глава е озаглавена „Съвременно състояние на проблема“. Представянето е достатъчно подробно, пълно и обхваща, както класическите методи за обработка на изображения, така и съвременните подходи, базирани на машинно обучение и изкуствени невронни мрежи. Фокусът е върху приложението на невронните мрежи в дистанционните изследвания, насочено към оценка на характеристики на градската среда. Разгледани са основни теми, като методи за обработка на изображения, модели на невронни мрежи за обработка на изображения, теорема за универсална апроксимация и обучителни съвкупности. Всяка от темите е детайлизирана до съставните ѝ части, като във всеки от случаите е акцентирано върху приложението им по темата на дисертацията.

При представянето на елементи от теорията на изкуствените невронни мрежи, авторът е отделил особено внимание на теоремата за универсална апроксимация, математически е формулирал идея на нейното доказателство и е описал последователност от стъпки, които е нарекъл „скица на доказателството“. Теоремата е основна теоретична постановка, обосноваваща способността на изкуствените невронни мрежи да моделират сложни зависимости, влизащи в ролята на универсални апроксиматори.

Като недостатък на описанието на съвременното състояние на проблема в тази обзорна първа глава трябва да споменем, че не достига изразен в явна форма критичен анализ на сходни изследвания по проблема.

Втора глава е посветена на разработване на методологията за извличане и количествена оценка на растителното покритие в жилищни градски територии чрез използване на многоканални сателитни изображения от Sentinel-2, конволюционни невронни мрежи и спектрални индекси.

Разгледан е въпросът, свързан с избора на модел EfficientNetV2L - дълбок конволюционен модел с голям брой параметри. Той е използван в експеримент, в който са сравнени две основни конфигурации: 1. EfficientNetV2L, обучен върху EuroSAT без предварително обучени тегла; 2. EfficientNetV2L с предварително обучени тегла върху ImageNet/ILSVRC-2012 и последваща фина настройка, като моделът от втората конфигурация показва значително по-висока точност. По-нататък, в Глава 2 са представени проверка на модела върху реално сателитно изображение и определяне на разпространението на растителността чрез NDVI. Разработени са Метод 1, „Класификация на подобласти и оценка чрез NDVI“ и Метод 2, „Усъвършенстване чрез градиентно-базирана значимост“.

Анализите и резултатите от изследването дисертантът представя в Глава 3. Те са следствие от прилагането на разработената методология за оценка на растителното покритие в жилищни градски територии върху осем сцени от Sentinel-2, заснети през периода 2016–2023 г. резултатите са представени в две групи, съгласно прилагането на двата разработени метода, споменати по-горе. За всеки метод резултатите са групирани по териториален обхват - за цялата област на проучването и за строителната граница на град София. Онагледяването е чрез представяне в табличен вид, картосхеми и графики. Изводът за Метод 1 е, че той дава стабилна основа за количествена оценка на разпространението на растителността в жилищните територии, позволява да се проследят различията по години и между пространствените обхвати. Метод 2 въвежда пространствено усъвършенстване чрез градиентно-базирана карта на значимостта, като идентифицираната жилищна площ е значително по-малка в сравнение с Метод 1. Авторът подчертава, че това не трябва да се интерпретира като грешка, а като резултат от различната логика на метода, който осигурява по-прецизна маска на жилищните зони. В допълнение към така споменатите резултати, дисертантът прави сравнение между оценките, получени чрез двата метода – 1 и 2. Това сравнение показва, че двата подхода предоставят различни, но взаимно допълващи

се оценки на растителността в жилищни градски територии. Метод 1 е по-обхванен и подходящ за цели жилищни подобласти. Метод 2 е по-селективен и позволява пространствено уточняване чрез градиентно-базирана карта на значимост.

Като цяло, представянето на резултатите в дисертационния труд е логически обосновано, аналитично и подкрепено със съответни обяснения, таблици и фигури.

Автореферат

Авторефератът е с обем 40 страници, съдържа 31 фигури и 11 таблици и представя вярно структурата и съдържанието на дисертацията по глави, както и приносите на дисертанта. Известно неудобство се създава от положението, че в автореферата са оставени всички фигури от дисертацията, при значително съкратен текст, без да има позоваване на повечето от тях.

Оценка на публикациите

Авторът на дисертационния труд е представил списък с пет публикации, отразяващи резултатите от изследванията по дисертацията, като всички са в съавторство. Всички са отпечатани в пълен текст доклади, два изнесени на годишна научна университетска конференция, а три – на международни научни конференции. Отбелязвам, че нямам общи публикации с дисертанта, както и не съм свързано с него лице по смисъла на параграф 1, т. 5 от Допълнителните разпоредби на ЗРАСРБ.

Оценка на приносите

Дисертантът е формулирал пет приноса, които отразяват реалистично постигнатите в работата по дисертацията резултати и приемам, че те се отнасят до получаване на нови и потвърждаване на съществуващи факти и данни. Считам, че приносите имат научно-приложен характер и че са лично дело на докторанта. Изказвам мнение относно принос 5, касаещ разработения специализиран софтуерен инструмент: макар, че за него в текста на дисертацията се споменава на три места, щеше да е добре, софтуерът да бе описан в един отделен подраздел.

Критични бележки

Текстът на дисертацията, като цяло, е написан на добър научен стил, формализираните математически представяния придават приятна строгост и стегнатост на изложението. Могат да бъдат направени и някои забележки:

1. По съдържанието на изложението, коментираните вече: (а) недостатъчност на критичния анализ на сходни изследвания по проблема и (б) изказаната препоръка относно описанието на софтуера.

2. По оформянето на текста. В блок схемата на методологията, фигура 8, надписите изцяло не се четат, като фигурата не е съпроводена с описателен текст. Не се четат надписите и на много от другите фигури. Срещат се пропуски в някои от формулите – в индексите и др., KL дивергенцията е използвана без описание.

3. Терминологични. Среща се директен превод от чужди езици и недостатъчно добро съобразяване с установената и утвърдила се терминология на български език.

Заклучение

Считам, че представеният дисертационен труд "Използване на методи на машинното самообучение за анализ на отделни характеристики на средата с използване на аерокосмически изображения" е оригинално изследване, в което поставената цел и задачи са постигнати. Давам положителна оценка на резултатите от разработката и ще гласувам ПОЛОЖИТЕЛНО. Предлагам на членовете на уважаемото научно жури да гласуват за присъждане на Иван Иванов Стоев образователната и научна степен „Доктор“ по професионално направление 4.4. „Науки за Земята“ (научна специалност „Дистанционни изследвания на Земята и планетите“).

Рецензент:



14.09.2026 г.

доц. д-р Венцеслав Димитров

