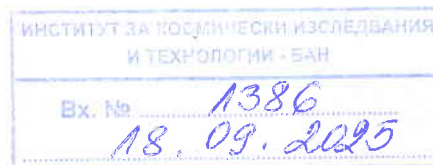


РЕЦЕНЗИЯ

върху



дисертационен труд за придобиване на образователната и научна степен “Доктор”,
съгласно заповед № 82 от 06.08.2025г за състав на научно жури на директора на ИКИТ
при БАН и протокол на Научното жури №1 от 021.08.2025г.

Автор на дисертационния труд: Елица Димитрова Узунова

Тема на дисертационния труд: **“Изследване на градската зеленина в урбанизирани територии и антропогенното влияние върху нея чрез аерокосмически технологии”**
по професионално направление 4.4. Науки за Земята”, научна специалност
„Дистанционни изследвания на Земята и планетите”.

Рецензент: проф. д-р инж. Никола Вичев Колев, доктор на науките,
София-1408, ул. Балша, 38, вх.А, ап.4

1. Актуалност на разработвания в дисертационния труд проблем в научно и научно-приложно отношение:

Актуалността на темата е безспорна, защото на сегашния етап от развитието на мониторинга за състоянието на земните ресурси и специално, на градските зелени площи чрез космически и наземни средства, са нужни формирана методология и стъпки за оценка на състоянието им, което се предлага в дисертацията.

Градските зелени площи играят ключова роля за регулиране на микроклимата, пречистване на въздуха, съхраняване на биоразнообразието. Наличието и равномерното разпределение на зелени пространства в рамките на града пряко влияят върху обществото. Съвременните сателитни технологии и Географски информационни системи (GIS), съчетани със спектрална класификация с обучение, базирана на знания, предоставят възможност за разработване на иновативни инструменти за пространствен и времеви мониторинг, които да подпомогнат устойчивото развитие на градската среда.

2. Поставена основна цел и задачи:

Основна цел на дисертационния труд е да се разработи, приложи и валидира интегрирана методика за многогодишен мониторинг и анализ на градските зелени площи за територията на гр. София.

Поставени са обобщено от мене, за решаване следните задачи:

1. Избор от сателитни изображения от Sentinel-2 (Level-2A), регистрирани в периода 2016–2023 г., в условия на максимална вегетация и малка по обем облачност;
2. Избор на подходящ метод въз основа на количествени показатели за точност на три алгоритъма за класификация с обучение на земното покритие — Spectral Angle Mapper (SAM), Maximum Likelihood (MLike) и Minimum Distance (MD);
3. Избор на алгоритъм към всяко изображение от създадения набор при използване на идентична класификационна схема;
4. Приложение на пространствена филтрация чрез CLC-маска върху получените данни с цел изключване на индустриални зони, пътища и др. и насочване на анализа към функционално значимата зелена инфраструктура;
5. Количествен анализ на типовете земно покритие (зеленина, застрояване, почва, вода) за да се трансформират резултатите от пикселни стойности в площи (km²).
6. Формулиране на обобщени изводи относно тенденциите в състоянието и развитието на градските зелени площи в София за разглеждания период, относно ефективността, устойчивостта и приложимостта на предложената методика за мониторинг на урбанизирана среда.

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

Прегледът на списъка на използваната литература, включваща 111 заглавия, от които 7 на кирилица, показва, че дисертантката познава концептуални разработки в областта на обработката на данни от мониторинг на земните ресурси, от картографията и др. такива. В списъка с цитирани имена са включени и разработки на други учени от ИКИТ и България.

4. Съответствие на избраната методика на изследване с поставените цел и задачи на дисертационния труд:

Обект на разработката са градските зелени площи на град София в рамките на урбанизираната територия, които са подложени на интензивни урбанистични въздействия.

В дисертацията не се представя само една методика на изследване, а се развива методологията на използването на разнородни средства за измерване, наблюдение и регистрация на територии в рамките на София, което аз подкрепям.

Настоящото изследване прилага интегриран методичен подход, основан на използването на мултиспектрални данни от дистанционни изследвания, включително геоинформационни технологии, целящо анализ на времевата динамика на зелената инфраструктура в урбанизирана среда. В основата на анализа са мултиспектрални сателитни изображения от мисията Sentinel-2, избрани по следните два критерия: вегетационен пик на растителността (юли–август) и облачно покритие (по-малко от 10%). Пространственият обхват на изследването е дефиниран чрез официалната строителна граница на град София, на основата на документация, предоставена от Столична община. Тази граница е използвана като пространствена маска, позволяваща класификацията да се съсредоточи върху реално застроените и функционално свързани територии.

Предложената методология цели да отговори на актуалната нужда от системен мониторинг на градската екологична среда, като използва доказани технологични решения и адаптивни аналитични техники за проследяване на пространствено-времеви изменения в околната среда. Дисертантката обръща особено внимание на получаването на надеждни сателитни данни, което представлява основополагащ етап при оценката на градските зелени площи.

Като основен източник в настоящото изследване са използвани мултиспектрални изображения от Sentinel 2, които предоставят систематични и детайлни пространствени данни за земното покритие с висока точност, което ги прави подходящи за урбанизирани среди.

Дисертантката прави извод, че за регистрирането на зелените площи, количествената им оценка и честотата на регистрация е най-удачно да се използват данни за оптичните характеристики на средата.

За целта на настоящото изследване Узунова си е поставила задача да се проследи динамиката на зелените площи в урбанизираната среда, като анализът се базира на използването на спътникови данни, данни от безпилотни летателни апарати и от наземни портативни измервателни устройства и системи, в различни спектрални диапазони, с цел обективна оценка на измененията в пространствено-временен аспект.

Оценявам положително методичния подход на Узунова, защото той позволява да се натрупат знания и опит в съвместното използване на космическите технологии и наземните данни, получени от агро- и биофизични *in situ* измервания.

5. Кратка аналитична характеристика на дисертационния труд:

Приемам, че дисертационният труд е добре написан, развит е в увод, три глави и заключение и отговаря на изискванията на Закона за развитие на академичния състав в Р. България и Правилника към него, както и на Правилника на БАН за дисертация за образователната и научна степен «Доктор».

Първа глава включва обзор на съвременните тенденции в урбанизацията на градската среда, включително на зелените ѝ площи. Урбанизацията е многостранен процес, включващ териториални, икономически, социални и културни трансформации в средата. В края на първа глава се извежда целта на разработката и задачите, необходими за решаването, с което да се постигне целта на изследването.

Дисертантката подчертава информационната достоверност и пространственият обхват на наблюдаваните обекти в териториалната общност на София и необходимите средства за получаване на пространствени данни.

В края на главата тя обосновава целта на разработката и формулира 6 задачи, които са ясни и конкретни и изпълнението на които очаквано ще доведе до успешна разработка на темата.

Във втора глава на дисертацията, „Мегодика на изследването“ се обосновава прилагането на интегриран подход, основан на използването на мултиспектрални данни от дистанционни изследвания, геоинформационни технологии, целящ анализ на времевата динамика на зелената инфраструктура в урбанизирана среда. В основата на анализа са мултиспектрални сателитни изображения от мисията Sentinel-2, избрани по следните два критерия — вегетационен пик на растителността (юли–август) и облачно покритие (по-малко от 10%) — за всяка година в периода 2016–2023 г

Получаването на надеждни сателитни данни от дистанционни изследвания представлява основополагащ етап при оценката на градските зелени площи. Като основен източник в настоящото изследване са използвани мултиспектрални изображения от Sentinel 2, които предоставят систематични и детайлни пространствени данни за земното покритие с висока точност, което ги прави подходящи за урбанизирани среди

Дисертантката е използвана алгоритъма SAM, който представлява метод за спектрална класификация, базиран на знания, използващ спектрална близост между пикселите и предварително ръчно дефинирани еталонни спектри, извлечени от Sentinel-2. Урбанизираните зелени площи (UGS) са основен компонент в настоящото изследване поради тяхната ключова функция в осигуряването на екосистемни услуги,

включително регулиране на микроклимата, което допринася за устойчивостта на градската среда

Методически правилно са избрани обекти в градската среда на София, аерокосмическите средства за регистриране на данни и на данни от безпилотни летателни апарати (БЛА) и теренни наблюдения. Тези източници минимизират влиянието на субективни фактори при изготвянето на прогнози за състоянието на зелените площи. Узунова констатира, че аерокосмическите методи, технически средства и технологии имат пряко отношение при изучаване на състоянието на околната среда и специално за развитието на тези площи. Тя прави извод, че комбинирането на данни от различни източници силно разширява кръга от данни, които могат да бъдат полезни за целите на изследването.

В тази глава е представена използваната методика за събиране на данни от космическите и наземни източници, което за мене е приносен елемент на дисертацията.

Дисертантката посочва, че районът на изследване е ограничен в рамките на официалната строителна граница на град София, с обща площ приблизително 190 km², определена съгласно Общия устройствен план (ОУП, 2019).

Класификацията на земното покритие е извършена чрез алгоритъма SAM, избран поради неговата устойчивост спрямо вариации в осветеността, способността му да обработва мултиспектрални данни и високата точност при разграничаване на класове със сходни отражателни характеристики. Преди процеса на класификация е приложена пространствена маска, базирана на селектирани класове от CLC, с цел елиминиране на територии, които нямат отношение към обектите на изследване, като индустриални зони, транспортни коридори и други.

В глава 3 „Резултати и анализ на резултатите от изследването” най-напред е представена класификацията на земното покритие. Тя е сведена до четири основни класа: зеленина, застрояване, почва и водни повърхности. За всеки от тези класове са изчислени площите заети от тях. Анализираният период от 2016 до 2023 г. обхваща едни от най-интензивните години на трансформация на градската среда, които са белязани от динамично застрояване, мащабни инфраструктурни проекти, въздействия на климата в рамките на града. Дисертантката е избрала всеки пиксел от сателитно изображение с ПРС 10 m да представлява реална площ от 100 m². Тази връзка между броя на пикселите и съответстващата им площ позволява прецизно изчисление на

размера на всеки клас земно покритие, идентифициран чрез класификация. По този начин могат да се оценят и сравняват пространствените характеристики на урбанизираната среда за различни години.

Дисертантката приема, че при спътникови данни за да бъде пространствено различим, обектът следва да заема поне 3x3 пиксела от изображението. Това ограничение се налага от факта, че един или два пиксела могат да бъдат възприети като случаен шум или дефект. Тази връзка между броя на пикселите и съответстващата им площ позволява прецизно изчисление на размера на всеки клас земно покритие, идентифициран чрез класификацията.

Дисертантката отбелязва, че въз основа на получените резултати наблюдаваните процеси на урбанизация довеждат до увеличаване площите на клас застрояване. През 2016 г. те обхващат около 80,2 млн. пиксела (приблизително 8,02 km²), като до 2023 г. достигат 89,3 млн. пиксела ($\approx 8,93$ km²), което представлява относително увеличение от над 11% в рамките на разглеждания период. Тази тенденция свидетелства за прогресивна трансформация на клас зеленина/почва в клас застрояване. Това се реализира, както чрез разширяване на застрояването, така и чрез развитие на транспортната и инженерната инфраструктура, особено в периферните и преходните градски зони, където се наблюдава значителна трансформация в земеползването.

В заключението са включени обосновани изводи, че комбинирането на данни от различни източници силно разширява кръга от явления, които могат да бъдат изследвани с тяхна помощ.

6. Научни и научно-приложни приноси на дисертационния труд:

Подкрепям формулираните в дисертационния труд приноси и приемам, че те се отнасят до получаване на нови и потвърждаващи съществуващи факти и данни, и имат значение за аерокосмическите изследвания и околната среда като са с характер на научни и научно-приложни. Обобщено от мене те са:

Научни:

1. Създадена е и приложена методика за времева оценка на градски зелени площи и земно покритие в урбанизирана среда, базирана на алгоритъма Spectral Angle Mapper върху мултиспектрални изображения от Sentinel-2 за периода 2016–2023 г.

2. Разработен е оперативен аналитичен протокол в QGIS, включващ класификация, статистическа обработка и визуализация, с пряко приложение в устойчивото градско планиране и мониторинга на градската среда.

Научно-приложни:

3. Извършено е пространствено филтриране посредством маска, извлечена от CLC, което елиминира неприложимите за изследването зони в строителната граница на град София (напр. индустриални, транспортни, сметища и др.) и също така повишава тематичната точност на последващия анализ на резултатите от класификацията.

4. Методиката е лесно възпроизводима и може да бъде приложена за всеки град в България и Европейския съюз, благодарение на използването на свободно достъпни данни от разнообразни източници и софтуерни продукти с отворен код.

7. Преценка на публикациите по дисертационния труд:

Запознах се с публикациите по дисертацията, които са 5 на брой, публикувани основно през последните пет години и представляват по същество основни моменти от разработките по дисертацията.

Приемам, че резултатите, включени в тях обхващат основни части на дисертационния труд. Всички те са включени в сборници от национални и международни научни конференции „Космос, сигурност, екология” организирани от Института за космически изследвания и технологии и са издадени в сборници. Това е основание да се приеме, че научната общност познава и приема резултатите от разработките по дисертацията.

Авторефератът отразява съдържанието на дисертацията и подчертава приносните ѝ елементи.

Не съм констатирал по законоустановения ред, съгласно Чл. 24, ал.5 от ЗРАСРБ, плагиатство в публикациите и дисертацията

Нямам общи публикации и участия в съвместни проекти с автора на дисертацията.

8. Оценка на степента на личното участие на дисертанта в приносите:

Приемам, че дисертантката е участвала активно в дейностите по разработките, което се вижда от публикациите по дисертацията, в една от които тя е на първо място.

В образователно отношение Елица Узунова е усвоила редица методики на разпознаване на земни обекти по спътникови изображения, и по наземни наблюдения и измервания за характеризирание на зелените площи на земните обекти. Отлично се е представила и в планираните изпити по индивидуалния план от докторанската програма.

Елица Узунова е завършила магистърска програма на Университета за национално и световно топанство. Редовен докторант е била на Института за космически изследвания и технологии. Материалите по докторантурата ѝ съдържат заповед за записване в докторантура, отлични оценки от изпитните протоколи и заповед за отчисляване от докторантура с право на защита.

9. Значимост и използване на резултатите от дисертационния труд в научната и социалната практика:

Натрупаният опит в оценката на спътникови изображения на земните ресурси, в разпознаването на зелените площи на София, както и оценката на състоянието на основни компоненти на околната среда чрез използване на ГИС технологиите е полезен за науката и практиката. Той позволява на дисертантката да предложи на експертите по околна среда да използват данни и изображения за вземане на важни за обществото управленски решения.

От анализа на приносите по дисертационния труд може да се направи извод, че дисертантката е постигнала необходимите резултати и решила задачите по дисертацията и решенията ѝ имат стойност в областта на обработката на данни отсателити и в екологията. Постигнатото с дисертацията представлява полезна стъпка за участието ни в Европейската програма за мониторинг на Земята „Коперникус”.

10. Оценка на съответствието на автореферата с изискванията за изготвянето му:

Прочетох внимателно автореферата и приемам, че той отразява коректно всички части на дисертацията и дава представа за същността на разработката.

11. Мнения, препоръки и бележки:

1. Срещат се правописни грешки в текста на дисертацията и на автореферата и неточни изрази.
2. Препоръка: Дисертационният труд е полезен и за практиката на околната среда, и дисертантката има качества да стане експерт по Европейската програма за мониторинг на Земята КОПЕРНИКУС – в дейностите за използване на данни от фамилията френски сателити „Сентинел” за наблюдение на земните ресурси.

12. Заключение:

Давам положителна оценка на резултатите от разработката на дисертационния труд на Елица Димитрова Узунова на тема ““Изследване на градската зеленина в урбанизирани територии и антропогенното влияние върху нея чрез аерокосмически технологии” по професионално направление 4.4. Науки за Земята”, научна специалност „Дистанционни изследвания на Земята и планетите”. Тематиката на труда е актуална, той е написан качествено с достатъчно статистически данни и резултати, и с приноси елементи и затова като подкрепям труда предлагам на Научното жури за защита на дисертацията, назначено със заповед № 62 от 06.08.2025г на Директора на Института за космически изследвания и технологии при Българската академия на науките, да присъди на Елица Димитрова Узунова образователната и научна степен “Доктор”.

Рецензент:

проф. д-р инж. Никола Вичев Колев,

доктор на науките

София

