

РЕЦЕНЗИЯ НА ДИСЕРТАЦИОНЕН ТРУД
ЗА ПРИСЪЖДАНЕ НА ОБРАЗОВАТЕЛНА И НАУЧНА СТЕПЕН „ДОКТОР“

“Integrated assessment of regulating ecosystem services in urban areas”

Рецензент: Fernando Santos Martín
Universidad Rey Juan Carlos (URJC), Madrid, Spain

Докторант: Ваня Емилова Стойчева
Национален институт по геофизика, геодезия и география, Българска академия на науките
Професионално направление 4.4. „Науки за Земята“; научна специалност „Физическа география и ландшафтознание“
Научен ръководител: проф. д-р Стоян Недков
Научен консултант: проф. Давиде Дженелети
Версия на рецензираната дисертация: 17 юни 2026

1. Обща информация за кандидата и процедурата

Дисертационният труд разглежда актуален и важен изследователски проблем: как може да се извърши интегрирана оценка на регулиращите екосистемни услуги (РЕУ) в градските райони, като същевременно се отчете силната зависимост на оценката на екосистемните услуги от наличността, качеството и пространствената разделителна способност на данните. Централният изследователски въпрос е как да се разработи методологичен подход за интегрирана оценка на градските регулиращи екосистемни услуги. Работата е фокусирана предимно върху София, България, която се използва като обект на приложение, чрез който се тестват предложените методологични разработки.

Дисертацията е структурирана около четири основни изследователски задачи: (1) идентифициране на приоритетните регулиращи екосистемни услуги и методите, използвани за тяхната оценка, моделиране и картографиране; (2) оценка на приложимостта на модели и набори от данни за оценка на екосистемните услуги в градска среда; (3) разработване на подход за оценка на търсенето, предоставянето и баланса на екосистемните услуги; и (4) разработване на интегриран, многостепенен подход, който да отчита различни нива на наличност на данни. Дисертацията съчетава синтез на научната литература с емпирично моделиране и анализ, базирани на ГИС.

Представената дисертация се основава на публикации. Тя съдържа пет глави, свързани с публикации. Три статии вече са публикувани: Stoycheva and Geneletti (2023), Stoycheva and Nedkov (2024), и Petkova, Prodanova and Stoycheva (2022). Четвъртата публикация, посветена на регулирането на охлаждането и филтрирането на ФПЧ10, е в процес на рецензиране, докато петата публикация/глава, описваща окончателния интегриран подход, все още е в процес на подготовка. Дисертацията съдържа също така

синтезираща глава, библиография, приложения, декларация за принос на автора, списък с публикации и списък с презентации.

Списъкът с публикации свидетелства за последователна изследователска дейност в съответната област. Кандидатката декларира съществен интелектуален и практически принос към първите три статии, пряко свързани с дисертацията, включително концептуализация, методология, обработка на данни, анализ, валидиране, визуализация и съставяне. В статиите с няколко автори описанията на приноса на кандидатката са достатъчно подробни, за да позволят оценка на нейната роля в изследването.

2. Общ преглед на дисертацията (структура и съдържание)

Дисертацията притежава ясна цялостна методологическа логика. Уводната глава определя мотивацията и изследователския въпрос, докато глава 2 представя методологическия контекст и свързва отделните изследователски задачи с последващите глави на публикацията. Глави 3–7 разглеждат последователните компоненти на изследователската програма, а глава 8 обобщава резултатите, обсъжда ограниченията и несигурността, набелязва бъдещи насоки за изследване и формулира теоретичните и методологическите приноси.

Концептуалният фокус върху регулирането на екосистемните услуги е добре обоснован. В дисертацията се отчита, че градските екосистемни услуги са особено значими, тъй като градското население генерира значително търсене на услуги като регулиране на качеството на въздуха, регулиране на температурата и регулиране на наводненията, докато градското развитие може едновременно с това да намали или фрагментира екологичните структури, които осигуряват тези услуги. Използването на класификацията на CICES и изричната връзка с рамките за оценка на екосистемните услуги придават на работата подходяща концептуална основа.

Едно от основните предимства е, че дисертацията не разглежда моделирането на екосистемните услуги като нещо, независимо от базовите данни. Вместо това наличността на данни, пространствената резолюция, качеството на данните и несигурността се разглеждат като централни методологически ограничения. Това е особено видимо в прехода от прегледа на методите, през сравнението на моделите за регулиране на наводненията, към оценката на баланса между търсене и предоставяне на регулирането на охлаждането и филтрирането на ФПЧ10, и накрая към предложената многостепенна рамка.

Глава 3 предоставя систематична основа за емпиричната работа. Прегледът обхваща 58 статии, подбрани чрез дефиниран процес на търсене и подбор, и анализира пространствени данни, методи за оценка, регулиращи услуги и връзки с градоустройството. Прегледът идентифицира регулирането на състава на атмосферата, регулирането на температурата и влажността, както и регулирането на хидрологичния цикъл и водния поток като най-често изследваните групи екосистемни услуги. Той също така установява пропуски във връзката между оценката на екосистемните услуги

и градоустройството. Поради това тази глава изпълнява ясна функция в цялостната дисертация, а не е изолиран литературен преглед.

Глава 4 представлява важен методологичен компонент, тъй като изрично проверява чувствителността на оценката на регулирането на наводненията както към избора на модел, така и към качеството на входните данни. Два модела – InVEST UFRM и IMECOGIP WRRM – се прилагат за град София, като се използват различни набори от данни и сценарии за валежи. В работата се актуализира информацията за типовете екосистеми, за Urban Atlas и за почвите, преди да се повтори моделирането. Резултатите показват, че резултатите от моделите могат да се различават съществено в зависимост както от рамката на моделирането, така и от входните данни. Това предоставя емпирична подкрепа за една от основните предпоставки на дисертацията: методологическите избори и качеството на данните трябва да се разглеждат съвместно при интерпретирането на пространствените оценки на екосистемните услуги.

Глава 5 представя най-развитото приложение на концепцията за интегриран баланс между търсене и предоставяне. В нея се разглеждат регулирането на охлаждането и филтрирането на ФПЧ10 в София с помощта на EnhancES/IMECOGIP, съчетава се биофизично моделиране на предлагането с оценка на търсенето, основана на показатели за риск и опасност, и се прилагат пространствени анализи за идентифициране на горещи точки, студени точки, клъстери и изключения. Проучването отчита силно отрицателен сумарен баланс за двете услуги, като филтрирането на ФПЧ10 допринася съществено за отрицателния баланс поради високото търсене и относително ограниченото предлагане. Анализът също така показва, че ролята на даден клас земно покритие не може да се тълкува независимо от географското му местоположение.

Глава 6 има за цел да представи окончателния методологичен синтез. Предложеният многостепенен подход разграничава три нива в зависимост от наличността на данни: Ниво 1, основано предимно на децентрализирана информация и експертна оценка; Ниво 2, основано на статистическа или биофизична информация, която може да бъде пространствено прецизирана; и Ниво 3, основано на подробни пространствени данни и моделиране. Шест приоритетни регулиращи екосистемни услуги са разпределени в тези нива според наличните данни. Това е полезен опит да се направи рамката за оценка оперативна при реалистични ограничения на данните.

Глава 7 разглежда важен, но често подценяван въпрос: качеството и оперативната съвместимост на националните пространствени набори от данни за екосистемите. Анализът на българската база данни за екосистемите установява несъответствия в класификациите, кодирането и пространствената топология, включително съществени пропуски и припокривания между слоевете на екосистемите. Заключение, че съществуващите слоеве не могат просто да бъдат обединени в един-единствен ГИС слой, е от голямо значение за последващата оценка на екосистемните услуги, тъй като грешките или несъответствията в основната карта на екосистемите могат да се отразят в оценките на услугите.

Глава 8 предоставя необходимия синтез. В нея изрично се признават несигурността на модела и ограниченията на данните, включително непълното покритие на мониторинга на ФПЧ10, липсващата информация за валежите и температурите, проблемите с геолокацията и ограниченията в наборите от данни за земеползването и земното покритие. Дисертацията също така определя подходящи насоки за по-нататъшни изследвания, включително анализ на сценарии, алтернативни модели на екосистемните услуги и приложение в други географски контексти.

Като цяло структурата е последователна, а отделните глави допринасят за обща методологична аргументация. Дисертацията е особено силна там, където преминава от концептуално обсъждане към емпирична демонстрация. В същото време интегративният синтез би могъл да бъде допълнително укрепен, като се изяснят по-ясно обобщаващите принципи на предложената рамка и се направи по-ясно разграничение между това, което е било емпирично демонстрирано в София, и това, което се предлага като приложимо в други градски контексти.

3. Научни приноси

Кандидатът посочва теоретични и методологични приноси, които аз като цяло приемам, макар и с някои резерви по отношение на обхвата и степента на обобщение.

Първо, дисертацията допринася към литературата за градските екосистемни услуги, като обединява предоставяне, търсене и баланс в обща рамка за оценка. Голяма част от литературата за приложните екосистемни услуги се фокусира предимно върху предоставянето или капацитета. Дисертацията прави полезен методологичен напредък, като изрично включва търсенето и разглежда пространствения баланс между предоставяне и търсене. Рамката за търсенето, разработена в глава 5, която съчетава уязвимостта и експозицията на населението с индикатори за риск, специфични за отделните услуги, представлява съществен принос на дисертацията.

Второ, дисертацията показва, че оценката на градските регулиращи екосистемни услуги е силно обусловена от наличието и качеството на данните. Сравнението на два модела за регулиране на наводненията, използващи алтернативни набори от входни данни, е особено полезно в това отношение. Резултатите не просто предоставят поредното приложение на съществуващите модели; те показват, че интерпретацията на моделираното предлагане на услуги може да се промени в зависимост от избора и усъвършенстването на основните пространствени набори от данни.

Трето, рамката за многостепенна оценка представлява потенциално полезен методологичен принос. Нейната основна стойност е прагматична: тя отчита факта, че подходът за моделиране от ниво 3 не винаги може да бъде приложен за всички екосистемни услуги, местоположения или контексти на планиране. Чрез обвързване на метода за оценка с нивото и качеството на наличната информация рамката предоставя начин да се избегне третирането на оценките с оскъдни данни и тези с богати данни като методологично равностойни.

Четвърто, работата допринася за операционализирането на оценката на градските екосистемни услуги чрез интегрирането на няколко източника на пространствени данни и типологии. Съпоставянето между националните класификации на екосистемите, Urban Atlas и друга информация за земеползването/земното покритие, заедно с актуализирането и валидирането на пространствените входни данни, е технически предизвикателно и е от значение за приложното картографиране на екосистемните услуги.

На пето място, дисертацията представлява полезен емпиричен принос за София. Комбинираният анализ на регулирането на охлаждането и филтрирането на ФПЧ10 идентифицира пространствени модели на предоставяне на услуги, търсене и баланс и показва как зелената инфраструктура може да има различни последици в зависимост от размера, местоположението и връзката ѝ с райони с високо търсене. Резултатите предоставят основа за последващ анализ, ориентиран към планирането, въпреки че все още предстои да се докаже дали те могат да бъдат директно приложени извън София.

Публикационният списък подкрепя твърденията на кандидата за научния принос. Две от основните методологически изследвания вече са публикувани в рецензирани списания, докато най-новото интегрирано изследване на баланса между предлагане и търсене е в процес на рецензиране. Окончателната интегративна публикация все още е в процес на подготовка, което представлява ограничение на настоящия публикационен списък, но според моята оценка не омаловажава научната съгласуваност на самата дисертация.

4. Критични забележки, коментари и въпроси към защитата

Следващите точки имат за цел преди всичко да изяснят научния обхват на приноса и да предоставят теми за обсъждане по време на защитата. Те не опровергават цялостния методологичен принос на дисертацията.

4.1. Определение на „интегрирана оценка“.

В дисертацията терминът „интегрирана оценка“ се използва в няколко контекста: интегриране на търсенето и предлагането, интегриране на няколко екосистемни услуги, интегриране на различни набори от данни и интегриране между различни нива на данни. Би било полезно кандидатът да даде кратко определение на това, което превръща предложената рамка в интегрирана оценка, а не в комбинация от отделни оценки. Кой компонент е от съществено значение за интегрирането?

4.2. Възможност за прилагане извън София.

По-голямата част от емпиричното разработване и тестване се основава на София. В дисертацията се твърди, че части от подхода могат да бъдат приложени към други териториални единици и конкретни случаи. Какви са минималните изисквания по отношение на данните и методологията, необходими за пренасяне на рамката към друг

град? Кой компоненти са действително приложими, а кои изискват калибриране според местните екологични, климатични и социално-икономически условия?

4.3. Интерпретация на търсенето на екосистемни услуги.

Предложената оценка на търсенето съчетава показатели за уязвимост, експозиция и рискове, специфични за дадена услуга. Това е потенциално важен принос, но концептуалната връзка между „нужда“, „търсене“, „риск“ и „опасност“ заслужава изясняване. Как кандидатът разграничава търсенето на екосистемни услуги от експозицията на населението към даден екологичен проблем и как трябва да бъдат валидирани предложените показатели за търсенето?

4.4. Агрегиране и комбиниран баланс на екосистемните услуги.

В дисертацията се комбинират регулирането на охлаждането и филтрирането на ФПЧ10, за да се идентифицират области с отрицателен комбиниран баланс. Как различните стойности на услугите бяха приведени в съпоставимост преди агрегирането? Какви предположения са заложили в процедурата по претегляне или комбиниране и доколко чувствителни са идентифицираните „горещи точки“ и компромисите към алтернативни варианти за нормализация или претегляне?

4.5. Несигурност на модела спрямо несигурност на данните.

В дисертацията правилно са идентифицирани както ограниченията на моделирането, така и тези на данните. Би било обаче полезно да се направи по-систематично разграничение между несигурността, причинена от структурата на модела, параметризацията, качеството на входните данни и пространствената резолюция. Ако имаше налични ресурси за още един анализ на несигурността, кой източник кандидатът би счел за най-влиятелен и защо?

4.6. Избор на модели.

В глава 4 са документирани разликите между InVEST UFRM и IMECOGIP WRRM. В глава 5 за оценката на предлагането се използва EnhancES/IMECOGIP. Кой критерии трябва да определят избора на модел при приложение за планиране? При какви обстоятелства кандидатът би препоръчал използването на няколко модела, вместо да се избере един-единствен модел?

4.7. Валидиране на моделираните екосистемни услуги.

Дисертацията предоставя няколко форми на сравнение и проверка на достоверността, но пряката валидация на всички оценки на услугите е трудна. Какви допълнителни емпирични наблюдения биха били най-полезни за валидиране на оценките за

регулиране на охлаждането и филтрирането на ФПЧ10 и как кандидатът би проектирал такова проучване?

4.8. Зависимост от мащаба.

Резултатите са пространствено изрични и зависят от резолюцията и класификацията на входните набори от данни. Как кандидатът очаква да се променят резултатите за баланса между търсене и предлагане при преминаване от градски мащаб към мащаб на квартал или регион? Съществува ли риск идентифицирането на горещите точки да е отчасти явление, зависещо от мащаба?

4.9. Ролята на състоянието на екосистемата.

Дисертацията се фокусира върху екосистемните услуги и разглежда състоянието на екосистемата, но то не е разработено като напълно независимо аналитично измерение в цялата емпирична рамка. Би ли могъл кандидатът да обясни как състоянието на екосистемата следва да бъде изрично включено в предложената многостепенна рамка и дали две екосистеми с подобни класове на земното покритие, но с различно екологично състояние, биха получили различни оценки за капацитета на услугите?

4.10. Статус на окончателния интегративен принос.

Глава 6 е описана като публикация в процес на подготовка. По време на защитата би било полезно кандидатът да обясни кои елементи от крайната интегративна рамка вече са емпирично доказани в дисертацията и кои остават методологични предложения, изискващи по-нататъшна валидация.

Допълнителен общ коментар се отнася до терминологията и представянето.

Дисертацията е технически подробна и съдържа значителен обем методологична информация, но в някои раздели би могло по-ясно да се направи разграничение между методологичните иновации и прилагането на утвърдени инструменти. За да бъде научният принос максимално видим, кандидатът следва по време на защитата да подчертае какво е новото в концептуалната архитектура на рамката за оценка, вместо да се фокусира предимно върху техническото изпълнение на ГИС и работните потоци на моделите.

5. Заключение и общо мнение

Дисертацията представя цялостен изследователски материал, посветен на важен методологичен проблем в науката за градските екосистемни услуги: как да се оценяват регулиращите екосистемни услуги по начин, който интегрира предлагането и търсенето, като същевременно изрично отчита разликите в наличността, качеството и пространствената резолюция на данните.

Работата съчетава оценка, основана на литературни източници, методологично сравнение на модели за екосистемни услуги, емпиричен ГИС-анализ, разработване на

рамка за баланс между предоставяне и търсене, както и многостепенен подход за работа с разнородни данни. Представеният район на изследване София се използва последователно във всички емпирични компоненти, което осигурява приемственост между отделните изследвания. Дисертацията също така демонстрира осъзнаване на методологичната несигурност и не представя моделираните резултати като независими от ограниченията на изходните данни.

Според моята оценка научните приноси, за които претендира кандидатът, се подкрепят от представената работа. По-конкретно считам, че интегрирането на търсенето и предлагането, операционализирането на оценка на търсенето, основана на риска и опасността, изричното разглеждане на наличността на данни чрез многостепенна рамка, както и анализът на чувствителността на модела и входните данни представляват значими приноси към методологичното развитие на оценката на екосистемните услуги в градска среда.

Въпреки това има няколко въпроса, които следва да бъдат разгледани по време на защитата. Най-важните от тях се отнасят до концептуалното определение на интеграцията, валидирането и интерпретацията на търсенето на екосистемни услуги, съпоставимостта и агрегирането на различни екосистемни услуги, приложимостта на рамката извън София, както и разграничаването между демонстрираните резултати и предложените методологични разширения. Това са подходящи теми за научна дискусия и изясняване, а не фундаментални възражения срещу дисертацията.

Дисертацията съдържа необходимите оригинални научни изследвания, методологични разработки и емпиричен анализ, за да представлява съществен докторантски принос в областта на физическата география и ландшафтната екология. Списъкът с публикации допълнително доказва способността на кандидата да провежда и представя научни изследвания в тази област. Фактът, че една статия все още е в процес на рецензиране, а друга е в процес на подготовка, трябва да бъде отбелязан, но основната научна работа, необходима за дисертацията, е налице в представения текст.

При условие че кандидатката даде удовлетворителни отговори на повдигнатите по-горе въпроси по време на защитата, **считам, че дисертацията отговаря на очакваните научни стандарти за присъждане на докторска степен. Поради това давам положително становище по дисертацията и заявявам, че ще гласувам в подкрепа на присъждането на докторска степен на Ваня Емилова Стойчева.**

Fernando Santos Martín

Universidad Rey Juan Carlos (URJC), Мадрид, Испания

Подпис:

Дата: 29 септември 2026

Източници към представената дисертация:

Stoycheva, V. (2026, thesis version dated 17 June 2026). Integrated assessment of regulating ecosystem services in urban areas. PhD Thesis, National Institute of Geophysics, Geodesy and Geography – Bulgarian Academy of Sciences, Sofia, Bulgaria.

Stoycheva, V., & Geneletti, D. (2023). A review of regulating ecosystem services in the context of urban planning. *Journal of the Bulgarian Geographical Society*, 48, 27–42.

Stoycheva, V., & Nedkov, S. (2024). The performance of two urban flood regulation models using different input data. *One Ecosystem*, 9, e134022.

Stoycheva, V., & Nedkov, S. (2026). Cooling regulation and PM10 filtration: An approach for integrated supply-demand-balance assessment. Manuscript under review.

Petkova, G., Prodanova, H., & Stoycheva, V. (2022). Analysis of the national ecosystem database of Bulgaria: (Mis)matches with the MAES framework. *Journal of the Bulgarian Geographical Society*, 47, 73–82.