

**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:	IoT платформи и протоколи
Автор на дисертационния труд:	Цветан Красимиров Цоков
Научен ръководител:	доц. д-р Христо Николов Костадинов
Автор на становището:	доц. д-р Красимира Минкова Иванова Институт по математика и информатика при БАН
На основание на:	Заповед на Директора на ИМИ № 322/19.09.2024 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 №1/30.09.2024 г.) относно разпределение на дейностите между членовете на Научното жури по процедурата.

За процедурата са представени основните документи по докторантурата, автобиография на Цветан Цоков, текста на дисертационния труд и автореферати на български и английски език.

#### **ОБЩО ПРЕДСТАВЯНЕ НА АВТОРА НА ДИСЕРТАЦИЯТА**

Цветан Цоков има бакалавърска степен от 2015 г., придобита в Техническият университет – София, специалност „Компютърни системи и технологии“ и магистърска степен от 2017 г. от СУ „Св. Климент Охридски“, специалност „Информатика – Разпределени системи и мобилни технологии“. На 01.01.2020 г. е зачислен като задочен докторант в ИМИ и с решение на Научния съвет на ИМИ на 21.12.2023 г. е отчислен с право на защита.

Работил е като разработчик на софтуер във Фадата ЕООД през 2012 г., а от март 2013 г. е на работа в САП Лабс България като старши софтуерен разработчик.

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

Дисертационният труд е изготвен на английски език, обхваща 76 страници и включва 6 таблици и 10 фигури. Състои се от увод, 5 глави, заключение, 3 приложения, списък на

приносит на дисертационния труд, списъци с публикации и доклади на автора, представлящи елементи от дисертационния труд и библиография.

Обект на изследването в дисертацията са т. нар. Cloud/Edge/Fog платформи, които включват динамични и подвижни инфраструктурни възли и крайни потребители. Изследването се фокусира върху управлението и оптимизирането на изчислителни и мрежови ресурси в тези разпределени системи, които поддържат реално време IoT приложения.

Целта на дисертацията е да предостави решение за оптимално разпределение и управление на изчислителни и мрежови ресурси в тези платформи, специално за IoT приложения, които работят в реално време и включват едновременно динамично движещи се инфраструктурни възли и крайни потребители. Тя цели да подобри качеството на услугата (QoS) и качеството на потребителското изживяване (QoE) чрез намаляване на мрежовата латентност и осигуряване на адаптивност в условия на променяща се инфраструктурна топология.

Първа глава разглежда ключовите аспекти на новите платформи, които осигуряват ниска мрежова латентност и поддръжка на мобилност за различни приложения, като добавена и виртуална реалност и автономни превозни средства. Анализът на литературните източници е довел до потвърждение на хипотезата на липса на ефективно в момента решение на задачата, при която се движат не само крайните потребители, но и инфраструктурните възли.

Втора глава описва реализираното и апробирано иновационно решение за наблюдение и контрол на емисиите на въглероден диоксид от превозни средства, което предлага система за автоматично откриване и реакция на аномалии в емисиите. Системата се състои от хардуерни модули, инсталирани в автомобилите, и облачни микроуслуги, които анализират данни от сензори за измерване на емисии и други параметри. Приложението включва алгоритми за откриване на аномалии, които идентифицират превозни средства с неоптимални нива на емисии и автоматично задействат мерки за контрол. Представените резултати от експерименти, проведени върху тестови и реални набори от данни, потвърждават приложимостта на предложеното решение в автомобилната индустрия.

Трета глава изследва управлението на ограничени ресурси като процесори, памет и мрежа, което е критично за приложения, чувствителни към латентност. Анализът обхваща методи за разпределение на ресурси, включително целочислено и нелинейно програмиране, евристични алгоритми и техники, основани на машинно самообучение. Разглеждат се динамични алгоритми за поставяне на реплики на микроуслуги с цел минимизиране на мрежовата латентност. Завършва се с описание на разпределената система ORCH за оркестрация на изчислителни задачи в динамична среда.

Четвърта глава представя нов оптимизационен модел на смесено целочислено линейно програмиране (MILP), предназначен за динамично разпределение на контейнери с микроуслуги в облачни и крайни инфраструктури с мобилни възли. Моделът оптимизира разположението на микроуслугите за да максимизира броя на инсталираните бизнес приложения, да минимизира движението на репликите и мрежовата латентност. Основните променливи и ограничения на модела отразяват реалистичните условия на операционната среда, включително ресурсните ограничения на ARM архитектурата.

Пета глава съдържа описание на два примера, които демонстрират как предложени MILP алгоритъм работи в мобилна среда в тестова постановка, използваща Kubernetes, като в

лицето на приложение се използва Ecologic. Анализира се разположението на 11 отдалечаващи се възела, като във втория пример възлите се отдалечават двойно повече. Резултатите показват, че MILP моделът оптимизира общото мрежово закъснение с до 48% в сравнение с традиционните планировчици на Kubernetes. Времето за изпълнение на MILP е по-дълго от това на другите планировчици, което в реална среда може да се компенсира с по-рядкото му приложение.

Наборът от цитирани литературни източници включва 86 референции, една четвърт от които са препратки към документации или хранилища на програмен код, останалите са референции към статии в списания или поредици, свързани с изследваната тематика.

Едното приложение съдържа информация за публично достъпните хранилища, където е споделен програмния код на елементите на изграденото приложение. Другите две са списък на наличните съкращения и кратък терминологичен речник.

Дисертационният труд е изцяло оригинален и самостоятелно разработен от автора. Използваните източници са коректно цитирани, което гарантира липсата на плагиатство.

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

Авторефератът е представен на български и на английски език, съгласно изискванията на Закона. Той е ясно структуриран и 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**

Дисертационният труд предлага значителни приноси в областта на IoT приложенията, работещи в реално време върху клъстери от устройства с ограничени ресурси и динамично движение в пространството. Основните приноси включват:

- Научен принос: Разширяване на съществуващия MILP модел с нови функции за минимизиране на мрежовото закъснение и движението на реплики между мобилни възли, както и въвеждане на нови променливи за наличност на възел и динамично оптимизиране.
- Научно-приложен принос: Успешна имплементация на модифицирания MILP модел в практическа среда, използвайки платформата Kubernetes.
- Научно-приложен принос: Проектиране и внедряване на IoT приложението EcoLogic за мониторинг и контрол на въглеродните емисии от превозни средства, което е валидирано чрез реални тестове. Получени те резултати от валидацията показват намаление на мрежовото закъснение до 48% в сравнение с най-съвременните решения в областта, което потвърждава ефективността на предложеното решение.
- Приложен принос: Създадени са публично достъпни хранилища с отворен код за споделяне на основния програмен код и информацията за микроуслугите на EcoLogic, което улеснява бъдещи разработки и подобрения.

Тези приноси демонстрират иновативен подход към справянето със сложни IoT сценарии и предлагат значителни подобрения в областта на системите, работещи в реално време.

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

Цветан Цоков представя две публикации, свързани с темата на дисертацията. И двете са в съавторство с научния му ръководител, като и на двете Цветан е първи автор. Едната е представена в трудовете на международна конференция (International Conference on Service Oriented Computing), чиито основен фокус е върху научните изследвания, технологии и приложения, свързани със сервизни технологии, облачни изчисления, микросервиси, разпределени системи и интернет на нещата (IoT). Втората е публикувана в престижното списание Internet of Things (Q1 в Web of Science). Публикациите отразяват съществени елементи от изследванията по дисертацията. Преизпълнени са изискванията на ЗРАСРБ и Правилника за неговото приложение.

Елементи от работата по дисертационния труд са представени на гореспоменатата международна конференция през 2020 г., на Националния семинар по кодиране „Акад. Ст. Додунеков“ през 2020 г. и на семинара „Problems and Methods Related to Coding Theory“, организиран от ИМИ през 2022 г.

## БЕЛЕЖКИ КЪМ ДИСЕРТАЦИОННИЯ ТРУД

Нямам бележки към дисертационния труд. Като положителна черта отбелязвам и факта, че защитата се провежда в рамките на годината след отчисляването, което показва, че почти цялата работа по подготовката на дисертационния труд е проведена по време на обучението.

## 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 условията и реда 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“. Цветан Цоков притежава задълбочени теоретични познания и отлични професионални умения за извършване на научни самостоятелни изследвания. Представеният дисертационен труд е доказателство за неговите умения за решаване на сложни изследователски задачи и способност да адаптира научните концепции в практическа среда.

Убедено давам своята положителна оценка на представения дисертационния труд и предлагам на Уважаемото научно жури да присъди на **Цветан Красимиров Цоков** 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“.

10.10.2024 г.

гр. София

Подпис:

доц. д-р Красимира Иванова