

РЕЦЕНЗИЯ

от проф. д-р Ирина А. Радева – ИИКТ - БАН

на дисертационен труд за придобиване на образователна и научна степен „доктор”

по професионално направление 4.6. „Информатика и компютърни науки”

докторска програма „Информатика”

на тема „**Моделиране и оптимизация на комуникационни стратегии в управление на
информационни процеси**”

от Гергана Петкова Матеева

Със заповед № 265/31.10.2025 г. на Директора на ИИКТ-БАН чл.-кор. д.м.н. Светозар Маргенов на основание чл. 4, ал. 2 от Закона за развитие на академичния състав в Република България и с решение на Научния съвет на ИИКТ (протокол № 8/29.10.2025) във връзка с процедурата за придобиване на образователна и научна степен „доктор” по професионално направление 4.6. „Информатика и компютърни науки” докторска програма „Информатика” от Гергана Петкова Матеева с дисертация на тема „Моделиране и оптимизация на комуникационни стратегии в управление на информационни процеси” към определена за член на Научното жури.

При оценка на дисертационния труд, определящи са условията на Закона за развитие на академичния състав в Република България (ЗРАСРБ), ППЗРАСБ (Постановление № 26 от 13 февруари 2019 г.) и Правилника за специфичните условия в ИИКТ – БАН за прилагане на закона и поради това ще бъдат точно предадени:

1. Съгласно чл. 27 (1) от ППЗРАСРБ „дисертационният труд трябва да съдържа научни или научноприложни резултати, които представляват оригинален принос в науката. Дисертационният труд трябва да показва, че кандидатът притежава задълбочени теоретични знания по съответната специалност и способности за самостоятелни научни изследвания”.

2. Според чл. 27 (2) от ППЗРАСРБ „дисертационният труд трябва да бъде представен във вид и обем, съответстващи на специфичните изисквания на първичното звено. Дисертационният труд трябва да съдържа: заглавна страница; увод; изложение; заключение – резюме на получените резултати с декларация за оригиналност; библиография”.

Според ППЗРАСРБ минималният брой точки по групи показатели за „Доктор” са:

Група показатели	Съдържание	Брой точки
А	Показател 1	50
Г	Сума от показателите от 5 до 10	72

Научен ръководител на дисертацията е **проф. д-р Татяна Атанасова**.

Дисертационният труд е в обем от 135 страници, 47 фигури, 9 таблици, библиография от 137 източници и включва:

- Съкращения, използвани в дисертационния труд (5-6);
- Речник на ключови термини, използвани в дисертационния труд (7-13)
- Увод (14);
- Глава 1. „Съвременни тенденции в разработване на комуникационни стратегии за управление на информационни процеси“ (16-59);
- Глава 2. „Методи за евристична оптимизация на комуникационни стратегии в управление на информационни процеси“ (60-91);
- Глава 3. „Модел за комуникационни стратегии при управление на информационни процеси в дигитална среда: Технически и архитектурни аспекти“ (91-117);
- Заключение и резюме на получените резултати (117-118);
- Насоки за бъдещи изследвания (119);
- Публикации по темата на дисертационния труд (120);
- Забелязани цитирания (121-123);
- Декларация за оригиналност на резултатите (125);
- Библиография (126-135).

Формулираната **цел и задачи** (стр. 59) на дисертационния труд са:

„Да се разработят модели и методи за оптимизация на комуникационни стратегии в управление на информационни процеси.

За тази цел се дефинират следните задачи:

1. Да се разработят евристични методи за оптимизация на комуникационни стратегии при управление на информационни процеси в дигитална среда.
2. Да се предложи модификация на генетичните алгоритми за оптимизация на комуникационни стратегии в управление на информационни процеси.
3. Да се предложи метод за подобряване на ефективността на генетичните алгоритми за целите на управление на информационни процеси.
4. Да се разработят модели, които позволяват ефективна реализация и прилагане на разработените евристични методи на хетерогенни мобилни и IoT устройства в разпределени дигитални среди с ограничени ресурси.
5. Да се предложи подход за оценка на ефекта от приложението на разработените модели и методи за оптимизация на комуникационни стратегии за управление на информационни потоци в разпределени дигитални среди.“

АКТУАЛНОСТ НА ТЕМАТИКАТА И ЦЕЛЕСЪОБРАЗНОСТ НА ПОСТАВЕНИТЕ ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ

Дисертацията разглежда актуален проблем, който се намира на пресечната точка между разпределените изчисления, IoT системите и мобилните устройства с ограничени ресурси. Темата е навременна, като се има предвид разпространението на IoT устройствата, нарастващото значение на крайните изчисления и необходимостта от интелигентни разпределени системи и кибер-физическите системи. Фокусът върху комуникационните стратегии в управлението на информационните процеси отговаря на реални практически предизвикателства, при които организациите все повече разчитат на разпределени цифрови инфраструктури, които изискват интензивен поток от данни и бързи процеси при вземане на решения. Интегрирането на евристични методи за оптимизация с практични архитектурни решения преодолява разликата между теоретичното разработване на алгоритми и реалните ограничения при внедряването, като се привежда в съответствие с настоящите направления на изследвания в областта на Edge AI, федеративно обучение и разпределени интелигентни системи.

Основната цел на дисертацията е уместна и добре формулирана. Тя е достатъчно широка, за да обхване множество изследователски приноси, като същевременно остава фокусирана върху конкретна област, като посочва теоретичното развитие и практическата

ориентация. Задачите са добре дефинирани и логично структурирани. Съгласуваността между темата, целта и задачите демонстрира последователност и ясен фокус на изследването. Обхватът е подходящ за докторска дисертация.

МЕТОД НА ИЗСЛЕДВАНЕТО

Дисертацията използва подход, който съчетава теоретично развитие, проектиране на алгоритми, експериментална валидация и практическо приложение.

Изследването прави анализ на съществуващите комуникационни модели, теоретични рамки и съвременни тенденции, за да идентифицира пропуските в настоящите подходи за оптимизиране на комуникационната стратегия в разпределени среди с ограничени ресурси. Разработени са евристични техники, чрез модифициране на генетични алгоритми, като модификацията, вдъхновена от ДНК, въвежда двойки хромозоми с инвертирани бигове, докато адаптивното приближение използва полиномна крива на Лагранж за намаляване на изчислителната сложност.

Предложените алгоритми се валидират чрез контролирани експерименти с функции за оптимизация на бенчмарк, сравняване на стандартния ГА с модифицирани версии в множество тестови сценарии и количествено измерване на производителността, чрез метрики MAE и RMSE за финансови прогнози на времеви редове и приложения за оптимизация на игри.

Практическа рамка разгръща алгоритмите на мобилни и IoT устройства и използва клиент-сървърна архитектура с Android OS API, доставчици на съдържание за модулно управление на данни, външни библиотеки и локално SQLite хранилище. Рамка е валидирана чрез внедряване на CPS/IoT система за интелигентно наблюдение на ферми, SWOT анализ за оценка на производителността на системата в производствената среда. За да се идентифицират относителните предимства и компромиси в дизайна, при изследването се сравняват различни подходи, включително комуникационни модели, архитектурни модели и производителност на алгоритмите.

ХАРАКТЕРИСТИКА И ОЦЕНКА НА ДИСЕРТАЦИОННИЯ ТРУД

Глава 1 е теоретичната основа на изследването. В нея се разглеждат информационните процеси в цифровите среди и се представят комуникационните модели - от линейни

(еднопосочни изпращач-получател) и интерактивни (с обратна връзка) до транзакционни (едновременно съвместно създаване).

Главата изследва теоретични рамки, включително модела на Шанън-Уивър, модели, основани на автономни софтуерни агенти, йерархични и децентрализирани структури, подходи от теорията на игрите и техники за симулация.

Идентифицирани са пет основни компонента на съвременните комуникационни стратегии: интеграция на ИКТ, осигуряваща инфраструктура и инструменти, стратегическо планиране и управление на съобщенията, интеграция на организационните процеси между функциите, човешки фактори и културен контекст, както и механизми за мониторинг/оценка/адаптация.

Главата анализира ролята на ИКТ в процеса на вземане на решения и управление на знанията, след което представя предизвикателствата при внедряването: сложни организационни структури, децентрализирано споделяне на данни, проблеми с контрола на комуникацията, динамични изисквания и бариери пред технологичната интеграция. Разгледаните съвременни тенденции включват автоматизация, задвижвана от изкуствен интелект, платформи за сътрудничество, базирани на облак, интеграция на IoT и Edge Computing, блокчейн и киберсигурност, адаптивни и контекстно-чувствителни системи, както и нововъзникващи технологии като квантова комуникация, 5G/6G мрежи и холографски интерфейси. Главата завършва с формулиране на изследователските цели на дисертацията.

В **глава 2** са представени три разработки за оптимизиране на комуникационните стратегии с помощта на евристични техники.

Първата е модификация на генетичен алгоритъм (ГА), вдъхновен от ДНК, при която хромозомите съществуват като двойки близнаци с инвертирани битове, като всяка двойка споделя една и съща стойност на пригодност, за да подобри проучването на пространството за търсене и да поддържа разнообразието на популацията. Тази модификация е реализирана с помощта на библиотеката openGA в C/C++ и е тествана върху еталонни оптимизационни функции.

Второто развитие въвежда адаптивно приближение на функцията за пригодност, използвайки полиноми на Лагранж със самонастройващ се пул от най-добри решения, който се коригира въз основа на времето. Когато приблизителните решения изглеждат по-добри, те

се проверяват спрямо оригиналната функция за пригодност, а пулт се актуализира динамично, като се добавят нови най-добри решения и се премахват най-лошите. Три експеримента сравняват стандартния ГА с ГА с приблизителна функция за пригодност в контекста на оптимизацията на игрите за подреждане на символите на слот машините RTP.

Третият компонент изследва генерирането и мащабирането на случайни числа, като сравнява Mersenne Twister (PRNG) с TrueRNG v3 (TRNG) чрез статистически мерки, включително ентропия, хи-квадратно разпределение, оценка на Монте Карло Пи и серийна корелация. Демонстрираните приложения включват прогнозиране на финансови времеви редове, чрез синусоидални функционални редове с линейни компоненти и разпределено изчисление на мобилни устройства, с метрики за оценка, използващи MAE и RMSE.

Глава 3 описва архитектурната рамка за прилагане на евристичните методи в разпределени системи с ограничени ресурси. Android Content Providers се предлагат като модулен механизъм за управление на данни в мобилни разпределени изчисления, като се прилага архитектура клиент-сървър с HTTP/JSON RESTful комуникация, при която сървърът управлява глобалната популация, а мобилните клиенти извършват локални изчисления.

Техническото внедряване използва API на Android OS, включително Services за фонові операции, LiveWallpaper за визуализация и Widgets за взаимодействие с потребителя, заедно с външни Java библиотеки (Encog за невронни мрежи, MOEA Framework за оптимизация, JSON-java и HttpClient за комуникация) и локално SQLite хранилище. Главата разглежда предизвикателствата на CPS/IoT: хетерогенност на данните, шум, липса на стандартизация и ограничения на мащабируемостта.

Предлага се Cloud-Based IoT, използващ AWS инфраструктура за автоматизирано мащабиране и анализ. SWOT анализът идентифицира силните и слабите страни, възможностите и заплахите на системата.

Сравняват се четири архитектурни модела: клиент-сървър (централизирано управление), peer-to-peer (децентрализирано), събитийно-базирано публикуване-абониране (асинхронно съобщаване) и слоеста архитектура (разделяне на задачите).

Техниките за оптимизация на комуникацията включват адаптивни модели, енергийно ефективно маршрутизиране, агрегиране на данни и „модел на остров“ за разпределена ГА, при който всяко устройство поддържа локална популация с минимална синхронизация.

Рамката е валидирана чрез CPS/IoT система за наблюдение на ферми. Обсъжданите бъдещи насоки включват интеграция с федеративно обучение, мултиагентни системи с преговори на базата на теорията на игрите и въздействието на 5G/6G мрежи и квантова комуникация.

РЕЗУЛТАТИ В ДИСЕРТАЦИЯТА

Получените резултати в дисертацията могат да се систематизират така:

1. Методи за подобряване на ефективността на генетичните алгоритми в мрежови среди:
 - модификация на генетичния алгоритъм (ГА), който подобрява проучването на пространството за търсене и поддържа разнообразието на популацията в сложни оптимизационни проблеми.
 - адаптивен метод за приближаване на изчислително скъпи функции за пригодност (техника с полиноми на Лагранж за приближаване на отнемачи време функции за пригодност).
2. Архитектурен модел за внедряване на изчислително интензивни оптимизационни алгоритми (като ГА) на хетерогенни мобилни и IoT устройства с ограничени ресурси, чрез асинхронни комуникационни протоколи и модулно и буферирано управление на данни.
3. Валидирана реализация за интелигентно наблюдение и обработка на данни в интелигентното животновъдство, която използва:
 - количествени показатели за ефективност за оценка чрез стандартни показатели като средна абсолютна грешка (MAE) и средноквадратична грешка (RMSE) за оценка на точността на прогнозите и ефективността на алгоритъма за оптимизация;
 - SWOT анализ за контекстуализиране на силните и слабите страни на системата и валидиране на проектните решения спрямо ключови предизвикателства като качество на данните, оперативна съвместимост и ограничения на ресурсите.

Приемам, че получените и представени резултати покриват обхвата на поставените цел и задачи. Всички етапи на предварителни проучвания, анализ, подготовка, разработка и експерименти са документирани коректно и описват обхвата на възможните теоретични и

практически приложения. Представените в дисертацията резултати имат потенциал за последващо развитие.

Авторефератите са на български и английски език съответно 45 и 48 страници и представят дисертационния труд.

ПУБЛИКАЦИИ ПО ДИСЕРТАЦИОННИЯ ТРУД

По темата на дисертационния труд са представени **7 публикации**: всички в трудове от международни конференции, индексирани в Scopus; в съавторство, на английски език. Една публикация е в Web of Science (№ 1). Гергана Матеева е първи автор на 6 публикации (№№ 1, 2, 3, 4, 6 и 7).

Наукометричните показатели на Гергана Матеева по група Г надвишават минималните специфични изисквания на ИИКТ - БАН за придобиване на образователната и научна степен „доктор”: при минимални изисквания за 30 т. има постигнати 72 точки.

В представения списък на забелязани цитирания има 22 цитирания на 2 публикации (№№ 4 и 5), от които 21 цитирания са на публикацията „Dineva K., Atanasova T., Petrov P., Parvanov D., Mateeva G., Kostadinov G. Towards CPS/IoT System for Livestock Smart Farm Monitoring. 2021 International Conference Automatics and Informatics (ICAI), IEEE, 2021, ISSN:978-1-6654-2661-9, DOI:10.1109/ICAI52893.2021.9639460, 252-255

С това условията на ППЗРАСРБ и Правилника за специфичните условия на ИИКТ - БАН са изпълнени.

Гергана Матеева е участвала в два проекта: Национална Научна Програма „Интелигентно животновъдство” и „Изследване на методи и технологии за цифровизация на образованието”.

БЕЛЕЖКИ И ВЪПРОСИ

1. Терминът „комуникационна стратегия“ се използва в заглавието и целите на дисертацията, но не е предоставено определение, което да свързва организационната комуникация (глава 1) с алгоритмичната оптимизация (глави 2-3). Как е формално дефинирана „комуникационна стратегия“ в рамките на тази дисертация?

2. В дисертацията се описва рамката за оптимизация на комуникационни стратегии като "холистична хибридна" и като "хибридна" с "холистичен подход", но не дава ясна дефиниция на тези термини. Какво конкретно прави предложената рамка "холистична" и какво я прави "хибридна"?
3. В дисертацията е „Разработена е нова техника, използваща полиноми на Лагранж за апроксимация на времеемки целеви функции. Този метод значително намалява изчислителния и комуникационния трафик, което прави приложението на ГА осъществимо на устройства с ограничени ресурси, където директната оценка би била непосилна. Адаптивният характер на апроксимационния набор представлява самооптимизиращ се механизъм в рамките на самия алгоритъм.“ (стр. 90); „Адаптивният характер на апроксимационния набор представлява самооптимизиращ се механизъм в рамките на самия алгоритъм.“ (стр. 118). Какви критерии дефинират "самооптимизиращ механизъм" за метода на апроксимация?

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Дисертационният труд съдържа научно-приложни резултати, които представляват оригинален принос в науката и отговарят на всички изисквания на ЗРАСР, ППЗРАСРБ и Правилника за специфичните условия в ИИКТ – БАН.

Поради гореизложеното, убедено давам своята положителна оценка за представения дисертационен труд, автореферат и постигнати резултати, и предлагам на почитаемото научно жури да присъди образователната и научна степен „доктор“ на **Гергана Петкова Матеева** в област на висше образование 4. Природни науки, математика и информатика, професионално направление 4.6 „Информатика и компютърни науки“, докторска програма „Информатика“.

20.11.2025 г.

Рецензент

На основание

ЗЗЛД