

РЕЦЕНЗИЯ

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

Автор на дисертационния труд: Генка Иванова Славова-Торрес

Тема на дисертационния труд: Методи и средства за оптимизиране на
записи в мрежова среда за съхранение

Рецензент: доц. д-р инж. Станислав Димитров Гьошев – Институт по
информационни и комуникационни технологии – БАН

Научна област: 5. Технически науки

Професионално направление: 5.3. „Комуникационна и компютърна
техника“

Докторска програма: „Компютърни системи, комплекси и мрежи“

Научен ръководител: доц. д-р Владимир Иванов

1. Обща характеристика и актуалност на темата

Дисертационният труд на Генка Иванова Славова-Торрес е посветен на изключително актуална и практически значима тема в областта на компютърните мрежи и системите за съхранение на данни – оптимизацията на операциите по запис в мрежови среди за съхранение (Storage Area Networks – SAN).

Авторът правилно идентифицира системния проблем, че въпреки бурното развитие на физическите носители (преход от HDD към SSD и NVMe/NVMe-oF) и повишаването на тяхната номинална скорост, управлението на записите в SAN среди остава сложен и трудно прогнозируем процес. На фона на нарастващия паралелизъм и многостепенния характер на архитектурите (хост, мрежа, контролери), традиционните усреднени показатели за производителност се оказват недостатъчни за дефиниране на стабилността. Дисертацията правилно фокусира вниманието върху опашковите ефекти, нелинейното поведение и т.нар. „крайна латентност“ (tail latency – p95, p99), които са критични за съвременните среди за управление на бази данни и транзакционни приложения.

Трудът е отлично структуриран в увод, шест глави, заключение, списък с научни и приложни приноси, библиография, списък с авторски публикации и приложение.

2. Анализ на съдържанието и структурата

Дисертацията следва ясна и стройна логическа последователност – от аналитичното и системно дефиниране на проблема, през формулирането на системен модел и експериментална методология, до провеждането на задълбочени експерименти, синтез и извеждане на оптимизационна рамка.

- **Глава 1: „Проблем, цели и задачи“** обосновава актуалността на изследването и формулира научното предизвикателство. Ясно са дефинирани целта (разработване и валидиране на системен модел за определяне на крайната латентност и извеждане на принципи за оптимизация) и деветте конкретни задачи. Формулирана е изследователската теза, че устойчивата оптимизация зависи от съгласуването между характеристиките на натоварването и механизмите за управление на опашките по целия път на записите, а не единствено от номиналната скорост на компонентите.
- **Глава 2: „Системен модел на операциите по запис в мрежови среди за съхранение (SAN)“** представя концептуалната рамка на изследването. Авторът проследява историческата еволюция на тесните места (bottlenecks) – от механично закотвените при HDD, през контролерните/интерфейсните при SSD, до опашковите и координационните при NVMe и NVMe-oF. Пътят на записите (write path) е формализиран като многостепенна система от взаимодействащи опашки (в хоста, транспортния слой/fabric и контролерите за съхранение). Въведени са важни статистически и аналитични метрики (ECDF, персентили p50, p95, p99) чрез принципите на теорията на масовото обслужване.
- **Глава 3: „Експериментална методология“** описва детайлно изследователския модел, контролираната тестова среда, използваните измервателни инструменти и критерии за възпроизводимост. Методологията разглежда натоварването като independent variable и осигурява изолиране на отделните системни фактори при стриктно фиксирани и променливи параметри.
- **Глава 4: „Експериментални резултати“** представлява ядрото на емпиричното изследване. Включва базов експериментален сценарий (референтно поведение) и 4 фундаментални експеримента:
 1. *Влияние на дълбочината на опашката (Queue Depth - QD) върху латентността и раздуването на опашковите стойности;*
 2. *Влияние на формата на натоварването (равномерен поток спрямо пулсиращ режим);*
 3. *Координация срещу сурова скорост (съпоставка между координиран и некоординиран режим на подаване);*
 4. *Влияние на конкурентен хост („Noisy Neighbor“ ефект) при споделен логически том.*
- **Глава 5: „Аналитичен синтез и интерпретация“** прави съпоставка на резултатите от експериментите и формулира цялостна оптимизационна рамка за SAN среди. Изведени са конкретни насоки и принципи за управление на паралелизма, ограничаване на раздуването на крайните персентили (p99/p95) и постигане на

координация между отделните слоеве без необходимост от допълнителни хардуерни ресурси.

- **Глава 6: „Заклучение и бъдеща работа“** обобщава основните резултати, дефинира ограниченията на изследването и чертае насоки за бъдещи изследвания.

3. Научни и приложни приноси

Дисертационният труд съдържа оригинални научни, научно-приложни и приложни приноси, които са добре защитени в съдържанието на глави 2, 4 и 5.

Основните приноси могат да бъдат обобщени както следва:

- **Научен принос:** Разработен и формализиран е оригинален системен модел на пътя на записите (write path) в SAN среда като последователност от взаимодействащи си опашки и обслужващи механизми, интерпретиран чрез принципите на теорията на масовото обслужване.
- **Научно-приложен принос:** Разработена и валидирана е контролирана експериментална методология за анализ на нелинейните латентностни ефекти и високите персентили ($p95$, $p99$) чрез Емпиричната кумулативна функция на разпределение (ECDF).
- **Научно-приложен принос:** Експериментално са установени и доказани ключови зависимости за появата на латентностна нестабилност, произтичащи от дълбочината на опашките (Queue Depth), пулсиращия характер на натоварването, липсата на междуслойна координация и наличието на смущаващи конкурентни потоци („Noisy Neighbor“).
- **Приложен принос:** Формулирана е практическа аналитична рамка и конкретни насоки за оптимизация на операциите по запис в SAN среди, насочени към поддържане на стабилно латентностно поведение чрез контролиране на паралелизма.

4. Силни страни и бележки

Силни страни:

- **Методологична системност и строгост:** Дисертаторът демонстрира изключителна академична зрялост, като вместо да разглежда отделни компоненти в изолация, прилага системен подход към SAN средата.
- **Фокус върху реалните проблеми в практиката:** Анализът на крайната латентност (tail latency) и персентилите $p95/p99$ отразява реалните изисквания на съвременните бизнес приложения и системи за бази данни.
- **Богат и прецизен експериментален материал:** Проведените експерименти са отлично проектирани, строго контролирани и

онагледени с множество графики (ECDF, времеви профили) и структурирани таблици.

Бележки и препоръки:

- Изследването е фокусирано основно върху операциите по запис (което е подробно обосновано от автора). Препоръчва се в бъдещи изследвания разработеният модел да бъде разширен и за смесени натоварвания (едновременни операции по четене и запис) с цел анализиране на интерференцията между тях.

5. Оценка на Автореферата

Авторефератът отразява точно, пълно и коректно основното съдържание на дисертационния труд, поставената цел, задачите, проведените експерименти, формулираните изводи и научните и приложни приноси.

6. Заключение

Дисертационният труд на Генка Иванова Славова-Торрес представлява завършено, задълбочено и с високо научно ниво изследване. Той отговаря напълно на поставената цел и задачи, като предоставя значими научни, научно-приложни и приложни приноси в областта на мрежовите среди за съхранение на данни и компютърните системи.

Авторът демонстрира отлични познания по теоретичната материя, както и сериозни умения за провеждане на самостоятелни експериментални и аналитични изследвания.

Трудът отговаря напълно на изискванията на Закона за развитието на академичния състав в Република България (ЗРАСРБ) за присъждане на образователната и научна степен „доктор“ в професионално направление 5.3. „Комуникационна и компютърна техника“.

Предлагам на уважаемото Научно жури да оцени **положително** дисертационния труд на маг. Генка Иванова Славова-Торрес и да ѝ присъди образователната и научна степен „доктор“ по професионално направление 5.3. „Комуникационна и компютърна техника“.

София, 09.09.2026 г.

(доц.

