

РЕЦЕНЗИЯ

на дисертация

за придобиване на научната степен „доктор на науките“

Област на висше образование: 4. Природни науки, математика и информатика

Професионално направление: 4.6. Информатика и компютърни науки

Автор: Проф. д-р Цонка Стефанова Байчева

Тема: Оптимални кодове за контрол на грешки и оптични комуникации

Рецензент: Проф. д-мн Стефка Христова Буюклиева

Катедра „Алгебра и геометрия”,

ВТУ ”Св. Св. Кирил и Методий”

1. Тема на дисертационния труд

Дисертацията е посветена на изследвания в областта на алгебричната и комбинаторна теория на кодирането. В научната работа е използван комбиниран математико-компютърен подход. Това означава, че най-напред се прави анализ на поставената задача и се провеждат предварителни математически изследвания, въз основа на които се разработват ефективни и бързи алгоритми, необходими за окончателното решаване на проблема. В някои от изследванията проф. Байчева е използвала пакета Q-Extension, но за реализацията на по-голяма част от алгоритмите е написала собствени програми с помощта на езика за програмиране C++. Има и спорадични пресмятания с пакета за компютърна алгебра Maple.

2. Характеристика на работата и научните приноси.

Дисертацията се състои от увод, седем глави, седем приложения, библиография, списък с публикации и цитирания. Тематиката е разнообразна, но основните задачи, които проф. Байчева разглежда, са свързани с основните параметри на линейните кодове, поведението на различни класове шумозащитни кодове при откриване и поправяне на грешки, както и класификации на кодове с определени свойства. Тематиката е актуална, за което говорят и публикациите и техните цитирания. Освен това в работата има и научно-приложни приноси, тъй като част от разработките са

свързани с действащи стандарти за защита от грешки, а някои са намерили и практически приложения в различни комуникационни системи.

Ще представя и по-подробен обзор на работата.

В **Глава 1** са представени дефинициите и предварителните резултати, необходими за по-нататъшното изложение. В нея са включени основни резултати и твърдения, свързани с линейните кодове. Разгледани са по-подробно цикличните и скъсените циклични кодове (CRC). Представени са граници за радиуса на покритие на линеен код, както и граници за минималния радиус на покритие на кодовете с дължина n и размерност k . Част от използваните термини и дефиниции и основните твърдения, свързани с тях, са включени в съответните глави и не са споменати в Глава 1. По мое мнение би било добре да се включат повече свойства на разглежданите обекти с цел работата да бъде по-скоро като учебна и насочваща книга за бъдещите изследователи в областта. Например в частта за циклични кодове щеше да е добре да присъства и основната теорема за тези кодове. От друга страна пък не можах да разбера защо е включена дефиниция и две теореми за псевдо-циклични кодове, като основната идея на теоремите е, че това са всъщност скъсени циклични кодове. Идеята тук според мен е да се докаже, че CRC кодовете също могат да се разглеждат като идеали, но въпросът дали и кога тези идеали са главни не е изяснен.

Глава 2 е посветена на алгоритмите за пресмятане на някои параметри на линейните кодове. В първия раздел са представени дефиниции за откриване и коригиране на грешки и теореми, свързващи ги с параметрите на кода. Тук бих препоръчала да се цитира използваната литература. В повечето източници откриването и поправянето на грешки не са дефинирани специално, а теоремите се доказват, като се използват кълба с определен радиус, описани около кодовите думи, а също и разстоянията между векторите в разглежданото пространство, но не и пермутации. Раздел 2.2. дава основните понятия, свързани със сложност на алгоритми и задачи. В Раздел 2.3 са описани използваните алгоритми за пресмятане на тегловни разпределения и радиус на покритие на линеен код. Оценена е и сложността на тези алгоритми по време и памет.

В **Глава 3** са разгледани задачи за намиране на радиусите на покритие на някои класове двоични и троични линейни кодове. Интересът на проф. Байчева към задачи, свързани с радиус на покритие, датира още от началото на научната ѝ кариера, като първата ѝ дисертация е точно в тази тематика. Раздел 3.1 е посветен на троичните негациклични кодове с четни дължини до 26. Направена е класификация на всички

такива кодове и са пресметнати минималните им разстояния, спектрите им и радиусите им на покритие. Освен това са решени седем отворени случая за минималния радиус на покритие $t_3[n,k]$ за троичните кодове с дължина n и размерност k , а за други три случая са подобрани горните граници.

В Раздел 3.2 е направено систематично изследване на възможните параметри на двоични и троични квази-съвършени кодове с малки размерности. Класифицирани са двоичните квази-съвършени кодове с размерности до 9 и троичните такива с размерности до 6. Дадени са нови примери на квази-съвършени кодове с минимално разстояние $d > 5$, с което се дава отговор на поставен в статия на Etzion и Mounits въпрос за съществуване на нови кодове от този клас.

Определянето на стойностите на функцията $t_q[n,k]$ е един от най-интересните и атакувани проблеми, свързани с параметрите на линейните кодове. Чрез предложения в Раздел 3.3 метод за конструиране на кодове с даден радиус на покритие са решени шест отворени случая за стойността на функцията $t_2[n,k]$. В Раздел 3.4 са определени минималните радиуси на покритие на двоичните линейни кодове с размерност 6. Решаващо значение в това изследване има разработеният евристичен алгоритъм, който бързо определя долна граница за радиуса на покритие на даден линеен код. В Раздел 3.5 са изследвани троичните линейни кодове с размерност 4. Направена е класификация на всички такива кодове и на нейна основа са пресметнати стойностите на $t_3[n,4]$, някои от които не са били известни до този момент.

В Глава 4 е изследвано поведението на шумозащитни кодове при откриване и поправяне на грешки. Проверката дали един код е подходящ за контрол на грешки е трудна задача, а определянето на класове от кодове, подходящи за тази цел, представлява интерес както от теоретична, така и от практическа гледна точка.

В Раздел 4.1 са пресметнати тегловите разпределения, разпределенията на лидерите на съседни класове и тегловите разпределения на самите съседни класове на двоични CRC кодове и на троични циклични и негациклични кодове. С помощта на пакета за компютърна алгебра Maple са определени всички кодове, които не са t -подходящи за възможните стойности на параметъра t . В Раздел 4.2 е предложен метод за пресмятане на тегловното разпределение на съседните класове на цикличните кодове, в който се използва алгебричната им структура.

В Раздел 4.3 е изследван троичният $[13,7,5]$ квадратично-остатъчен код. Доказано е, че този код е подходящ за откриване и поправяне на грешки, като са представени и два ефективни алгоритъма за декодиране. В Раздел 4.4 се дискутира

въпросът доколко параметрите на кода определят поведението му при откриване и поправяне на грешки. Доказано е, че кодове с еднакви основни параметри – дължина, размерност, минимално разстояние и радиус на покритие, могат да имат различно поведение при контрол на грешки.

Най-цитираните статии на проф. Байчева са свързани с изучаване на скъсените циклични кодове или CRC-кодове. В Раздел 5.1 е направен обзор на поведението на стандартизираните CRC-кодове при откриване на грешки, като е показано, че някои от тях не са оптимални за повечето дължини. В Раздел 5.2 са изследвани всички двоични полиноми от 8-ма степен, които пораждат 8-битови CRC-кодове, като са пресметнати всички основни характеристики на тези кодове и са сравнени стойностите на вероятността за неоткрита грешка специално за кодовете с дължина 40, какъвто е и ATM стандарта. В Раздел 5.3 работата е продължена и за полиномите от 16-та степен. CRC-кодовете с 16 проверочни символа са едни от най-често използваните в практиката и затова има много изследвания върху тях. Проф. Байчева и нейните съавтори акад. Додунеков и д-р Казаков предлагат кодове, които са по-добри от стандартизираните в момента. В Раздел 5.4 са изследвани CRC-кодове с до 10 проверочни символа. Приносите на разработките по CRC-кодовете, са не само научни, но и научно-приложни, понеже са свързани с реално използвани в комуникационните системи кодове, като проф. Байчева и нейните съавтори не само доказват, че стандартите не са най-добри, но и предлагат най-добрите по отношение на вероятността за неоткрита грешка кодове от този клас с дадена дължина.

В Глава 6 са изследвани някои характеристики на шумозащитните кодове, отново свързани с техните възможности за контрол на грешки. Тази глава се състои от три раздела, като в първия са пресметнати нютоновите радиуси на покритие на всички двоични циклични кодове с дължина до 31 и някои избрани кодове с дължина 33, и на троичните циклични и негациклични кодове с дължина до 22. В следващите два раздела се разглеждат съответно LUEP (линейни кодове с неравномерна защита на символите) и нормализирани двоични линейни кодове.

В Глава 7 са получени първите класификационни резултати за оптични ортогонални кодове с определени параметри. На тази тематика са най-новите разработки на проф. Байчева, които са резултат от съвместната работа с проф. д-р Светлана Топалова. Някои от резултатите са получени с помощта на паралелни програми, изпълнени на суперкомпютър BlueGene/P.

Основните приноси в дисертацията са свързани с решаване на задачи за пресмятане на параметри на кодове, както и за класификация на различни класове кодове с поставени предварително свойства и ограничения. Решаването на тези задачи е свързано с писането и използването на софтуер. За целта проф. Байчева е разработила алгоритми и е написала програми, основно на C++, като за решаването на някои от задачите е използвано и паралелно програмиране. Получените резултати са силни, за което говорят публикациите в реномирани специализирани издания и високата цитируемост.

3. Публикации по дисертационния труд и цитирания.

Дисертацията на проф. д-р Цонка Байчева се основава на 25 публикации:

- 4 статии в *IEEE Transactions on Information Theory* (общ if 10,16);
- 1 статия в *IEEE Transactions on Communications* (if 2,07);
- 1 статия в *Computer Communications* (if 0,167);
- 1 статия в *IEE Proceedings on Communications* (if 0,226);
- 2 статии в *Advances in Mathematics of Communications* (общ if 1,006);
- 1 статия в *Journal of Combinatorial Designs* (if 0,662);
- 1 статия в *Applicable Algebra in Engeneering, Communication and Computing* (if 0,561);
- 3 статии в *Mathematica Balkanica*;
- 1 статия в *Annuaire de L'Universite de Sofia 'St. Kl. Ohridski'*;
- 1 статия в *Serdica Journal of Computing*;
- 1 статия в сборника *Mathematics of Distances and Applications, ITHEA, Sofia*;
- 1 статия в сборника *Enhancing cryptographic primitives with techniques from error correcting codes, IOS Press*;
- 14 статии в сборници от международни конференции (подробни версии на някои от докладите са публикувани в списания, както е представено по-горе).

Всички статии са на английски език и са публикувани в списания или сборници от международни конференции. Изискването на правилника на ИМИ за приложение на ЗРАСРБ за поне 10 статии в рецензирани издания е изпълнено, а 11 от статиите са в списания с импакт фактор, като общият им импакт фактор е 14,852.

Седем от публикациите са самостоятелни разработки, 13 статии са с по един съавтор (пет с проф.д-р Светлана Топалова, две с проф. дмн Илия Буюклиев, три с Ф.

Салам и по една с доц.д-р Евгения Великова, Веселин Ваврек, Ирина Ганчева), две от статиите са съвместни разработки с акад. Стефан Додунеков и Петър Казаков, а останалите три са със съавтори Стефан Додунеков и Ralf Kötter [5], Буюклиев, Додунеков и Willems [10], Буюклиев, Додунеков и Fack [16]. Приносът на проф. Байчева в съвместните публикации е съществен.

Проф. Байчева е включила списък със 115 цитирания, като статия [3] има 52 цитирания. Това показва колко актуална е тематиката, с която се занимава, и представя значимостта на получените резултати.

4. Забележки и препоръки по дисертационния труд

Забележките, които вече представих, са свързани със съдържанието на уводните глави. Основната причина е по-скоро различният ни поглед върху това, какво трябва да представлява една „голяма” докторска дисертация. Моето мнение е, че тя трябва да служи основно като учебник за докторантите, решили да се занимават с тази тематика. В случая дисертацията акцентира най-вече върху постиженията на авторката, които са наистина забележителни.

Забелязах съвсем малко печатни грешки. Стилът на изложението е много добър, като почти липсват правописни и граматически проблеми в текста.

5. Автореферат и авторска справка.

Авторефератът и авторската справка са направени съгласно изискванията и отразяват правилно резултатите и приносите в дисертационния труд.

6. Заключение

Считам, че представеният дисертационен труд отговаря на изискванията на Закона за развитие на академичния състав в Република България. Постигнатите резултати ми дават основание да предложа да бъде придобита научната степен „Доктор на науките”

от проф. д-р Цонка Стефанова Байчева

Област на висше образование: 4. Природни науки, математика и информатика,

Професионално направление: 4.6. Информатика и компютърни науки.

24.08.2015 г.

Рецензент:

/проф. дмн Стефка Буюклиева/