

СТАНОВИЩЕ
върху дисертационния труд за придобиване на научната степен
„доктор на математическите науки”
по научна специалност 01.01.12 „Информатика”

Автор на дисертационния труд: проф. д-р Цонка Стефанова Байчева от Института по математика и информатика към БАН.

Тема на дисертационния труд: „Оптимални кодове за контрол на грешки и оптични комуникации”.

Член на научното жури: акад. проф. д-мн Веселин Стоянов Дренски от ИМИ към БАН.

Дисертационният труд е в област, която е гранична за няколко математически и информатични дисциплини – теория на шумозащитното кодиране, предаването на информация по оптични канали, комбинаторика, алгебра, теория на вероятностите, информатика. В съществена част от труда се разработват алгоритми, които се реализират програмно, след което с използването на компютър са получени конкретни резултати. Той е изложен на 227 „стандартни” TEX-страници. Състои се от увод (завършващ с информация за апробацията на резултатите и авторска справка), 7 глави, 8 приложения (които представят получените резултати в табличен вид), списък на използваната литература (включващ 207 заглавия), списък на публикациите по дисертацията (25 заглавия) и списък на цитиранията на 14 от тези статии.

1. Актуалност на разработвания проблем. Много често при предаването на информация полученото съобщение се различава от изпратеното поради наличието на смущения (или „шум”) по канала. Това явление се наблюдава в различни области и се проявява по най-различни начини, например при обичайното предаване на съобщения (по радиото или по телефона, SMSi, по оптичен кабел или от една част на компютъра до друга). Възниква естествената и важна задача за разработване на ефективни методи за възстановяване на първоначалното съобщение. В случая на оптични комуникации един канал се използва едновременно от много потребители, което налага разделянето на съобщенията при получаването им. Един математически подход, който е в основата на теорията на кодирането, е фиксирането на множество S от думи с дадена дължина n (наречено „код”) от азбука с краен брой символи и разглеждането на съобщението като редица от думи от кода. След това се въвежда подходящо „разстояние” между думите – разстоянието на Хеминг $d(x,y)$, което отчита броя на сгрешените символи при предаването на думата. Задачата се свежда до намирането на тази дума x от кода, която е „най-близко” до получената дума y . Модификация на тази идея се използва и при оптичните комуникации. Прави се естественото ограничение, че с много голяма вероятност „силата” на шума е относително „малка” и полученото съобщение не се отдалечава твърде много от изпратеното. С цел максимално въвличане на математически методи

обикновено за азбука се използва крайно поле $GF(q)$, а за отделни класове от кодове се предполага наличието на допълнителни алгебрични, геометрични или комбинаторни свойства (например се иска кодът да е линейно подпространство от размерност k в $GF(q)$). Една от основните задачи на теория на кодирането е намирането на максималната мощност (или граници за нея) на линейен код с дадени дължина и коригиращи възможности и над фиксирано крайно поле, с последващо описание и конструиране на такива кодове. В това направление българската школа по теория на кодирането е сред водещите в света. В представената дисертация се отива по-нататък. Изучават се допълнителни основни характеристики на кодовете, с цел избиране на най-подходящия код за съответния канал. Тъй като сложността на разглежданите проблеми нараства експоненциално с увеличаването на основните параметри n , k и d , се налага разработването на все по-бързи и по-икономични на памет алгоритми и програми. Сред основните параметри, от които зависи ефективността и сигурността при използването на един $[n,k,d]_q$ -код са радиусът на покритие R (най-малкото число, за което всяка точка от пространството е на разстояние $\leq R$ от точка от кода), радиусът на сферичната опаковка e (най-големият радиус на непресичащи се кълба с центрове точките на кода), разпределението на теглата на кодовите думи и на лидерите (елементите с най-малко тегло) на съседните класове на кода. Една от целите на дисертацията е да се изследват възможностите за контрол на грешки на класове линейни кодове, при което разработените програмни средства да могат да се използват за различни класове, което ги прави по-универсални и позволява по-добро тестване и сравняване на качествата на класовете. В резултат на изследванията са намерени и класифицирани класове от шумозащитни кодове с добри характеристики за откриване и коригиране на грешки, както и на оптични ортогонални кодове. Направено е сравнение със съответните параметри на най-широко използваните в практиката кодове.

2. Научни и научноприложни приноси. Първата глава на дисертацията съдържа необходимите сведения от теория на кодирането. Във втората глава се коментира сложността на задачите за пресмятане на основните параметри на един код. След това са описани методите (които не използват специфичните свойства на кода) за пресмятане на радиуса на покритие и на тегловите спектри на кодовите думи, на лидерите на съседните класове и на самите съседни класове, предложени в дисертацията, особеностите на тяхната програмна реализация и възможностите за контрол на коректността на получените резултати. В третата глава са определени радиусите на покритие на класове линейни кодове. В резултат са намерени точните стойности или са подобрени известните граници на минималните стойности на радиуса на покритие в редица случаи. Освен това са класифицирани важни класове от кодове. В четвъртата глава се изследва поведението на шумозащитни кодове при откриване и коригиране на грешки – за циклични двоични и троични кодове и за троичния квадратично-остатъчен $[13,7,5]$ -код. За последния са предложени два декодиращи алгоритма, които са с по-малка сложност от известните. Показано е на конкретни примери, че кодове с едни и

същи основни параметри могат да имат съвсем различно поведение при контрол на грешки. В петата глава се разглеждат аналогични въпроси за т.н. CRC (скъсени циклични)-кодове. Показано е, че редица стандартизирани CRC-кодове не са най-добрият избор за почти всички дължини. Пресметнати са основните параметри и са класифицирани класове от двоични CRC-кодове, породени от полиноми от 8-ма, 10-та и 16 степен. В шестата глава се изучават възможностите на цикличните кодове за коригиране на грешки, чийто брой е по-голям от теоретично гарантирания. След това се разглеждат кодове с неравномерна защита на символите и се предлагат съответни алгоритми за определяне на възможностите на такива кодове. На края на главата се изучават нормализирани кодове, което позволява конструирането на нови кодове с минимален или малък радиус на покритие. В последната седма глава са получени първите класификационни резултати за оптични ортогонални кодове с параметри, най-често използвани в практиката. Такива кодове са важни при едновременното предаване на информация от много потребители по един и същи канал. Построени са нови примери на достигащи известните граници кодове, а в редица случаи е доказано несъществуването на такива кодове.

В заключение, много от проблемите, разглеждани в дисертацията, водят началото си от практически задачи, но те могат да бъдат използвани (а някои от тях вече са използвани) в изследванията на други автори. Някои от резултатите са намерили реално практическо приложение в комуникационни системи за управление на жп-и градски релсов транспорт в Италия, Германия и Индия, в телекомуникационни системи в Русия и Турция, затворени безжични системи, разработвани в ТУ – Берлин и в два патента в САЩ.

3. Преценка на публикациите по дисертационния труд. Дисертацията се базира на 25 публикации от периода 1998 – 2013 г., 17 от които са публикувани в авторитетни списания (включително такива с висок импакт-фактор), а 8 – в трудовете на специализирани по темата на дисертацията международни конференции у нас и в Русия. В 7 от случаите на статии, публикувани в списания, под същия номер са включени и съответните съобщения в трудовете на конференции. Списанията са: IEEE Trans. Information Theory – 4, Advances in Math. of Computations – 2, Math. Balkanica – 3, по една в Computer Communications, IEE Proc. Communications, IEEE Trans. on Communications, J. Combinatorial Designs, Applical Algebra in Eng. Communic. Computing, Math. Distances Applic., Serdica J. Comp., Годишник на СУ. Освен това, резултатите от дисертацията са докладвани на редица конференции и семинари у нас и в чужбина – Белгия, Германия, Италия, Кипър, Македония, Русия, Унгария. От публикациите по дисертацията 7 са самостоятелни, а останалите са съвместни: 13 са с по един съавтор, 3 са с двама, а 2 – с трима съавтори. Съавтори са Додунеков и Топалова – по 5 пъти, Буюклиев – 4, Саллам – 3, Казаков – 2, по веднъж съавтори са Ваврек, Великова, Ганчева, Кьотер, Уилемс, Фак. Приемам, че участието на съавторите в съвместните публикации е равноправно, още повече, че авторите са наредени по азбучен ред. Считаю, че наличието на съвместни работи е типично за областта,

защото се използват ранообразни методи от различни области. Освен това то говори за полезното качество дисертанта да работи в тим. За всеки от получените резултати авторът много точно указва къде е публикуван и къде е докладван. От друга страна, той е проявил известна небрежност и не е отразил импакт-фактора на списанията. Дисертантът е представил и списък от 115 цитирания от други автори на своите публикации по дисертацията. Особено цитирани са две от ранните статии (от 1998 и 2000 г., съвместни с Додунеков и Казаков) – 22 и 52 пъти. Според мене, статия с над 50 цитата е гротескно постижение. Освен това, 16 от цитатите са на трудове, в които дисертантът е единствен автор.

4. Мнения, препоръки и бележки. Нямам особени критични бележки по изложението. Мисля, че, трудът е написан достатъчно ясно и може успешно да служи за навлизане в тематиката на магистри и докторанти, което несъмнено е негово достойнство.

5. Авторефератът и справката за приносите са написани достатъчно подробно и дават ясна и адекватна представа за съдържанието и основните резултати на дисертацията.

Заключение: Представеният дисертационен труд е в актуална област. Той е на високо научно ниво и удовлетворява всички изисквания, поставени пред един дисертационен труд в областта на математиката и нейните приложения. Препоръчвам на почитаемото Научно жури да присъди на проф. д-р Цонка Стефанова Байчева научната степен „доктор на науките” по научната специалност „Информатика”.

София, 1 септември 2015 г.

Подпис:

(акад. д.м.н. В. Дренски)