

СТАНОВИЩЕ
върху дисертационния труд за придобиване на научната степен
„доктор на математическите науки”
по научна специалност 01.01.02 „Алгебра и теория на числата”

Автор на дисертационния труд: доц. д-р Емил Миланов Колев
от Института по математика и информатика към БАН.

Тема на дисертационния труд: „Оптимални кодове и задачи за търсене”.

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 кодирането, коригиращо грешки, комбинаторика, алгебра (линейна алгебра над крайни полета), информатика (съществена част от резултатите са получени с използването на компютър). Той е изложен на 161 „стандартни” TEX-страници. Състои се от увод (завършващ с информация за апробацията на резултатите и авторска справка), 4 глави, списък на използваната литература (включващ 81 заглавия), списък на публикациите по дисертацията (22 заглавия) и списък на цитиранията на тези 22 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 много различни области и се проявява по най-различни начини, например при обичайното предаване на съобщения (по радиото или по телефона, с телеграми, SMSи или от една част на компютъра до друга). Възниква естествената и важна задача за разработване на ефективни методи за възстановяване на първоначалното съобщение. Един математически подход, който е в основата на теорията на кодирането, е фиксирането на множество от думи с дадена дължина (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, което отчита броя на сгрешените символи при предаването на думата. Задачата се свежда до намирането на тази дума от кода, която е „най-близко” до получената дума. При това се прави естественото ограничение, че „силата” на шума трябва да е относително „малка”, за да не отдалечава твърде много полученото съобщение от изпратеното. С цел максимално въвличане на математически методи обикновено за азбука се използва крайно поле, а за отделни класове от кодове се предполага наличието на допълнителни алгебрични, геометрични или комбинаторни свойства (например се иска кодът да е линейно пространство). Първият цикъл от проблеми, разглеждан в дисертацията, е свързан с една от основните задачи на теория на кодирането – намирането на максималната мощност (или граници за нея) на код с дадени дължина и коригиращи възможности и над фиксирано крайно поле. При това не се предполагат никакви допълнителни ограничения за кода. Вторият цикъл от проблеми се отнася до задачите за покритие, една от основните от които е следната. За кодовете с дадена дължина над дадено крайно поле и фиксирано естествено число R да се намери най-малката мощност (или оценки за нея) на код със свойството, че всяка точка от пространството е на разстояние $\leq R$ от точка от кода. Освен за кодове над фиксирано поле, задачата се разглежда и за кодове, част от координатите на които са от едно поле, а останалите координати са от друго. В последния случай задачата има и „практическа“

формулировка на езика на Тото – 1: търси се оптимално залагане, при което двоичните символи отчитат избор между два възможни резултата, а символите от полето с три елемента отчитат и трите възможни изхода на мачовете. Накрая, последната тема на дисертацията се отнася до методи на неадаптивно търсене (включително с грешни отговори) на неизвестен елемент в множество, в което всеки елемент е с определено тегло и на една двумерна задача за адаптивно търсене. Първите две проблематики са органично свързани, както по формулировките на проблемите и на получените резултати, така и по методите за изследване. Такава връзка между тях и третата проблематика в дисертацията съвсем не е очевидна. Оказва се, че такава връзка има – при задачите за търсене по естествен начин се методи от теория на кодирането.

2. Научни и научноприложни приноси. Първата глава на дисертацията е уводна. Втора глава е посветена на описанието на оптималните двоични кодове с минимално разстояние 3. Най-важният резултат е намирането на точната стойност на мощността на такива кодове с дължина 10. Оказва се, че мощността е 72 (откъдето следва и стойността 144 за дължина 11). Доказва се, че има 562 такива нееквивалентни кода с дължина 10 и 7398 с дължина 11. В трета глава се разработват комбинаторни методи за намиране на добри долни граници за мощността на кодовете с дадени дължина и радиус на покритие. В част от случаите се оказва, че тези граници позволяват да се намерят и точните стойности на най-добрата възможна мощност. Сред основните резултати е долната граница 57 за бинарните кодове с дължина 9 и радиус на покритие 1. По време на публикуването на резултатите през 1995-98 г. това е първата неизвестна стойност, а границите са в интервала [54,62]. Впоследствие през 2001 г. с компютър е доказано, че точната стойност е 62. Освен това в главата се разглеждат смесени бинарно-троични кодове и за редица от тях се намират стойностите на най-добрата мощност при радиус на покритие 1 или за произволен радиус на покритие при специфични съотношения между параметрите на кода. Накрая на главата се решават подобни задачи за покритие със сфери в троичния случай. В третата глава се разглежда задачата за търсене на елемент в крайно множество чрез неадаптивно търсене (задаване едновременно на пакет от въпроси от типа „Принадлежи ли елементът на дадено подмножество?“). Предполага се, че множеството се състои от първите 2^n естествени числа, които са снабдени с тегла, а разрешените за задаване въпроси са дали елементът принадлежи на подмножество с фиксирана сума от теглата на елементите. Разглежда се и възможността част от отговорите да бъдат неверни. Теглата са от специален вид. Задачата е естествена, когато се иска подмножеството да е с определена сума на елементите, но липсва ясна мотивация защо останалите разглеждани теглови функции са интересни. Намерени са всички възможни суми на елементите, за които задачата има решение (т.н. „добри“ числа) и тези от тях, за които търсеното число се намира с минимален брой въпроси („подходящи“ числа). Накрая се решава проблем, поставен от Катона, за адаптивно търсене на неизвестен единичен квадрат в даден правоъгълник. В методите на изследване в четвъртата глава се вижда ясна аналогия с методи от теория на кодирането, което присъединява тематично главата към останалите глави от дисертацията.

В доказателствата на получените резултати се използват разнообразни методи от комбинаториката, алгебрата и теорията на кодирането, удачно комбинирани с пресмятания на компютър и на ръка.

Според мене, някои от вижданията на автора, изложени в дисертацията, са дискуссионни. Например, той твърди (на стр. 4, ред 3 отдолу-нагоре и отново на стр. 17, ред 2 отдолу-

нагоре), че основната задача на теорията на кодирането е да се намери най-голямата мощност на кодовете с дадени дължина и коригиращи възможности. Според мене, това е една от най-важните задачи, а не единствената най-важна задача. Аналогично, на стр. 17, ред 9 отдолу-нагоре, се твърди, че един добър код би трябвало да има малка дължина (за по-бързо предаване на кодовите думи), голяма мощност (за предаване на по-голям брой различни съобщения) и голямо минимално разстояние (за да поправя повече грешки). Много често на практика оптималността на някои от тези параметри се жертва за сметка на други важни качества, например наличието на ефективни процедури за кодиране и особено за декодиране.

В заключение, въпреки, че много от проблемите, разглеждани в дисертацията, водят началото си от практически задачи, основните резултати са от теоретично естество и е малко вероятно да намерят реално практическо приложение в близко бъдеще. Но разработените методи и получените теоретични резултати могат да се използват (а някои от тях вече са използвани) в изследванията на други автори.

3. Преценка на публикациите по дисертационния труд. Дисертацията се базира на 22 публикации, публикувани в авторитетни списания и поредици (включително такива с висок импакт-фактор) и трудове на авторитетни международни конференции у нас и в Русия (повечето от които специализирани по темата на дисертацията): IEEE Trans. Information Theory – 1, Lecture Notes in Computer Science (Springer) – 2, Central European J. Math. – 1, Discrete Math. – 1, Utilitas Math. – 1, Доклади на БАН – 2, Сердика – 2, трудове на международни конференции – 12 (9 в България и 3 в Русия). Някои от броевете на списанията и поредиците с публикации по дисертацията също са трудове на международни конференции. Освен това, резултатите от дисертацията са докладвани и на други семинари и конференции у нас и в чужбина. От публикациите по дисертацията 13 са самостоятелни, а останалите са съвместни: 3 са с Байчева, по 2 са с Ланджев и Дичев, по една са с Хил и с Байчева&Йостергерд. Приемам, че участието на съавторите в съвместните публикации е равноправно. 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. Авторът е проявил известна небрежност и в някои от случаите е отразил импакт-фактора от други години, а не от годините на публикациите. Освен това, част от представените към документацията статии са от предварителната, представена за печат, а не от окончателната публикувана версия. Дисертантът е представил и списък от 47 цитирания от други автори на своите публикации по дисертацията. Прави впечатление, че са цитирани само работи, публикувани преди 2000 г., но които продължават да бъдат актуални, защото част от цитатите са от последните години. Според мене, дисертантът трябва да преосмисли своите бъдещи планове, както по отношение на тематиката, така и по отношение на публикуването в авторитетни списания, а не предимно в трудове на конференции.

4. Мнения, препоръки и бележки. Част от критичните ми забележки бяха отбелязани по-горе. От изложението не е ясно дали някои твърдения, дадени с доказателства (обикновено в първите параграфи на главите, например границата на сферичната упаковка от лема 2.1.1), са дело на автора или доказателствата са дадени за пълнота на изложението. Доказателствата на някои от твърденията са дадени схематично, което затруднява четенето. Въпреки това, трудът е написан достатъчно ясно и може успешно да служи за навлизане в тематиката на магистри и докторанти (и дори на бакалаври),

което несъмнено е негово достойнство. На няколко места в текста забелязах дребни неточности. Например, формулата за връзката между разстоянието на Хеминг и теглата на векторите на страница 16 е вярна само за полето с два елемента, а не в общия случай на произволно крайно поле. Мисля, че отбелязаните недостатъци са лесно отстраними и не развалят общото положително впечатление от дисертацията.

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 доц. д-р Емил Миланов Колев научната степен „доктор на науките” в професионално направление 4.5. Математика, научна специалност „Алгебра и теория на числата”.

София, 12 юни 2014 г.

Подпис:

(акад. д.м.н. В. Дренски)