

РЕЦЕНЗИЯ
на дисертационен труд
за придобиване на научната степен „доктор на науките“
в област на висше образование
4. Природни науки, математика и информатика,
професионално направление 4.5. Математика,
научна специалност 01.01.02 „Алгебра и теория на числата“

Автор: доц. д-р Емил Миланов Колев
Секция „Математически основи на информатиката“
Институт по математика и информатика на БАН

Тема: „Оптимални кодове и задачи за търсене“

Рецензент: проф. дмн Стоян Недков Капралов
Катедра „Математика“, Технически университет – Габрово

1. Основание

Настоящата рецензия е подготвена на основание Заповед № 45 / 13.03.2014 г. на Директора на ИМИ и решение от заседание на научното жури, проведено на 21.03.2014 г.

2. Общо описание на представените материали

Комплектът материали е оформен според изискванията на Приложение 3 към Правилника за условията и реда за придобиване на научни степени и за заемане на академични длъжности в Института по математика и информатика на БАН и съдържа следните документи:

1. Заявление до Директора на ИМИ БАН за допускане до защита
2. Професионална автобиография
3. Диплома за придобита образователна и научна степен „доктор“.

4. Заповед на Директора на ИМИ за обсъждане на дисертационния труд от първично звено
5. Протокол от обсъждане на дисертационния труд от съвета на първичното звено.
6. Справка за приносите в дисертацията и публикациите по т.7
7. Списък на публикациите по дисертацията
8. Списък на цитиранията на публикациите по дисертацията.
9. Копия от публикациите по дисертацията
10. Дисертационен труд
11. Информационни карти
12. Автореферат

3. Съдържание и резултати на дисертационния труд

Дисертацията в с общ обем 161 стр. и се състои от Увод (с включени Аprobация на резултатите и Авторска справка), четири глави, Библиография, Публикации по дисертацията, Списък на цитирания.

В Увода е представена тематиката на изследванията в дисертацията, направен е кратък обзор на отделните глави и са представени основните получени резултати. От раздела Аprobация на резултатите се вижда, че дисертацията е изградена на базата на 22 научни публикации, от които 13 са самостоятелни, 8 са с по един съавтор и една е с двама съавтори. Сред съавторите на Емил Колев, освен авторитетните български учени проф. Ланджев и проф. Байчева, са също и проф. Hill от Великобритания и проф. Ostergard от Финландия.

Резултатите от дисертационния труд са публикувани в реномирани международни издания, като Discrete Mathematics и IEEE Transactions on Information Theory. Общо 7 от публикациите са в списания с импакт-фактор.

Напълно са удовлетворени исискванията на Чл. 6 от Правилника за условията и реда за придобиване на научни степени и за заемане на академични длъжности в ИМИ на БАН за наличието на поне 10 публикации в рецензирани издания, като поне 5 от тях да са в списания с импакт фактор и поне 3 от десетте да са самостоятелни.

В Глава 1 в рамките на 6 стр. са представени основните понятия и предварителни резултати, необходими за по-нататъшното изложение.

Глава 2 е посветена на оптималните двоични кодове с дължини 10 и 11, имащи минимално разстояние 3. Задачата за определяне точните стойности на $A_q(n,d)$ – максималният брой кодови думи в q -ичен код с дължина n и минимално разстояние d е основна задача в теория на кодирането. Доказателството, че $A_q(n,d)=M$, се състои от две части: 1) съществуване на $(n,M,d)_q$ -код и 2) несъществуване на $(n,M+1,d)_q$ -кодове.

Конкретната задача в тази глава – определяне точната стойност на $A(10,3)=A_2(10,3)$ има дълга предистория. През 1980 г. е доказано, че $A(10,3)\leq 79$; през 1994 г. – $A(10,3)\leq 78$; през 1995 г. – $A(10,3)\leq 76$. Автори на тези резултати са учени от световна класа в теория на кодирането: Best, Litsyn, Vardy, Klein. Тази, безспорно трудна задача, привлича вниманието на Емил Колев, който отначало доказва през 1998 г., че $A(10,3)\leq 74$ и накрая, през 1999 г., в съавторство с Байчева и Ostergard, получава точната стойност $A(10,3)=72$.

За пълнота на изложението в раздел 2.2 се определят точните стойности на $A(n,3)$ за дължини от 3 до 9. За дължини до 6 конструкциите и доказателствата се получават лесно на ръка, а от дължина 7 в разглежданията се намесва съвършения код на Хеминг, който е единствен с тези параметри с точност до изоморфизъм.

Основно място в раздел 2.2 заема Теорема 2.2.1, в която е установено, че съществуват точно 5 нееквивалентни двоични кода с параметри $(8,20,3)$. В доказателството са използвани, както комбинаторни съображения, така и пълно изчерпване с помощта на компютърни програми.

Най-важните резултати от Глава 2 са представени в раздел 2.3, където се определят точните стойности на $A(10,3)$ и $A(11,3)$, както и броят на нееквивалентните оптимални кодове със съответните параметри.

Основната идея в подхода, използван за класификация на кодовете с параметри (n,M,d) е разглеждането на скъсените подкодовете с дължина $n-1$. Реализацията на тази идея изисква тънки наблюдения и сръчност. Едно такова наблюдение е описано в Теорема 2.3.2, в която е доказано, че има смисъл да се разширяват само максимални кодове.

Получените резултати за класификация на двоични кодове, поправящи една грешка, с дължини от 4 до 11 са представени в Таблица 1 на стр. 39. Резултатите са проверени независимо в България и Финландия. Считам, че тези резултати, както и съответната публикация в IEEE Transactions on Information Theory, представляват научен принос на дисертационния труд от много висока стойност.

Докато в Глава 2 задачата е в пространството F_q^n от всички q -ични n -торки да се поместят колкото се може повече непресичащи се кълбета с даден радиус, в Глава 3 задачата е следната: с колкото се може по-малко кълбета да се покрие цялото пространство. Съществува определена връзка между тези две задачи. Така например в Лема 2.1.1 се твърди, че $A(n,3) \leq 2^n / (n+1)$, докато в контекста на Глава 3 имаме Лема 3.1.1, според която $K(n) \geq 2^n / (n+1)$.

Както и в Глава 2, докторантът атакува проблем, по който доста е работено преди това. В раздел 3.2 се изследва задачата за определяне на $K(9)=K_2(9,1)$ – минималната мощност на двоичен код с дължина 9 и радиус на покритие 1. Емил Колев започва изследвания по конкретната задача, когато известните граници за търсената стойност са $54 \leq K(9) \leq 62$. В две статии (първата, от които е в съавторство с Hill и публикувана в Discrete Mathematics) последователно е доказано $K(9) \geq 56$ и $K(9) \geq 57$. Доказателствата са чисто аналитични, като по мое предположение, компютърни програми са използвани само за определяне на нееквивалентните кодове от дадено множество от кодове. На стр. 48 в дисертацията, това е описано с едно изречение: „От така получените кодове по стандартен начин определяме нееквивалентните”.

В раздел 3.2 е представено доказателството само на по-силния резултат $K(9) \geq 57$. По мое убеждение, нищо повече от този резултат, не може да бъде получено без използване на компютър.

Доказателството на твърдението, че не съществува двоичен код с 56 кодови думи, такъв, че кълбетата с центрове кодовите думи и радиус 1 да покриват цялото пространство, независимо, че е написано много стегнато и компактно, заема повече от 10 стр. Може да служи като образец на

систематично изследване на поредица от случаи, всеки от които изисква отделен подход, приложим само за конкретната ситуация и параметри.

По-късно се оказва, че точната стойност на $K(9)$ е 62, като резултатът е получен посредством изчерпващо търсене с компютър.

В следващия раздел 3.3 се разглеждат смесени двоично-троични кодове с малки дължини, като са намерени долни граници и точни стойности за кодове с радиус на покритие 1. Отначало под формата на лема са доказани няколко общи резултата, след което се преминава към разглеждането на отделни конкретни случаи.

Преди изследванията, представени в дисертацията е било известно, че $13 \leq K(1,5,1) \leq 16$. В раздел 3.3.1 е доказано, че не съществува код със съответните параметри и свойства с 15 думи, откъдето следва точната стойност $K(1,5,1) = 16$. В доказателството се използват комбинаторни и алгебрични техники. С прилагането на аналогичен подход в раздел 3.3.2 е определена точната стойност $K(2,4,1) = 20$.

В раздел 3.3 се разглеждат смесени кодове с 4 троични и 2 двоични координати. Код с 36 думи може сравнително лесно да се построи (Лема 3.3.13). В дисертацията е доказано, че не съществува код с радиус на покритие 1 и 35 кодови думи, като по този начин е намерена точната стойност $K(4,2) = 36$.

Допълнителни резултати за смесени покриващи кодове с $R > 1$ са получени в раздел 3.4.

В раздел 3.5 е разгледана задача за покриване не с кълбета, а със сфери с радиус дължината на кодовите думи. Първите публикувани резултати по изследвания проблем са от средата на XX век. Обект на изучаване е величината $T(n)$ – минималният брой вектори в код от F_3^n , такива че за всеки вектор от пространството да съществува кодова дума на разстояние n . Получени са два резултата: доказано е, че при $n=8$ съществуват точно две нееквивалентни покрития и е определена точната стойност на $T(9)=68$. Известните резултати за $n < 8$ са получени с компютър. Трябва да се отбележи, че при задачи от подобен характер, за малки стойности на параметрите, дори и по-неефективни

алгоритми дават резултат. При конкретната задача това са случаите $n < 7$. При $n = 7$ е необходим по-внимателен анализ. Случаите $n = 8$ и $n = 9$, които се изследват в дисертацията, изискват прилагането на детайлни наблюдения, за да бъде търсенето с компютър успешно.

Последната Глава 4 е посветена на задачи за търсене. В раздел 4.1 е формулирана постановката на задачата. В раздел 4.2 се разглежда неадаптивно търсене с множества с разни тегла. Получени са резултати относно това, дали едно число S е добро или подходящо при различни варианти на задачата.

В раздел 4.3 се разглежда двумерна задача за търсене, предложена от проф. Катона. Намерени са най-малкият неразрешим правоъгълник (11×93) и най-малкият неразрешим квадрат (181×181).

4. Приноси на дисертационния труд

Приносите на дисертацията са научни и се състоят в окончателното решаване на редица задачи, които преди това са били атакувани от много учени. Приемам напълно приносите от авторската справка на стр. 14 от дисертацията.

5. Публикации и цитирания на публикации по дисертационния труд

В началото на точка 3 от настоящата рецензия са представени данни за публикациите по дисертацията. Най-ранните публикации са от 1994 г., последните са от 2013 г., като са сравнително равномерно разпределени през годините. От приложения списък на цитирания се вижда, че няколко от публикациите са цитирани общо около 50 пъти, като естествено най-голям отзвук има публикация [P8], която е цитирана повече от 30 пъти.

6. Авторефератът е направен съгласно изискванията и отразява правилно съдържанието на дисертацията.

7. Забележки по дисертационния труд

Нямам критични бележки, освен това, че в раздел 4.2 не са цитирани никакви предварителни резултати, докато всичко е съвсем добре описано в съответната статия [P12]. Пак в този раздел, на стр. 92, ред 4 отдолу, би трябвало да пише „добро“, а не „подходящо“.

8. Заключение

Оценката ми за дисертационния труд, автореферата, научните публикации и научните приноси на Емил Колев е положителна.

Представеният дисертационен труд съдържа важни научни резултати, които представляват оригинален принос и отговаря на изискванията на Закона за развитие на академичния състав в Република България.

Постигнатите резултати ми дават основание да предложа Емил Колев да придобие образователната и научна степен „доктор на науките“ в област на висше образование 4. „Природни науки, математика и информатика“, професионално направление 4.5 „Математика“, научна специалност 01.01.02 „Алгебра и теория на числата“.

21.05.2014 г.

Подпис:

/проф. дмн Стоян Капралов/