

РЕЦЕНЗИЯ

**от проф. дмн Стефка Христова Буюклиева
ФМИ при ВТУ „Св.св. Кирил и Методий”**

на дисертационен труд

за придобиване на образователната и научна степен "Доктор"

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

Професионално направление: 4.5. Математика

Научна специалност: Алгебра и теория на числата

Автор: Дамян Стефанов Анев

**Тема: Изследване и класификация на самодуални кодове:
група от автоморфизми, четири циркулантна конструкция, съседи**

Научен ръководител: проф. дн Николай Иванов Янков

Тази рецензия е написана и представена на основание заповед № РД-16-159/12.10.2018 г. на Ректора на Шуменски университет, както и на решение на Научното жури по процедурата (Протокол №1/16.10.2018 г.). Рецензията е изготвена според изискванията на ЗРАСРБ, Правилника за прилагане на ЗРАСРБ и Правилника за развитие на академичния състав в ШУ (ПРАСШУ).

Дамян Анев е представил пълния комплект необходими материали по процедурата в съответствие с ПРАСШУ.

1. Данни за дисертанта.

Дамян Анев е роден на 20.04.1975 г. През 2001 г. завършва ФМИ на ШУ „Еп. Константин Преславски”, специалност „Математика и информатика”. От 2001 г. работи като учител по математика: до 2015 г. в Професионална гимназия по строителство, архитектура и геодезия, а след това в ППМГ „Нанчо Попович” в Шумен.

Владее английски език, ниво B1. Познава MS Office и PHP, работи професионално с математически софтуер.

2. Данни за докторантурата.

В периода 2015 - 2018 г. Дамян Анев е докторант в редовна форма на обучение по докторска програма „Алгебра и теория на числата” към катедра „Алгебра и геометрия” на ФМИ, Шуменски университет. Дисертантът е положил необходимите изпити и е отчислен с право на защита със заповед № РД-10-439/01.03.2018 г. на Ректора на ШУ „Еп. Константин Преславски”. Проектът за дисертация е оценен положително и насочен за публична защита на заседание на катедра „Алгебра и геометрия” с Протокол № ФД-02-02/09.10.2018 г.

3. Актуалност на тематиката и целесъобразност на поставените цели и задачи.

Дисертационният труд на Дамян Анев е посветен на изследвания в областта на алгебричната теория на кодирането, свързани с конструиране и класификация на двоични самодуални кодове. Използвани са идеи и резултати от теория на крайните полета, комбинаторни методи, а също и математически софтуер.

Броят на всички самодуални двоични кодове при по-големи дължини расте експоненциално и дори класификацията само на оптималните кодове за повечето дължини на този етап е невъзможна. Затова често се въвеждат ограничения освен за параметрите, така и за групите от автоморфизми. Метод за конструиране и класификация на двоични самодуални кодове чрез използването на пермутация от нечетен прост ред е разработен от Huffman и Йоргов през 80те години на XX век. От създаването си досега методът е интензивно използван и усъвършенстван. Класифицирани са много оптимални самоортогонални кодове със зададен автоморфизъм. Тази тематика е традиционна за българската школа по кодиране, като по нея са работили и много колеги от Шуменския университет, като Васил Йоргов, Никола Зяпков, Радка Русева, Николай Янков и др. Чрез прилагането на този метод в дисертацията са изследвани оптимални двоични самодуални кодове с дължини от 60 до 64 с автоморфизъм от ред 5 и двоични самодуални кодове с дължини между 78 и 84, които имат автоморфизъм от ред 13. Получени са много нови резултати, които са публикувани в две авторитетни научни списания и са докладвани на международни и национални конференции.

В работата си от 1990 година Conway и Sloane определят тегловните функции на оптималните двоични самодуални кодове с дължини до 72, като в много от случаите тези функции зависят от един или два параметъра. Оттогава голяма част от изследванията върху двоичните самодуални кодове е посветена на конструирането на кодове с тегловна функция, която фигурира като възможност, но не е било известно дали наистина съществува съответен код. Именно на конструкции на оптимални самодуални кодове е посветена и работата на Дамян Анев. В голяма част от случаите конструираните кодове дават първите примери за код със съответната тегловна функция.

Освен метода на Huffman и Йоргов за конструиране и класификация на двоични самодуални кодове, притежаващи автоморфизъм от нечетен прост ред, са използвани методи за скъсяване и разширяване на вече известни самодуални кодове. По този начин са конструирани оптимални двоични самодуални кодове с дължини 58 и 66, като много от

получените кодове имат нови нереализирани до този момент тегловни функции. Използвана е и конструкцията за получаване на четири циркулантни самодуални кодове,

4. Познаване на проблема.

Дамян Анев владее добре метода на Huffman и Йоргов, умело прилага възможностите на математическия софтуер GAP за алгебрични пресмятания и умело обобщава получените резултати. От посочените 83 заглавия в литературата се вижда, че дисертантът е добре запознат със световните изследвания по темата на дисертацията и със съвременните резултати в тази област.

5. Данни за дисертацията и автореферата.

Дисертацията е в обем от 94 страници и е структурирана както следва: увод, апробация на резултатите, авторска справка, четири глави, литература (включваща 83 заглавия, всички на английски език), списък с публикации по дисертацията и благодарности. Работата е посветена на тематика, върху която много се работи, а именно конструиране и класификация на двоични самодуални кодове, като за целта са приложени следните методи – конструиране и класификация на кодове със зададен автоморфизъм от нечетен прост ред, скъсяване на кодове с дължина n до кодове с дължина $n-2$, разширяване на дадени кодове до кодове с по-голяма дължина, както и конструиране на четири циркулантни кодове. Използваните методи не са нови, но за кодове с дължина над 60 прилагането им не е лесно, тъй като броят на нееквивалентните оптимални кодове е голям, а броят на междинните решения е още по-голям. Затова се налага използването на техники, които да позволяват отхвърляне на неподходящи междинни решения, а също и теоретични обосновки по въпроса кои подкодове водят до еквивалентни самодуални кодове с исканите параметри. Освен познаване на теорията конструкциите изискват и изкусно боравене с математически софтуер (докторантът използва предимно системата GAP, а също Magma и Q-Extension), а в някои случаи и реализация на собствени програми (написани на Delphi).

Дисертацията се състои от увод и 4 глави. Първа глава съдържа описание на основните понятия, дефиниции, техники и резултати, свързани с изследванията на дисертационния труд. Описан е методът на Huffman и Йоргов за конструиране на двоични самодуални кодове със зададен автоморфизъм от нечетен прост ред, дадени са дефиниции на четири циркулантен код и радиус на покритие, както и някои граници за радиуса на покритие. В края на Глава 1 е описан и използваният софтуер. Във втора глава е разгледана структурата на самодуалните кодове с дължина $60 \leq n \leq 64$ и минимално

разстояние 12, притежаващи автоморфизъм от ред 5 с 12 независими цикъла. Класифицирани са оптималните самодуални кодове с дължини 60, 62 и 64, инвариантни относно пермутация от така зададения тип, и с метода на скъсяването са конструирани някои нови самодуални [58,29,10] кодове. В Глава 3 е разгледана структурата на самодуалните кодове с дължини между 78 и 84, които имат автоморфизъм от ред 13 с 6 независими цикъла. Класифицирани са всички кодове с тези дължини и разглеждания автоморфизъм, които имат минимално разстояние 14 и 16. Доказано е, че минимално тегло 16 измежду разглежданите кодове имат само някои двойночетни кодове с дължина 80. В Глава 4 е приложен е метод за конструиране на четири циркулантни самодуални кодове, като с него са получени нови двойночетни и едночетни самодуални [64,32,12] кодове. Чрез разширяване от тези кодове са конструирани [66,33,12] кодове, сред които и кодове с тегловни функции $W_{66,1}$ за $\beta = 7, 58, 70, 91$ и 93 , както и $W_{66,3}$ за $\beta = 22$ и 23 .

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

6. Научни приноси

Основните приноси на дисертационния труд са свързани с конструкции и класификацията на двоични самодуални кодове със зададени параметри. По-конкретно:

1. Класифицирани са оптималните самодуални кодове с дължини 60, 62 и 64, които са инвариантни относно пермутация от ред 5 с 12 независими цикъла. Доказано е, че съществуват точно 236 нееквивалентни [60,30,12], 4636 нееквивалентни [62,31,12] и 6834068 нееквивалентни [64,32,12] едночетни самодуални кода с такъв автоморфизъм. Някои измежду конструираните кодове доказват съществуването на код с определена тегловна функция, например за първи път са конструирани кодове с тегловни функции от вида $W_{62,2}$ за $\beta = 1, 5, 6, 11$ и 21 , $W_{64,1}$ за $\beta = 19, 40$ и 54 , както и $W_{64,2}$ за $\beta = 31, 39, 46, 47, 49, 54, 55, 57, 60, 62$ и 69 .
2. Направена е пълна класификация на двоичните самодуални $[78 \leq n \leq 84, n/2, d \geq 14]$ кодове с автоморфизъм от ред 13 с 6 независими цикъла. Минимално тегло 16 имат само някои двойночетни кодове с дължина 80. За всички останали случаи конструираните кодове имат минимално тегло 14.
3. Приложен е метод за конструиране на двоични самодуални кодове чрез скъсяване. С този метод са получени много нови оптимални самодуални кодове с дължина 58, като са използвани класифицираните от автора [60,30,12] самодуални кодове с автоморфизъм от ред 5.

4. Приложен е метод за конструиране на четири циркулантни самодуални кодове, като с него са получени нови двойночетни и едночетни самодуални [64,32,12] кодове.
5. За получените самодуални [64,32,12] кодове е приложен специален метод за разширяване, с който са конструирани [66,33,12] кодове с неизвестни досега тегловни функции.

7. Публикации по темата на дисертацията.

Дамян Анев е представил 4 публикации по темата на дисертацията, две от които са в сборници от конференции, а останалите две са в реферирани и индексирани списания. Всички статии са на английски език. И четирите статии са в съавторство с научния ръководител, като три от тях имат и по трети съавтор, а именно Masaaki Harada (статия № 1), M. Gurel (статия № 2) и M. H. Lee (статия № 4). Публикациите са:

- № 1 е статия в списание JACODESMATH, индексирано в няколко световни бази, и е отпечатана съвсем наскоро (2018 г.).
- № 2 е статия в списание Advances in Mathematics of Communications, чийто Impact Factor за 2017 година е 0.564.
- № 3 е доклад на международната конференция *Optimal Codes and Related Topics*, 2017, София.
- № 4 е доклад от конференция в Южна Корея, чийто абстракт е публикуван в сборник, издаден през 2017 г.

Публикациите по дисертационния труд удовлетворяват критериите от Правилника за прилагане на ЗРАСРБ на ШУ и Специфичните изисквания на ФМИ при ШУ „Епископ Константин Преславски” за придобиване на научна степен „доктор ” в направления 4.5 Математика и 4.6 Информатика и компютърни науки.

8. Критични бележки и препоръки

Намерих някои неточности в дисертацията, като например:

- Стр. 30: Пораждащата матрица на линеен код има k реда, което означава, че пораждащата матрица и на цикличен код има k реда и не е точно циркуланта, а само част от циркуланта. Всъщност всяка $n \times n$ циркуланта поражда цикличен код, но не е негова пораждаща матрица.
- Стр. 34. Теорема 1.5.6 се цитира като теорема на Лагранж, но тя се различава от познатата ни от учебниците по алгебра теорема на Лагранж за

групи. Всъщност в Теорема 1.5.6 са разписани свийствата на съседните класове.

- Стр. 40. В Дефиниция 1.7.4 се използва терминът сфера, а по-нататък вече се говори за кълбо. Смятам, че по-правилен е терминът „кълбо“ за разглежданите дефиниции и граници.
- Би било добре част 1.7 да е по-обширна и да съдържа и някои доказателства. Дори смятам, че би било от полза по-подробното разглеждане на четирициркулантната конструкция и какви квазициклични кодове се получават чрез нея, а съседите и радиусите на покритие да се представят в отделна част. В сегашния вид част 1.7 дава само бегла представа за тези конструкции и параметри.
- Стр. 41: „за конструирането на четни кодове $E_{\mathcal{A}}(C)$ над по-големи полета“
→ всъщност тук става дума за кодовете $C_{\varphi} = \varphi(E_{\mathcal{A}}(C)^*)$.

Въпреки представените неточности, дисертацията е на добро ниво. Основното преимущество на работата е в получените резултати, които обогатяват знанията за двоичните самодуални кодове.

Заклучение

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“ от Дамян Стефанов Анев в област на висше образование 4. Природни науки, математика и информатика, професионално направление 4.5. Математика.

26.11.2018 г.

Подпис:

/проф.дмн Стефка Буюклиева /