

РЕЦЕНЗИЯ

на дисертационен труд

за придобиване на **научна степен** ”Доктор на математическите науки”

област 4. Природни науки, математика и информатика

ПН 4.6. Информатика и компютърни науки

Тема: ”Класификация на дизайни и сродни на тях комбинаторни структури”

Автор: Светлана Тодорова Топалова

Рецензент: проф. д.м.н. Николай Иванов Янков,
Колеж-Добрич, Шуменски университет „Епископ К. Преславски”

Общо описание на дисертационния труд

Със заповед от 20.11.2017 г. на Директора на Института по математика и информатика – БАН съм определен за рецензент в научното жури във връзка с процедурата за защита на дисертационния труд.

Дисертационният труд е посветен на решаване на задачи за конструиране, изброяване и класификация на дизайни и сродни на тях обекти. Работата по тези задачи е във фокуса на изследванията на много автори поради богатата структура на разглежданите обекти и разнообразните им връзки с други дялове на математиката.

Главните обекти на изследване в настоящия дисертационен труд, освен самите дизайни, са следните:

- резолюции на дизайни
- Адамарови материци
- спредове и паралелизми на крайни проективни пространства
- различни видове кодове (самодуални, циклично-пермутационни, константно-тегловни, антиконфликтни и силно антиконфликтни)

Литературен обзор

Впечатлението ми от дисертацията и работата на дисертанта е, че се познава задълбочено проблематиката и нейното съвременно състояние. Някои от задачите, на които се поставя акцент в дисертацията, са свързани със задачи и хипотези на известни специалисти в теория на кодирането. В дисертацията се решават множество нерешени досега случаи, а в някои случаи са реализирани подобрения на предишни резултати. По този начин, безспорно, дисертантът показва задълбочено познание в

изследваната област, експертна информираност по проблематиката, както и умения да развива тази тематична област.

Методика

При изследванията на дизайните и сродните им структури дисертантът използва различни методи от алгебрата и теория на групите, от комбинаториката, както разбира се и от информатиката. Значителна степен от резултатите са постигнати с помощта на компютърни пресмятания включително и с авторски алгоритми. Всички резултати, които са получени в съавторство са верифицирани, като поне двама от авторите самостоятелно реализират алгоритмите. Така при всяко от изследванията се получават идентични резултати от съавторите.

Съдържание и резултати на дисертационния труд

Дисертационният труд „Класификация на дизайни и сродни на тях комбинаторни структури” се състои от увод, шест глави, заключение, библиография от 248 източника на латиница, както и 14 на кирилица, списък от 18 публикации по темата на дисертацията, списък с 71 цитирания, някои специални означения и общо съдържание. Цялостният обем на дисертационния труд е 200 страници. В уводната част на труда са представени авторска справка за приносите на дисертационния труд, апробация на резултатите, както и информация за съответствие с минималните национални изисквания.

Глава 1 съдържа основните дефиниции, означения и условия за съществуване на комбинаторните дизайни, които се използват по нататък в дисертацията. В §1.1 е включена информация съответно за дизайни и свързаните с тях матрици, резолюции, спредове и паралелизми на крайни проективни пространства, оптични ортогонални кодове. Частта §1.2 е посветена на предварително известните алгоритми.: Вниманието е обърнато на сложността на алгоритмите и на възможностите за реализацията им чрез паралелни процеси (паралелизация).

В глава 2 са включени класификационни резултати за симетрични дизайни и за Адамарови матрици, получени от Адамарови симетрични дизайни. В част 2.2 е описан разработеният алгоритъм за конструиране на симетрични дизайни със зададени автоморфизми от прост ред, който е модификация на известния алгоритъм с експоненциална сложност на Anstee, Hall и Thompson. В §2.3 са разгледани 2 -(69, 17, 4) дизайни, за които $|\text{Aut}(D)| = 13$. При класифицирането им са получени всички 4 неизоморфни дизайни и техните 16 остатъчни 2 -(52, 13, 4) дизайни. Част 2.4 представя разработените алгоритми за установяване на Адамарова еквивалентност и намиране на групата от автоморфизми на Адамарова $n \times n$, които свеждат задачите до съответните задачи за квадратни двоични матрици от ред $2n$. В §2.5 са разгледани Адамарови матрици от ред 44, които са успешно класифицирани при хипотезата, че

$|\text{Aut}(\mathcal{H})| = 7$. Като приложение на получените дизайни, от $2-(43, 21, 10)$ дизайните са конструирани екстремални двоични двойночетни самодуални кодове с дължина 88. Частта 2.6 представя класификация на всички Адамарови $2-(63, 31, 15)$ дизайни, инвариантни относно диедралната група от ред 10 и на съответните им нееквивалентни Адамарови матрици от ред 64.

В Глава 3 представя решението на някои от задачи за конструиране на дизайни, инвариантни относно групи от автоморфизми от ред 2 или 3. В §3.2 е осъществена класификацията на Уилсоновите Щайнерови системи от тройки от редове 19 и 21. Чрез конструктивна класификация на всички дизайни с нетривиални автоморфизми е определен точният брой на класовете на изоморфизъм. Част 3.3 изследва двойните на единствения с точност до изоморфизъм $2-(21, 5, 1)$ дизайн и е получена конструктивна класификация само за дизайните с нетривиални автоморфизми.

Главната цел на Глава 4 е конструктивната класификация на спредове на $PG(n, 2)$. В §4.2 е описан разработеният алгоритъм за конструиране на всички (с точност до проективна еквивалентност) спредове на $PG(n, 2)$, който съществено използва свойствата на групата от автоморфизми на проективното пространство, както при теста за минималност, така и за предварително подреждане по удобен начин на елементите от множеството на търсене и фиксиране на част от тях без загуба на общност. Представена е класификация на всички общо 131044 спредове на $PG(5, 2)$. В §4.4 са разгледани и конструирани книжните спредове на $PG(5, 2)$. Съответно е описана използваната модификация на алгоритъма §4.2 за конкретния случай, като са фиксирани шест прави от спреда. В §4.5 е продължени изследването на книжните спредове, този път на $PG(7, 2)$.

Задачи, включващи класификация на всички резолюции на даден дизайн или на тези от тях, са инвариантни относно избрана група от автоморфизми от прост ред, представляват основната тематика в Глава 5. Част от резултатите касаят t -паралелизми и разрешими дизайни на $PG(n, q)$, за които чрез авторски алгоритъм за класификация на резолюции със зададени автоморфизми. В случай, че броят на автоморфизмите на дизайнът не е прекалено голям, са намерени и автоморфизмите на резолюцията. В §5.5 са разгледани резолюции на циклични Щайнерови системи от тройки $STS(v)$ за $v \leq 39$. Представена е класификация и някои инварианти на резолюциите на цикличните $STS(v)$, $v \in \{15, 21, 27\}$, на резолюциите с нетривиални автоморфизми на цикличните $STS(33)$ и на резолюциите с автоморфизми от ред 13 на цикличните $STS(39)$. В §5.6 са конструирани всички $STS(21)$ с автоморфизми от ред 3 с 3 фиксирани точки и 7 фиксирани блока. Техните резолюции са класифицирани. В §5.7 са класифицирани всички 12312 неизоморфни 2-паралелизми на $PG(5, 2)$ с автоморфизъм от ред 31. За първи път са намерени единствени до момента 92 примера на такива паралелизми, като пълната група от автоморфизми има ред 155 и е транзитивна върху спредовете.

Глава 6 разглежда множество интересни обекти: двоични циклично-пермутационни константно-тегловни кодове (CPCW), циклични дизайни, антиконфликтни кодове и силни антиконфликтни кодове. Предмет на §6.3 са $(n, k, 1)$ оптимални двоични CPCW с малки дължини и техните циклични дизайни. За първи път са намерени класификационни резултати за оптималните $(n, k, 1)$ CPCW кодове и за цикличните $2-(73, 4, 1)$ и $2-(76, 4, 1)$ дизайни. С точност до мултипликативна еквивалентност оптималните са класифицирани $(n, k, 1)$ CPCW кодове с $k \in \{4, 5, 6, 7\}$. С точност до изоморфизъм са класифицирани и цикличните $2-(73, 4, 1)$ и $2-(76, 4, 1)$ дизайни и е установено несъществуването на цикличен $2-(127, 7, 1)$ дизайн. Част 6.4 разглежда (n, k) антиконфликтните кодове. Намерени са множество неизвестни преди стойности на максималния брой кодови думи $M(n, k)$ на антиконфликтни кодове с малки дължини и $k \leq 7$. Силните антиконфликтни кодове са предмет на §6.5, където са класифицирани такива кодове с малки параметри. В §6.5.3 са дадени класификационни резултати за оптимални силни антиконфликтни кодове с $k \leq 5$ и малки дължини.

Приноси на дисертационния труд

Основните приноси от алгоритмична гледна точка са разработените алгоритми класификация, конструиране и допълнително изследване на построените обекти. Тук причислявам алгоритмите за: конструиране на симетрични дизайни с автоморфизми от прост ред; установяване на Адамарова еквивалентност и за намиране на групата от автоморфизми на Адамарова матрица; конструиране на двойни дизайни; конструиране с точност до проективна еквивалентност на спредове на $PG(n, 2)$; класификация на резолюции със зададени автоморфизми от прост ред; намиране на пълна група от автоморфизми на резолюция с автоморфизъм; класификация/несъществуване на антиконфликтни кодове, силно антиконфликтни кодове и циклично-пермутационни константно-тегловни кодове.

По мое мнение, конкретните резултати от приложението на алгоритмите, са следните:

- Всички неизоморфни $2-(69, 17, 4)$ дизайна с автоморфизми от ред 13 и техните 16 остатъчни $2-(52, 13, 4)$. Всички нееквивалентни Адамарови матрици от ред 44, с автоморфизми от ред 7. Съответните им Адамарови $3-(44, 22, 10)$ и Адамарови $2-(43, 21, 10)$ дизайна. Всички Адамарови $2-(63, 31, 15)$ дизайни, инвариантни относно диедралната група от ред 10 и съответните им нееквивалентни Адамарови матрици от ред 64. От $2-(63, 31, 15)$ дизайните с 2-ранг не по-голям от 16 са намерени всички $2-(64, 16, 5)$ дизайни с 2-ранг 16. Всички неизоморфни циклични $2-(73, 4, 1)$ и $2-(76, 4, 1)$ дизайни.
- Всички Уилсонови Щайнерови системи от тройки от ред 19 и 21. Всички двойни на $2-(21, 5, 1)$ дизайн, имащи нетривиални автоморфизми. Установен е броят

на всички двойни на $2 - (21, 5, 1)$ дизайни.

- Всички спредове на $PG(5, 2)$, както и книжните спредове на $PG(5, 2)$ и на $PG(7, 2)$, отговарящи на някои допълнителни условия.
- Всички неизоморфни $STS(21)$ с автоморфизъм от ред 3 с 3 фиксирани точки и 7 фиксирани блока и техните резолюции. Резолюциите на циклични Щайнерови системи от тройки $STS(v)$ с малки параметри.
- Всички неизоморфни 2-паралелизми на $PG(5, 2)$ с автоморфизъм от ред 31. Намерени първите и единствени до момента 92 примера на транзитивни паралелизми в $PG(n, q)$ за $t > 1$.
- Всички с точност до изоморфизъм оптимални $(v, k, 1)$ двоични циклично-пермутационни константно-тегловни кодове с $k = 4, 5, 6$ и 7 и малки дължини. Доказано е несъществуването на $(127, 7, 1)$ циклична разностна фамилия и цикличен $2-(127, 7, 1)$ дизайн.
- Мултипликативно нееквивалентните оптимални:
 - (n, k) антиконфликтни кодове с $k = 3, 4, 5, 6$ и 7 и малки дължини.
 - плътни (n, k) антиконфликтни кодове с $k = 3, 4, 5, 6$ и 7 и малки дължини.
 - (n, k) силни антиконфликтни кодове с $k = 3, 4$ и 5 и малки дължини.

Публикации по дисертационния труд

В дисертацията са включени общо 18 публикации в специализирани научни журна-ли, от които 5 самостоятелни, 10 с двама автори, 1 с трима и 2 с четирима. По мое мнение приносът на дисертантът в общите публикации е равностоеен с този на останалите автори.

Що се касае до журналите, в които са публикувани изследванията на кандидата, то с импакт-фактор са 12, а SJR 3, останалите са в реферирани списания. Най-много от публикациите са в Discrete Mathematics - 5 и в Problems of Information Transmission - 2. Най-висок импакт-фактор имат IEEE Communications Letters с 2.723 и Designs Codes and Cryptography с 1.114. Сумарният импакт-фактор/SJR на публикациите, представени към дисертационния труд е 8.882, а средният е 0.493. Тези високи наукометрични показатели адекватно отразяват важността и актуалността на тематиката, застъпена в дисертацията.

Цитирания на публикациите от дисертационния труд

В справката за цитиранията на публикациите, включени в дисертацията показва общо 71 цитирания, от които: 18 в списания с импакт-фактор; 12 в други журна-ли индексирани в Scopus; 8 в монографии и колективни томове; 7 в индексирани в Zentralblatt; и останалите в други журна-ли, сборници от конференции, дисерта-ции в чужбина и у нас. Справката в Scopus и WebOfScience за дисертантът показва

h-индекс 5; 44 цитирания на всички публикации и средна стойност от 2.46 цитирания на публикация. Считам, че цитиранията адекватно отразяват актуалността на проблематиката, в която работи кандидатът.

Съответствие с минимални национални изисквания

Представените материали и дисертационни резултати напълно съответстват на минимални национални изисквания за научната степен „доктор на науките” област на висше образование „4. Природни науки, математика и информатика”, в професионално направление „4.6. Информатика и компютърни науки” според Закона за развитие на академичния състав в Република България (ЗРАСРБ), Правилника за прилагане на ЗРАСРБ, Правилника за условията и реда за придобиване на научни степени и за заемане на академични длъжности в БАН (изм. – 29.10.2018 г.) (ПУРПНСЗАД-БАН), Правилника за условията и реда за придобиване на научни степени и за заемане на академични длъжности в Института по математика и информатика при БАН (изм. - 30.11.2018 г.) (ПУРПНСЗАД-ИМИ). Това съответствие е видно от таблицата по-долу.

изисквания по	група критерии				
	А	Б	В	Г	Д
ППЗРАСРБ	50	100	-	100	100
ПУРПНСЗАД-БАН	50	100	-	100	100
ПУРПНСЗАД-ИМИ	-	-	-	-	-
дисертант по ППЗРАСРБ	50	100	-	373	192
дисертант по ППЗРАСРБ (ДВ.№15/19.02.2019 г.)	50	100	-	657	240

Считам, че са изпълнени и изискванията на чл. 2, ал. 3 от ПУРПНСЗАД-БАН и съвместните публикации, включени в оценяемия дисертационен труд не са използване в друга дисертация за НС “доктор на науките”. Изпълнен е и чл. 3, ал. 1 от ПУРПНСЗАД-ИМИ за представени 5 публикации в списания с IF или SJR.

Забележки по дисертационния труд

На стр. 23 е по-добре вместо термина насочен граф да се използва ориентиран граф. На стр. 39 е използван терминът „по-малка” за матрицата M^i , а по-правилно би било „лексикографски предхождаща”. На някои места има непроведени думи от английски език: на стр. 84 думата design, на стр. 90 думата If. На някои места липсва знак за системата неравенства: стр. 56, 62, 64 и др.

Автореферат и авторска справка

Авторефератът е в обем от 40 страници и съдържа основните резултати, получени в дисертационния труд, цитирани са 117 литературни източника. По мое мнение, авторефератът отразява достатъчно пълно съдържанието на дисертационния труд и основните приноси на дисертанта. Към дисертацията и автореферата е приложена авторска справка в обем от 3 страници. Приемам посочените от дисертанта приноси в авторската справка.

Заклучение

Дисертационният труд съдържа *важни научни, научно-приложни и приложни резултати, които представляват оригинален принос в науката* и **отговарят** на изискванията на Закона за развитие на академичния състав в Република България (ЗРАСРБ), Правилника за прилагане на ЗРАСРБ, ПУРПНСЗАД-БАН и ПУРПНСЗАД-ИМИ.

Дисертационният труд показва, че дисертантът **Светлана Тодорова Топалова** притежава задълбочени теоретични знания в областта на комбинаторните дизайни и сродните на тях структури и професионални умения, като демонстрира качества и умения за самостоятелно провеждане на научно изследване.

Поради гореизложеното, давам своята положителна оценка за проведеното изследване, представено от рецензираните по-горе дисертационен труд, автореферат, постигнати резултати и приноси, и предлагам на почитаемото научно жури Светлана Тодорова Топалова да придобие научна степен „доктор на науките” в област на висше образование: 4. Природни науки, математика и информатика, професионално направление **4.6. Информатика и компютърни науки**.

Шумен, 10.04.2019 г.

Рецензент: