

**БЪЛГАРСКА АКАДЕМИЯ НА НАУКИТЕ
ИНСТИТУТ ПО МАТЕМАТИКА И ИНФОРМАТИКА**

сигнатура:				
4.6	DPPM	S	01	v1
професионално направление	код на докт. програма	вид курс (базов/спец.)	номер	версия
<i>попълва се административно след приемане от НС на ИМИ</i>				

Утвърдил:
(чл.-кор. П. Бойваленков, Директор на ИМИ-БАН)

**Учебна програма
за специализиран докторантски курс**

Област на висше образование:	4. Природни науки, математика и информатика
професионално направление:	4.6. Информатика и компютърни науки
докторска програма:	Методи за обработка и защита на данни
тема:	Алгебрична комбинаторика: проблеми и методи
лектор:	д-р Константин Воробъев
данни за връзка с лектора (тел., имейл)	konstantin.vorobev@gmail.com
хорариум:	30 часа лекции
кредити съгл. кредитната система на ЦО на БАН:	20

1. Анотация

Алгебричната комбинаторика е разнообразен дял на математиката, който включва алгебрични методи за решаване на дискретни задачи. Курсът въвежда слушателите в основните идеи в тази област. Той е посветен на дистанционно-регулярни графи и характеристикните им пространства, равномерни разбивания и техните теглови разпределения, корелационна устойчивост на булеви функции. Курсът включва както класическа теория, така и нови резултати в избрани области на интерес.

2. Необходими предварителни знания

Базови познания по линейна алгебра и теория на графите

3. Компетентности, придобити в резултат на обучението

Придобиване на знания за дистанционно-регулярни графи и техните характеристични пространства, булеви функции, равномерни разбивания, алгебрични методи за

характеризиране на алгебрични и комбинаторни структури (графи, функции, разбивания). Придобиване на умения за уверено боравене със специализирана литература по темата и използването ѝ при решаване на научни и приложни задачи.

4. Тематично съдържание

тема	брой часове лекции
Дистанционно-регулярни графи, характеристични пространства	8
Хемингови графи, перфектни кодове	6
Равномерни разбивания и тегловни разпределения	4
Корелационна устойчивост на Булеви функции	6
Графи и смени, запазващи спектъра	6

5. Конспект

1. Дистанционно-регулярни графи.
2. Характеристични пространства и собствени стойности на дистанционно-регулярни графи.
3. Кодове в графи на Хеминг и Джонсън.
4. Напълно регулярни кодове и перфектни кодове в графи на Хеминг и Джонсън.
5. Равномерни разбивания.
6. Тегловни разпределения на разбивания в дистанционно-регулярни графи.
7. Булеви функции, степен на функция.
8. Граница на Фон-Дер-Флаас за корелационна устойчивост на функция.
9. Спектър на граф, изоспектрални графи.
10. Смени, запазващи спектъра на граф.

6. Препоръчана литература:

1. Brouwer A., A. Cohen, and A. Neumaier. Distance-Regular Graphs. Ergebnisse der Mathematik und ihrer Grenzgebiete. 3. Folge / A Series of Modern Surveys in Mathematics. Springer Berlin Heidelberg, 1989.
2. Carlet C., Boolean functions for cryptography and coding theory, Cambridge University Press, Cambridge, 2021.
3. Godsil C. Algebraic Combinatorics. Chapman and Hall Mathematics Series. Chapman & Hall, New York, 1993.
4. Krotov D., K. Vorob'ev, On unbalanced Boolean functions with best correlation immunity, The Electronic Journal of Combinatorics 27(1) (2020) #P1.45.
5. Fon-Der-Flaass D.G. A bound on correlation immunity, Siberian Electronic Mathematical Reports 4 (2007) 133-135.
6. MacWilliams F.J., N.J. Sloane. The Theory of Error-Correcting Codes, North-Holland Publishing Company, New-York, 1977.

7. Ресурсно осигуряване на обучението

Не се нуждае

8. Критерии за оценка

Изпитът е с продължителност 4 часа и се състои от две части – писмен и устен.

На писмения изпит докторантът развива своите идеи и концепции по два въпроса от конспекта.

На устния изпит докторантът отговаря на зададени от журито въпроси, свързани с темата на курса.

Крайната оценка е от 2 до 6 (с точност до 0.5).

Тя се формира на базата на следното съответствие:

Отличен (6 или 5.50)	Отлично владее материала. Изложението е изчерпателно, последователно, компетентно, логично и хармонично. Правилно обосновава предлаганите решения, знае как да обобщава и излага материала без да прави грешки. Притежава необходимите умения за изпълнение на практически задачи.
Мн. добър (5 или 4.50)	Познава материала. Излага го правилно без да допуска съществени неточности. Може правилно да прилага теоретични принципи и притежава необходимите умения за изпълнение на практически задачи.
Добър (4 или 3.50)	Владее голяма част от материала, но допуска неточности при изложението и отговорите на въпросите. Има известни неясноти при опитите за прилагане на материала в практически ситуации.
Среден (3)	Владее само част от материала, но се затруднява в отделните детайли. Допуска неточности във формулировките и нарушава последователността при представянето на материал. Има затруднения при изпълнение на практически задачи.
Слаб (2)	Не познава значителна част от материала, допуска съществени грешки и с големи трудности изпълнява практически задачи.

Учебната програма е обсъдена и одобрена на заседание на секция „Математически основи на информатиката“

на 22.11.2024 г.

Ръководител секция:

(доц. д-р Христо Костадинов)

Разгледана от Директорския съвет на ИМИ-БАН на 28.11.2024 (протокол № 48).

Приета от Научния съвет на ИМИ-БАН на 29.11.2024 (протокол № 15).

**BULGARIAN ACADEMY OF SCIENCES
INSTITUTE OF MATHEMATICS AND INFORMATICS**

Signature:				
4.6	DPPM	S	01	v1
Professional Field	PhD Programme Code	Course Type	Number	Version
<i>To be filled in after acceptance by the Scientific Council of IMI</i>				

Approved:
(Prof. DSc P. Boyvalenkov, Director of IMI-BAS)

**Curriculum
of a Specialized PhD Course**

Higher Education Area:	4. Natural Sciences, Mathematics and Informatics
Professional Field:	4.6. Informatics and Computer Sciences
PhD Programme:	Methods for Data Processing and Protection
Theme:	Algebraic Combinatorics: Problems and Methods
Lecturer:	Dr. Konstantin Vorobev
Contact Details of the Lecturer (phone, email):	konstantin.vorobev@gmail.com
Hours:	30 hours of lectures
Credits According to the Credit System of the Training Centre of BAS:	20

1. Annotation

Algebraic combinatorics is a broad area of mathematics that includes algebraic methods for solving problems from discrete mathematics. The course introduces the basis ideas of this area. It is devoted to distance regular graphs and eigenspaces, equitable partitions and their weight distributions, correlation immunity of Boolean functions. The course includes both classical theory and recent results in selected areas of interest

2. Prerequisites

Basic knowledge of linear algebra and graph theory is required.

3. Expected Learning Outcomes

Acquisition of knowledge about distance regular graphs and their eigenspaces, Boolean functions, equitable partitions, algebraic methods characterizing algebraic and combinatorial structures

(graphs, functions, partitions). Acquisition of skills of fluent handling of special literature on the subject and its use in solving scientific and scientific-applied problems.

4. Topical Outline of Content

Topic	Hours Lectures
Distance regular graphs, eigenspaces	8
Hamming graphs, perfect codes	6
Equitable partitions and weight distributions	4
Correlation immunity of Boolean functions	6
Graphs and switchings preserving the spectrum	6

5. Questionnaire (list of selected questions)

1. Distance regular graphs.
2. Eigenspaces and eigenvalues of distance regular graphs.
3. Codes in Hamming and Johnson graphs.
4. Completely regular codes and perfect codes in Hamming and Johnson graphs.
5. Equitable partitions.
6. Weight distributions of partitions in distance regular graphs.
7. Boolean functions, degree of a function.
8. Fon-Der-Flaass bound on correlation immunity of a function.
9. Spectrum of a graph, isospectral graphs.
10. Switching preserving the spectrum of a graph.

6. References

1. Brouwer A., A. Cohen, and A. Neumaier, Distance-Regular Graphs. *Ergebnisse der Mathematik und ihrer Grenzgebiete. 3. Folge /A Series of Modern Surveys in Mathematics*. Springer Berlin Heidelberg, 1989.
2. Carlet C., *Boolean functions for cryptography and coding theory*, Cambridge University Press, Cambridge, 2021.
3. Godsil C., *Algebraic Combinatorics*. Chapman and Hall Mathematics Series. Chapman & Hall, New York, 1993.
4. Krotov D., K. Vorob'ev, On unbalanced Boolean functions with best correlation immunity, *The Electronic Journal of Combinatorics* 27(1) (2020) #P1.45.
5. Fon-Der-Flaass D.G., A bound on correlation immunity, *Siberian Electronic Mathematical Reports* 4 (2007) 133-135.
6. MacWilliams F.J., N.J. Sloane, *The Theory of Error-Correcting Codes*, North-Holland Publishing Company, New-York, 1977.

7. Resource provision of training

No need

8. Evaluation criteria

The exam shall continue 4 hours and shall consists of two parts – written and oral.

At the written exam the PhD student presents his/her ideas and concepts on two given questions from the questionnaire. At the oral exam, the PhD student answers questions asked by the jury related to the topic of the course.

The final grade is from 2 to 6 (to the nearest 0.5).

It is formed based on the following correspondence:

Excellent (6 or 5.50)	Excellent command of the material. Comprehensive, consistent, competent, logical and harmonious presentation. Proper justification of the proposed solutions, good summary and presentation of the material without making mistakes. Good necessary skills to perform practical tasks.
Very good (5 or 4.50)	Satisfactory command of the material. Correct explanation without significant inaccuracies. Proper application of the theoretical principles and appropriate performance of practical tasks.
Good (4 or 3.50)	Good command of the material, but with inaccuracies in the presentation and in the answers to questions. There are some ambiguities in attempts to apply the material in practical situations.
Average (3)	Limited command of the material, difficulties in the individual details. Inaccuracies in the wording and inconsistency in the presentation of the material. Difficulties in the performing of practical tasks.
Weak (Failing grade) (2)	A significant part of the material is not known, serious mistakes are made, and the practical tasks are performed with great difficulty.

The curriculum was discussed and approved at a meeting of the Department “Mathematical Foundations of Informatics”, held on 22.11.2024

Head of Department:

(Assoc. Prof. H. Kostadinov)

Approved by the Board of Directors of IMI-BAS on 28.11.2024 (Minutes No. 48)

Accepted by the Scientific Council of IMI-BAS on 29.11.2024 (Minutes No. 15)