

17. Summaries of peer-reviewed publications  
submitted to the competition for the academic position of  
"Professor" in a professional field 4.5. Mathematics  
(Algebra, Coding theory and applications),  
announced in State gazette, issue 63 of 30.07.2021  
by Maya Stoyanova  
(in Bulgarian and English)

## 1 10B.1 - B4.1 - BDHSS IEEE TransInfoThy 2021

P. G. Boyvalenkov, P. D. Dragnev, D. P. Hardin, E. B. Saff, M. M. Stoyanova, Universal Bounds for Size and Energy of Codes of Given Minimum and Maximum Distances, IEEE Transactions on Information Theory, vol:67, issue:6, 2021, pages:3569-3584, ISSN (print): 0018-9448, ISSN (online): 1557-9654, <http://dx.doi.org/10.1109/tit.2021.3056319>.

### 1.1 Резюме

Използваме променливи по знак мерки, които са положително дефинитни до определени степени, за да получим горни граници от тип на Левенщейн върху мощността на кодовете с дадено минимално и максимално разстояние и универсални долни граници на потенциалната енергия (за абсолютно монотонни потенциали) за кодове с дадено максимално разстояние и фиксирана мощност. Спектрите на кодовете, които достигат нашите граници, се анализират по отношение на параметрите на квадратурни формули от типа на Левенщейн. Извеждат се необходими и достатъчни условия за оптималността на нашите граници. Освен това получаваме горни граници на енергията на кодовете с фиксирани минимални и максимални разстояния и мощност.

### 1.2 Abstract

We employ signed measures that are positive definite up to certain degrees to establish Levenshtein-type upper bounds on the cardinality of codes with given minimum and maximum distance, and universal lower bounds on the potential energy (for absolutely monotone interactions) for codes with given maximum distance and fixed cardinality. The distance distributions of codes that attain the bounds are found in terms of the parameters of Levenshtein-type quadrature formulas. Necessary and sufficient conditions for the optimality of our bounds are derived. Further, we obtain upper bounds on the energy of codes of fixed minimum and maximum distances and cardinality.

## 2 10B.2 - B4.2 - BDS PIT 2018

Peter Boyvalenkov, Danyo Danev, Maya Stoyanova, Refinements of Levenshtein bounds in q-ary Hamming spaces, Problems of Information Transmission, 2018, Vol. 54, Issue 4, pages: 329–342, ISSN: 0032-9460 (Print), ISSN: 1608-3253 (Online), <https://doi.org/10.1134/S0032946018040026>.

## 2.1 Резюме

Ние разработваме подобрения на границите на Левенщейн в  $q$ -ични Хемингови пространства, като използваме дискретния характер на разстоянията спрямо непрекъснатото поведение на определени параметри, използвани от Левенщейн. Изследваме първите релевантни случаи и представяме нови граници. По-специално, извеждаме обобщения и  $q$ -ични аналози на граница на MacEliece. Освен това предоставяме аргументация, че нашият подход е толкова добър, колкото и пълното линейно програмиране, като е анализирано и колко по-бързи са нашите изчисления. Накрая представяме таблица с параметри на кодове, които, ако съществуват, биха достигнали нашите граници.

## 2.2 Abstract

We develop refinements of the Levenshtein bound in  $q$ -ary Hamming spaces by taking into account the discrete nature of the distances versus the continuous behaviour of certain parameters used by Levenshtein. We investigate the first relevant cases and present new bounds. In particular, we derive generalizations and  $q$ -ary analogs of the MacEliece bound. Furthermore, we provide evidence that our approach is as good as the complete linear programming and discuss how faster are our calculations. Finally, we present a table with parameters of codes which, if exist, would attain our bounds.

## 3 10B.3 - B4.3 - MS ENDM 2017

Tanya Marinova, Maya Stoyanova, Nonexistence of  $(9, 112, 4)$  and  $(10, 224, 5)$  binary orthogonal arrays, *Electronic Notes in Discrete Mathematics*, 2017, Vol. 57, pages: 153–159, ISSN: 1571-0653 (Print), <http://doi.org/10.1016/j.endm.2017.02.026>.

### 3.1 Резюме

Доказваме несъществуването на двоични ортогонални масиви (BOA) с параметри (дължина, мощност, сила) =  $(9, 7.24 = 112, 4)$  и  $(10, 7.25 = 224, 5)$ , решавайки два случая, когато съществуването беше нерешено досега. Нашият подход е естествено продължение на алгоритъма, представен в [10B.8].

### 3.2 Abstract

We prove the nonexistence of binary orthogonal arrays (BOAs) of parameters (length, cardinality, strength) =  $(9, 7.24 = 112, 4)$  and  $(10, 7.25 = 224, 5)$ , resolving two cases where the existence was undecided up to now. Our approach is a natural continuation of the algorithm which is presented in [10B.8].

## 4 10B.4 - B4.4 - BDHSS DCC 2017

P. G. Boyvalenkov, P. D. Dragnev, D. P. Hardin, E. B. Saff, M. M. Stoyanova, Energy bounds for codes and designs in Hamming spaces, *Designs, Codes and Cryptography*, 2017, Vol. 82, Issue I, pages 411–433, ISSN: 0925-1022 (Print), ISSN: 1573-7586 (Online), <https://doi.org/10.1007/s10623-016-0286-4>.

### 4.1 Резюме

Получаваме универсални граници за енергията на кодовете и дизайните в Хемингови пространства. Нашите граници са в сила за голям клас потенциални функции, като е изграден

единен подход за изследване. Получените граници могат да се разглеждат като обобщение на границите на Левенщайн за максимални кодове.

## 4.2 Abstract

We obtain universal bounds on the energy of codes and designs in Hamming spaces. Our bounds hold for a large class of potential functions, allow a unified treatment, and can be viewed as a generalization of the Levenshtein bounds for maximal codes.

## 5 10B.5 - Г7.1 - BRS CrAbs 2021

Silvia Boumova, Tedis Ramaj, Maya Stoyanova, Computing distance distributions of ternary orthogonal arrays, *Comptes rendus de l'Académie bulgare des Sciences*, vol:74, issue:2, 2021, pages:177-189, ISSN (print): 1310–1331, ISSN (online): 2367–5535, DOI:10.7546/CRABS.2021.02.03.

### 5.1 Резюме

Ортогоналните масиви (ОА) играят важна роля в статистиката (използват се при проектирането на експерименти), компютърните науки и криптографията. Най-важните проблеми са тези за тяхното съществуване и класификация на неизоморфни класове ОА с дадени параметри. Решаването на тези проблеми изисква познаването на спектрите на изследваните ортогонални масиви. В тази статия ние предлагаме нов метод за получаване на спектрите на троичен ОА със зададени параметри. Анализирайки връзките между спектрите на разглежданите ОА и спектрите на техните производни ОА, доказваме някои несъществуващи резултати и получаваме нови ограничения върху структурата на изследваните троични ортогонални масиви.

### 5.2 Abstract

Orthogonal Arrays (OA) play important roles in statistics (used in designing experiments), computer science and cryptography. The most important problems are those about their existence and classification of non-isomorphic classes of OA with given parameters. The solving of these problems requires possible Hamming distance distributions of studied orthogonal array to be determined. In this paper we propose a method for computing of distance distributions of OA with given parameters. Comparing computed possible distance distributions of the considered OA with ones of its derivative OAs we proved some non-existence results and found some restrictions over structure of the studied OA.

## 6 10B.6 - Г7.2 - BMRS AnnSUFMI 2019

S. Boumova, T. Marinova, T. Ramaj, M. Stoyanova, Nonexistence of  $(17, 108, 3)$  ternary orthogonal array, *Annual of Sofia University "St. Kliment Ohridski", Faculty of Mathematics and Informatics*, vol:106, 2019, pages:117-126, ISSN (print): 1313-9215, ISSN (online): 2603-5529.

### 6.1 Резюме

Разработен е комбинаторен метод за генериране и редуциране на възможностите за спектри на троични ортогонални масиви (ТОА) със зададени параметри  $(n, M, \tau)$ . Използвайки връзките между спектрите на разглежданите ортогонални масиви и свързаните с тях (така наречени производни) масиви, получаваме определени ограничения за спектрите на троичните ортогонални масиви. Това ни позволи да разработим правила за отхвърляне на спектри като невъзможни. Основният резултат е доказателството на несъществуването на  $(17, 108, 3)$  ТОА. Нашият подход позволява значително намаляване на броя на възможните спектри на известни

(съществуващи) троични ортогонални масиви. Това би могло да е полезно при класификацията на троичните ортогонални масиви.

## 6.2 Abstract

We develop a combinatorial method for computing and reducing of the possibilities of distance distributions of ternary orthogonal array (TOA) of given parameters  $(n, M, \tau)$ . Using relations between distance distributions of arrays under consideration and their relatives we prove certain constraints on the distance distributions of TOAs. This allows us to collect rules for removing distance distributions as infeasible. The main result is non-existence of  $(17, 108, 3)$  TOA. Our approach allows substantial reduction of the number of feasible distance distributions for known arrays. This could be helpful for other investigations over the classification of the ternary orthogonal arrays.

## 7 10B.7 - Г7.3 - BDHSS AMPH 2019

Peter Boyvalenkov, Peter Dragnev, Douglas Hardin, Edward Saff, Maya Stoyanova, Energy Bounds for Codes in Polynomial Metric Spaces, Analysis and Mathematical Physics, 2019, Volume 9, Issue 2, pages: 781-808, (in Conference Proceedings, as a special issue of the Journal "Analysis and Mathematical Physics Received: 18 December 2018, Accepted: 11 April 2019, First Online: 06 June 2019), ISSN: 1664-2368 (Print), ISSN: 1664-235X (Online), <https://doi.org/10.1007/s13324-019-00313-x>.

### 7.1 Резюме

В тази статия ние представяме един общ подход за получаване на граници за потенциалната енергия на кодове в полиномиални метрични пространства (PM-пространства). Долните граници, които получаваме чрез техниките на линейно програмиране на Делсарт и Левенщайн, са универсално оптимални в смисъл, че са в сила за широк клас от потенциали и като цяло не могат да бъдат подобрени за конкретното подпространство. Представени са тестове за определяне дали тези универсални долни граници (ULB) могат да бъдат подобрени в по-големи пространства. Нашите ULB са приложими върху евклидовата сфера, безкрайните проективни пространства, както и пространствата на Хеминг и Джонсън. Асимптотичните резултати за ULB за евклидовите сфери и двоичното пространство на Хеминг са получени за случая, когато мощността и размерността на пространството нарастват в определено съотношение. Резултатите ни подчертават общите характеристики на универсалните горни граници на Левенщайн за мощността на кодовете с дадено минимално разстояние и нашите ULB за енергии. Въвеждаме и горни граници за енергията на дизайни в PM-пространствата и енергията на кодовете с дадено минимално разстояние.

### 7.2 Abstract

In this article we present a unified treatment for obtaining bounds on the potential energy of codes in the general context of polynomial metric spaces (PM-spaces). The lower bounds we derive via the linear programming techniques of Delsarte and Levenshtein are universally optimal in the sense that they apply to a broad class of energy functionals and, in general, cannot be improved for the specific subspace. Tests are presented for determining whether these universal lower bounds (ULB) can be improved on larger spaces. Our ULBs are applicable on the Euclidean sphere, infinite projective spaces, as well as Hamming and Johnson spaces. Asymptotic results for the ULB for the Euclidean spheres and the binary Hamming space are derived for the case when the cardinality and dimension of the space grow large in a related way. Our results emphasize the common features of the Levenshtein's universal upper bounds for the cardinality of codes with given separation and our

ULBs for energy. We also introduce upper bounds for the energy of designs in PM-spaces and the energy of codes with given separation.

## 8 10B.8 - Г7.4 - BMS DAM 2017

Peter Boyvalenkov, Tanya Marinova, Maya Stoyanova, Nonexistence of a few binary orthogonal arrays, *Discrete Applied Mathematics*, 2017, Vol. 217, Issue 2, pages: 144–150, (Available online: 30 August 2016), ISSN: 0166-218X (Print), <https://doi.org/10.1016/j.dam.2016.07.023>.

### 8.1 Резюме

Разработваме и прилагаме комбинаторни алгоритми за изследване на възможните спектри на двоични ортогонални масиви относно точка от двоичното Хемингово пространство чрез ограничения, наложени от връзките със спектрите на свързаните с тях ортогонални масиви. Това се оказва достатъчно силно и доказваме несъществуването на двоични ортогонални масиви с параметри (дължина, мощност, сила) = (9, 96, 4), (10, 192, 5), (10, 112, 4), (11, 224, 5), (11, 112, 4) и (12, 224, 5), решавайки по този начин първите случаи, в които съществуването не бе решено досега. За съществуващите ортогонални масиви нашият подход позволява значително намаляване на броя на възможностите за спектри на тези масиви, което може да бъде полезно при получаване на класификационни резултати (например единственост).

### 8.2 Abstract

We develop and apply combinatorial algorithms for investigation of the feasible distance distributions of binary orthogonal arrays with respect to a point of the ambient binary Hamming space utilizing constraints imposed from the relations between the distance distributions of connected arrays. This turns out to be strong enough and we prove the non-existence of binary orthogonal arrays of parameters (length, cardinality, strength) = (9, 96, 4), (10, 192, 5), (10, 112, 4), (11, 224, 5), (11, 112, 4) and (12, 224, 5), resolving the first cases where the existence was undecided so far. For the existing arrays our approach allows substantial reduction of the number of feasible distance distributions which could be helpful for classification results (uniqueness, for example).

## 9 10B.9 - Г7.5 - BRS IEEE-ACCT-17 2020

Silvia Boumova, Tedis Ramaj, Maya Stoyanova, On Covering Radius of Orthogonal Arrays, 2020 Algebraic and Combinatorial Coding Theory (ACCT), 11-17 Oct. 2020, Albena, Bulgaria, Date Added to IEEE Xplore: 25 March 2021, 2021, pages:23-28, Electronic ISBN:978-1-6654-0287-3, Print on Demand(PoD) ISBN: 978-1-6654-0288-0, DOI: 10.1109/ACCT51235.2020.9383398.

### 9.1 Резюме

Получаваме аналитични горни граници за радиуса на покритие на ортогонални масиви (ОА) чрез изследване на множеството от всички възможни спектри на съответните ОА. Прилагаме алгоритъм за намаляване на броя на възможните спектри на разглежданите ОА, за да подобрим границата за радиуса им на покритие с 1 при някои предположения. Показани са примери за ОА, достигащи или близки до нашите граници.

### 9.2 Abstract

We obtain analytically upper bounds for the covering radius of orthogonal arrays (OAs) by investigations of the set of all feasible distance distributions of the corresponding OAs. We apply a procedure for

reduction of the possible distance distributions of OA to improve the bound by 1 under certain assumptions. Examples of OAs attaining and close to our bounds are shown.

## 10 10B.10 - Г7.6 - BDHSS Redundancy 2019

Peter G. Boyvalenkov, Peter D. Dragnev, Douglas P. Hardin, Edward B. Saff, Maya M. Stoyanova, On two problems concerning universal bounds for codes, 2019 XVI International Symposium Problems of Redundancy in Information and Control Systems (REDUNDANCY 2019), Moscow, Russia, October, 21-25, 2019, pages:58–63, Electronic ISBN: 978-1-7281-1944-1, Print on Demand (PoD) ISBN: 978-1-7281-1945-8, DOI:10.1109/REDUNDANCY48165.2019.9003329.

### 10.1 Резюме

Разглеждаме два проблема, свързани с доказателства и прилагане на техники за получаване на граници на линейно програмиране за кодове (сферични и в пространства на Хеминг). Разработена е техника за проверка на хипотезата ни относно оптималността на границите на Левенщайн за сферични кодове като е доказано, че хипотезата е вярна при определени малки първоначални ограничения. Изследвани са получените от нас условия, които са достатъчни за валидността на границите от тип на Левенщайн за  $q$ -ични кодове с дадени минимални и максимални разстояния, като са описани всички случаи за дължини  $n \leq 36$  и размер на азбуката  $2 \leq q \leq 4$ , при които получените от нас условия са изпълнени.

### 10.2 Abstract

We consider two problems related to proofs and technologies of obtaining linear programming bounds for codes (spherical and in Hamming spaces). We develop a verification technique for a conjecture concerning the optimality of the Levenshtein bounds for spherical codes and prove that the conjecture holds true under certain mild assumptions. We investigate recent conditions which are sufficient for the validity of Levenshtein-type bounds for  $q$ -ary codes with given minimum and maximum distances. We provide description of all cases for lengths  $n \leq 36$  and alphabet sizes  $2 \leq q \leq 4$  such that our conditions are fulfilled.

## 11 10B.11 - Г7.7 - BDHSS ISIT 2019

Peter Boyvalenkov, Peter Dragnev, Douglas Hardin, Edward Saff, Maya Stoyanova, Linear Programming Bounds for Cardinality and Energy of Codes of Given Min and Max Distances, ISIT 2019: The 2019 IEEE International Symposium on Information Theory, Paris, France, July 7-12, 2019, pages: 1747-1751, ISSN: 21578095, INSPEC Accession Number: 19013211, Electronic ISBN:978-1-5386-9291-2, USB ISBN: 978-1-5386-9290-5, Print on Demand(PoD) ISBN: 978-1-5386-9292-9, DOI: 10.1109/ISIT.2019.8849388.

### 11.1 Резюме

Използваме така наречените променливи по знак мерки, които са положително дефинитни до определени степени, за да получим нови горни граници от тип на Левенщайн за мощността на кодове с дадено минимално и максимално разстояние и универсални долни граници на потенциалната енергия (за абсолютно монотонни потенциали) за кодове с дадено максимално разстояние и фиксирана мощност. В частност, ние разширяваме изградената от Левенщайн теория и апарат за получаване на граници за основните параметри на разглежданите кодове.

## 11.2 Abstract

We employ signed measures that are positive definite up to certain degrees to establish Levenshtein-type upper bounds on the cardinality of codes with given minimum and maximum distance, and universal lower bounds on the potential energy (for absolutely monotone interactions) for codes with given maximum distance and fixed cardinality. In particular, we extend the framework of Levenshtein bounds for such codes.

## 12 10B.12 - Г7.8 - ВКС ОС-7 2013 б

Peter Boyvalenkov, Hristina Kulina Maya Stoyanova, On  $(4,9,96)$  binary orthogonal arrays, Proc. Intern. Workshop ОС'13, Albena, Bulgaria, September 6-12, 2013, pages: 71-76, ISSN: 1313-1117, Ref zbMATH (Zbl 1432.05020).

### 12.1 Резюме

За дадени (предполагаемо съществуващи) двоични ортогонални масиви със сила 4, дължина 9 и мощност 96 с минимално разстояние 1, разглеждаме точките от масива с тегло 3. Получаваме някои ограничения, които намаляват броя на възможностите за спектрите им и ограничават структурата на такива масиви.

### 12.2 Abstract

We consider the points of weight 3 on the putative binary orthogonal arrays of strength 4, length 9 and cardinality 96 of minimum distance 1. We obtain some restrictions which reduce the possibilities for the structure of such arrays.

## 13 10B.13 - Г7.9 - ВКС ОС-7 2013 а

Peter Boyvalenkov, Hristina Kulina Maya Stoyanova, Nonexistence of certain binary orthogonal arrays, Proc. Intern. Workshop ОС'13, Albena, Bulgaria, September 6-12, 2013, pages: 65-70, ISSN: 1313-1117, Ref zbMATH (Zbl 1432.05019).

### 13.1 Резюме

Доказваме, че не съществуват двоични ортогонални масиви със сила 8, дължина 12 и мощност 1536. От това следва несъществуването на масиви с параметри (сила, дължина, мощност) =  $(n, n + 4, 6 \cdot 2^{n+4})$ , за всяко цяло число  $n \geq 8$ .

### 13.2 Abstract

We prove that binary orthogonal arrays of strength 8, length 12 and cardinality 1536 do not exist. This implies the non-existence of arrays of parameters (strength,length,cardinality) =  $(n, n + 4, 6 \cdot 2^{n+4})$  for every integer  $n \geq 8$ .