

Описание на осъществените изследвания, дейности и получени резултати по работните пакети за първия етап на проекта

1.1 РП 1: Универсални граници за кодове и дизайни

Ръководител: проф. дмн Петър Бойваленков

1. Планирани дейности (от проектното предложение).

Дейност 1.1: Получаване на нови граници за кодове и дизайни в полиномиални метрични пространства.

Дейност 1.2: Изследване на кодове, които са оптимални или близки до оптималните.

Дейност 1.3: Получаване и изследване на граници за енергии на сферични кодове с две разстояния.

2. Осъществени дейности през първия етап.

Дейност 1.1: Въведени са граници на линейното програмиране за сферични (k,k) -дизайни и за двоични (k,k) -дизайни. Предложена е нова конструкция на добри кодове на Армстронг. Предложен е нов метод за намиране на граници на линейното програмиране за радиуса на покритие на сферични дизайни.

Дейност 1.2: Конструирани са кодове с две разстояния, които са нелинейни в повечето случаи. Намерена е нова характеристика на (не непременно линейни) кодове с две разстояния, която е аналог на добре известното условие за интегралност за линейни кодове. Изследвани са сферични 5-дизайни с 3 разстояния, като е доказано, че за всички такива кодове удвоената мощност се дели на размерността. Изследвани са спектрите на ортогонални масиви с оптимални и близки до оптималните мощности. Предложен е нов метод за намиране на граници за радиуса на покритие на ортогонални масиви.

Дейност 1.3: Разработен е метод за пресмятане на долни и горни граници за сумата от разстоянията (специален вид енергия) на сферични кодове с относително малка мощност, като са анализирани кодовете с две разстояния, получени от силно регулярни графи. Изследвани са възможностите за намиране и прилагане на ограничения за моментите на сферични кодове с две разстояния.

3. Постигнати резултати през първия етап.

Дейност 1.1: Получени са и са изследвани граници на линейното програмиране за сферични (k,k) -дизайни [WP1-1] и за двоични (k,k) -дизайни [WP1-2]. Като приложение са получени универсални граници за минималната възможна мощност на съответните дизайни [WP1-1, WP1-2]. Предложена е нова конструкция на добри кодове на Армстронг [WP1-3]. Получени са граници за

максималната възможна мощност на кодове на Армстронг с някои параметри [WP1-3]. Предложен е нов метод за намиране на граници на линейното програмиране за радиуса на покритие на сферични дизайни [WP1-4]. Получени са нови долни и горни граници за сферични $(2k)$ -дизайни [WP1-5].

Дейност 1.2: Конструирани са кодове с две разстояния, които са нелинейни в повечето случаи [WP1-5]. Намерена е нова характеристика на (не непременно линейни) кодове с две разстояния, която е аналог на добре известното условие за интегралност за линейни кодове [WP1-5]. Изследвани са сферични 5-дизайни с 3 разстояния, като е доказано, че за всички такива кодове удвоената мощност се дели на размерността [WP1-6]. Доказано е несъществуване на някои троични ортогонални масиви [WP1-7, WP1-8]. Получени са нови граници за радиуса на покритие на ортогонални масиви [WP1-9].

Дейност 1.3: Получени са нови долни и горни граници за сумата от разстоянията (специален вид енергия) на сферични кодове с относително малка мощност, като са анализирани кодовете с две разстояния, получени от силно регулярни графи [WP1-10]. Изследвани са възможностите за намиране и прилагане на ограничения за моментите на сферични кодове с две разстояния.

[WP1-1] **Boyvalenkov P.** (2020) Linear programming bounds for spherical (k,k) -designs, C. R. Acad. Bulg. Sci., Vol. 73(8), pp. 1051-1059. **IF 0.343** http://www.proceedings.bas.bg/DOI/doi2020_8_02.html

[WP1-2] **Alexandrova T., Boyvalenkov P., Dimitrov A.** (2020) Binary (k,k) -designs, Mathematics, Vol. 8(11), paper no. 1883 (arXiv: 2004.03963). **IF 1.747** <https://www.mdpi.com/2227-7390/8/11/1883>

[WP1-3] **Alexandrova T., Boyvalenkov P., Sali A.** (2020) New lower and upper bounds on Armstrong codes, Proc. 17th International Workshop on Algebraic and Combinatorial Coding Theory, Oct. 11-17, 2020, Bulgaria, IEEE Xplore, 2021, pp. 1-5, **Scopus** <https://ieeexplore.ieee.org/document/9383381>

[WP1-4] **Boyvalenkov P., Stoyanova M.** (2021) Linear programming bounds for covering radius of spherical designs, Results in Mathematics, Vol. 76(2), paper no. 95, **IF 1.162** <https://link.springer.com/article/10.1007/s00025-021-01400-x>

[WP1-5] **Boyvalenkov P., Safaei N.** (2020) On 3-distance spherical 5-designs, Serdica Mathematical Journal, Vol. 46(2), pp. 165-174, 2020 (arXiv: 2007.01895), **Math Reviews, Zentralblat.** http://www.math.bas.bg/serdica/n2_20.html

[WP1-6] **Boyvalenkov P., Delchev K., Zinoviev D. V., Zinoviev V. A.** (2020) On two-weight (linear and nonlinear) codes, Proc. 17th International Workshop on Algebraic and Combinatorial Coding Theory, Oct. 11-17, 2020, Bulgaria, IEEE Xplore, 2021, pp. 37-40, **Scopus** <https://ieeexplore.ieee.org/document/9383353>

[WP1-7] **Boumova S., Marinova T., Ramaj T., Stoyanova M.** (2019) Nonexistence of $(17, 108, 3)$ ternary orthogonal array, Ann. Sofia Univ., Fac. Math and Inf., Vol.

106, pp. 117-126 **Math Reviews, Zentralblat.** <https://www.fmi.uni-sofia.bg/sites/default/files/biblio/fulltext/106-117-126.pdf>

[WP1-8] **Boumova S.**, Ramaj T., **Stoyanova M.** (2021) Computing distance distributions of ternary orthogonal arrays, C. R. Acad. Bulg. Sci., Vol. 74, Issue № 2, pp. 177-189 **IF 0.343** http://www.proceedings.bas.bg/DOI/doi2021_2_03.html

[WP1-9] **Boumova S.**, Ramaj T., **Stoyanova M.** (2020) On Covering Radius of Orthogonal Arrays, Proc. 17th International Workshop on Algebraic and Combinatorial Coding Theory, Oct. 11-17, 2020, Bulgaria, IEEE Xplore, 2021, pp. 23-28 **Scopus** <https://ieeexplore.ieee.org/document/9383398>

[WP1-10] Barg A., **Boyvalenkov P.**, **Stoyanova M.**, Bounds for the sum of distances in spherical sets of small size, submitted, 2021 (<https://arxiv.org/abs/2105.03511>)

1.2 РП 2: Геометрични методи в теория на кодирането

Ръководител: проф. дмн Иван Ланджев

1. Планирани дейности (от проектното предложение).

Дейност 2.1: Конструирани и изследвани на линейни кодове и асоциираните с тях арки в геометриите $PG(k-1, q)$. Изследване на почти МДР-кодове и свързаните с тях геометрични обекти.

Дейност 2.2: Изследване на арки и блокиращи множества в проективни геометрии на Йелмслев с класически и хомогенни тегла.

Дейност 2.3: Конструирани и изследвани на q - и R -аналози на дизайни. Продължаване на класически резултати от екстремална теория на множествата в проективни геометрии на Йелмслев.

2. Осъществени дейности през първия етап.

Дейност 2.1: Получени са нови конструкции на афинни блокиращи множества като суми на прави в пространства с размерност повече от 3 и са получени първи примери въобще за блокиращи множества, лежащи на границите на Бол-Блокхаус и Бол. Доказани са класификационни резултати за арки и линейни кодове, свързани с шапки в тримерни проективни пространства над крайни полета. Доказан е резултат за делимост на блокиращи множества с някои параметри.

Дейност 2.2: Доказани са нови долни и горни граници за мощността на арка в проективни равнини над Йелмслев над крайни верижни пръстени. Изследвани са двутегловни арки и линейни кодове над крайни верижни пръстени по отношение на хомогенното тегло на Хайзе-Константинеску. Представени са няколко нови конструкции на двутегловни хомогенни арки над произволни верижни пръстени.

Дейност 2.3: Получени са нови граници за кодове от подпространства с постоянна размерност на пресичане и е намерена нова характеристика на кодове лежащи близо до т.нар. Sunflower bound.

3. Постигнати резултати през първия етап.

Дейност 2.1: Представени са нови конструкции на афинни блокиращи множества, които се представят като суми на прави в пространства с размерност надхвърляща 3 [WP2-3]. Получени са първите примери въобще за блокиращи множества, лежащи на границите на Бол-Блокхаус и Бол [WP2-3]. Доказани са класификационни резултати за арки и линейни кодове, свързани с шапки в тримерни проективни пространства над крайни полета. По-специално за полета с 5 и 7 елемента е доказана единствеността на конфигурация от точки, която се оказва сума на шапка с точките на цялата геометрия [WP2-4]. Доказана е резултат за делимост на блокиращи множества с параметри $(q^2, q-1)$ в равнина от ред q при наличието на достатъчно много точки с максимална кратност [WP2-4].

Дейност 2.2: Доказани са нови долни и горни граници за мощността на арка в проективни равнини над Йелмслев над крайни верижни пръстени. С това са подобрени съществуващите таблици за максималната мощност на арка за равнини над малки пръстени с индекс на нилпотентност 2 и мощност 4, 9, 16 и 25 [WP2-1]. Изследвани са двутегловни арки и линейни кодове над крайни верижни пръстени по отношение на хомогенното тегло на Хайзе-Константинеску. Направена е характеристика на константно-тегловните арки и кодове по отношение на хомогенното тегло. Представени са няколко нови конструкции на двутегловни хомогенни арки над произволни верижни пръстени [WP2-2].

Дейност 2.3: Получени са нови граници за кодове от подпространства с постоянна размерност на пресичане (или кодове в ранговата метрика). Направена е характеристика на кодове лежащи близо до т.нар. Sunflower bound [WP2-5].

[WP2-1] Honold T., Kiermaier M, **Landjev I.** (2021) New upper bounds on the maximal size of an arc in a projective Hjelmslev plane, Proc. 17th International Workshop on Algebraic and Combinatorial Coding Theory, Oct. 11-17, 2020, Bulgaria, IEEE Xplore, 2021, pp. 1-10, **Scopus** <https://ieeexplore.ieee.org/document/9383345>

[WP2-2] Honold T., **Landjev I.**, (2021) On homogeneous arcs and linear codes over finite chain rings, Applicable Algebra in Engineering, Communications and Computing, published online 13.04.2021, DOI: 10.1017/ s00200-021-00501y IF 0.600 <https://link.springer.com/article/10.1007/s00200-021-00501-y>

[WP2-3] **Rousseva A.**, **Landjev I.** (2021) Codes related to caps and the nonexistence of some Griesmer codes, Proc. 17th International Workshop on Algebraic and

Combinatorial Coding Theory, Oct. 11-17, 2020, Bulgaria, Xplore, 2021, pp. 123-127, Scopus <https://ieeexplore.ieee.org/document/9383359>

[WP2-4] **Landjev I., Rousseva A.** (2020) A general constructions for blocking sets in finite geometries, Results in Mathematics, Vol. 75(4), paper no. 142, IF 1.162 <https://link.springer.com/article/10.1007%2Fs00025-020-01269-2>

[WP2-5] Lucas L.H., **Landjev I.**, Storme L, Vandendriesche P. (2021) A stability result and a spectrum result on constant dimension codes, Linear Algebra and Applications Vol. 621, 2021, pp. 193-213. DOI; 10.1016/j.laa.2021.03.019 IF 0.988 <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0024379521001166>

1.3 РП 3: Конструирание на кодове, дизайни и резолюции на дизайни

Ръководител: проф. дн Светлана Топалова

1. Планирани дейности (от проектното предложение).

Дейност 3.1: Разработване на подходи за конструирание на дизайни, които са свързани със самодуални и самоортогонални двоични кодове.

Дейност 3.2 Класификация на спредове и паралелизми на $PG(n,q)$ със зададени автоморфизми и резолюции на дизайни със специфични свойства.

Дейност 3.3: Разработване на алгоритъм за конструирание на почти-резолюции, основан на връзката им с константно-тегловни кодове.

2. Осъществени дейности през първия етап.

Дейност 3.1: Разработва се софтуерна имплементация на алгоритъм от типа генериране с отхвърляне на изоморфните обекти за симетрични и несиметрични комбинаторни дизайни. Конструирани са нови комбинаторни дизайни и съответстващите им кодове.

Дейност 3.2: При класификацията на паралелизми, инвариантни относно зададени групи от автоморфизми, се използват алгоритми основани на търсене с връщане. При тях е от изключително значение отсяването на изоморфните решения да става колкото може по-рано, при това с прилагането на бърз метод за тестване на два паралелизма. За отхвърлянето на голяма част от изоморфните решения може да се приложи тест, основан на нормализатора на зададената група от автоморфизми в пълната група на проективното пространство. За подобряване на тестовете за изоморфизъм обикновено се използват различни инварианти. Изследвано е поведението на инварианти, използващи връзката на всяка права от проективното пространство с всеки спред. С разглежданите алгоритми са класифицирани и изследвани паралелизми на $PG(3,5)$ инвариантни относно една от цикличните групи от ред 8 и с допълнителни ограничения за структурата им. Файлове с всички получени резултати са общодостъпни в интернет.

Дейност 3.3: Разработва се алгоритъм за конструиране на почти-резолюции, основан на връзките им с разделящи дизайни и константно-тегловни кодове.

3. Постигнати резултати през първия етап.

Дейност 3.1: Работи се върху използването на връзките между самодуални кодове и 2-дизайни, както и върху инварианти на 2-дизайни, получени подобно на инвариантите на резолюции на Щайнерови 2-дизайни, описани в [WP3-1].

Дейност 3.2: Разработени са чувствителни инварианти на резолюции на Щайнерови 2-дизайни [WP3-1]. Изследвана е приложимостта на два различни алгоритъма за класификацията на паралелизми при различни множества от параметри [WP3-3] и е оценена приложимостта и ефективността на тест за отсяване на изоморфните решения, основан на нормализатора на зададената група от автоморфизми в пълната група от автоморфизми на проективното пространство. Даден е положителен отговор на въпроса дали всеки от различните видове спредове на $PG(3,5)$ може да участва в паралелизъм [WP3-2]. За целта са конструирани 899 нови паралелизми на $PG(3,5)$, част от които съдържат спреда, останал единствен до момента невключен в паралелизъм.

Дейност 3.3: Разработва се алгоритъм за конструиране на почти-резолюции, който е модификация на алгоритмите описани в [WP3-3].

[WP3-1] **Topalova S., Zhelezova S.** (2020) Isomorphism and Invariants of Parallelisms of Projective Spaces. In: Mathematical Software – ICMS 2020. Lecture Notes in Computer Science, Vol. 12097, pp. 162-172. Springer, Cham, ISSN:03029743, 16113349, DOI:10.1007/978-3-030-52200-1_16, 162-172. SJR:0.249 Q3 (Scopus) https://link.springer.com/content/pdf/10.1007%2F978-3-030-52200-1_16.pdf

[WP3-2] **Topalova S., Zhelezova S.** (2020) Some parallelisms of $PG(3,5)$ involving a definite type of spread, Proc. 17th International Workshop on Algebraic and Combinatorial Coding Theory, Oct. 11-17, 2020, Bulgaria, IEEE Xplore, 2021, pp. 135-139, Scopus <https://ieeexplore.ieee.org/document/9383404>

[WP3-3] **Topalova S., Zhelezova S.** (2021) Backtrack search for parallelisms of projective spaces. 32nd International Workshop on Combinatorial Algorithms (IWOCAL), 5-7 July 2021, Ottawa, Canada (held online-only), Advanced Research in Computing and Software Science (ARCoSS), LNCS 12757, Springer, pp. 544-557, 2021, SJR:0.249 Q3 (2020) (Scopus) https://doi.org/10.1007/978-3-030-79987-8_38

1.4 РП 4: Криптографски примитиви (блокчейн, водни знаци и криптовалюти)

Ръководител: доц. д-р Христо Костадинов

1. Планирани дейности (от проектното предложение).

Дейност 4.1: Архитектура, технически дизайн и работещ прототип на система за управление на жизнения цикъл на комплексни софтуерни продукти базиран на блокчейн.

Дейност 4.2: Анализ на конкретни фамилии от елиптични криви и избор на стойности на параметрите на елиптичните криви.

Дейност 4.3: Конструирание на субституционни таблици с нови метаевристични методи.

Дейност 4.4: Кодове за дигитални водни знаци.

2. Осъществени дейности през първия етап.

Дейност 4.1: Изследвана е система за разпределение, основана на платформа за умни договори, проектирана за директно финансово стимулиране на постигнати научни резултати [WP4-1, WP4-3]. Направен е обзор на предизвикателствата в сферата на SLM (Software Lifecycle Management) и е описано как използвайки DLT (Distributed Ledger Technologies) могат да се решават задачи свързани със SLM в областта на споделянето на данни [WP4-2]. Предложен е алгоритъм за откриване и уведомяване на превозни средства, които имат неоптимално количество вредни емисии за определен регион [WP4-4]. Използва се алгоритъмът за клъстеризация k-means върху множество от превозни средства за регион.

Дейност 4.2: Описан е метод за едновременното намиране на броя на точките върху елиптичните криви от популярна фамилия над полето GF(p) [WP4-5].

Дейност 4.3: Предложени са хибридни евристични алгоритми за конструирание на двоични последователности с нисък страничен лист. Изследвана е приложимостта на тези алгоритми към добре известни редици, получени чрез алгебрични конструкции [WP4-6].

Дейност 4.4: Изследван е един от най-разпространените формати за компресия на аудио файлове, AAC, и са събрани голямо количество статистически данни за различни музикални жанрове [WP4-7].

3. Постигнати резултати през първия етап.

Дейност 4.1: Предложена е система на основата на умни договори [WP4-1, WP4-3], в която в условията на пълна прозрачност, организации и учени представят трудно решими изчислителни задачи на всеки, който има желание да ги реши, като това може да е безвъзмездно или срещу определено финансово възнаграждение. Представен е прототип на система, която решава типични проблеми свързани със SLM (Software Lifecycle Management) в проекти с много участници [WP4-2]. Конструирани са хардуерно устройство и софтуерна платформа, които тестват описания алгоритъм и архитектура върху реално превозно средство [WP4-4]. Резултатите от експеримента доказват тяхната валидност.

Дейност 4.2: Изчислителната сложност на описания алгоритмичен подход [WP4-5] е по-добра на порядък от тази на най-добрия известен до момента алгоритъм за решаване на разглежданата задача .

Дейност 4.3: Намерени са двоични последователности с оптимални стойности на страничния лист за всички известни стойности от дължини n на такива последователности ($n \leq 105$) получени чрез пълно изчерпване [WP4-6]. Като е използван стандартен настолен компютър е демонстрирана ефективността на предложените евристични алгоритми, с които са конструирани двоични последователности с дължини от 106 до 300.

Дейност 4.4: След задълбочен и изчерпателен анализ на получените данни на аудио файлове от различни стилове музика е предложен метод за избор на параметри, така че да се постигне една приемлива вероятност за грешка, като качеството на звука се намалва съвсем незначително и е почти недоловимо за човешкия слух [WP4-7].

[WP4-1] **Jeliazkov J., Tsvetkov B., Kostadinov H.** (2020) Research Incentivization based on Smart Contract Platform, Proc. 17th International Workshop on Algebraic and Combinatorial Coding Theory, Oct. 11-17, 2020, Bulgaria, IEEE Xplore, 2021, pp. 1-5, **Scopus** <https://ieeexplore.ieee.org/document/9383361>

[WP4-2] **Tsvetkov B., Jeliazkov J., Kostadinov H.** (2020) Modern Software Lifecycle Management leveraging the power of Blockchain, Proc. 17th International Workshop on Algebraic and Combinatorial Coding Theory, Oct. 11-17, 2020, Bulgaria, IEEE Xplore, 2021, pp. 1-5, **Scopus** <https://ieeexplore.ieee.org/document/9383401>

[WP4-3] **Jeliazkov J., Tsvetkov B., Kostadinov H.** Decentralized Research Incentivization System, Studies in Computational Intelligence, **Scopus**, submitted.

[WP4-4] Tsokov T., **Kostadinov H.** (2021) System for Monitoring and Control of Vehicle's Carbon Emissions Using Embedded Hardwares and Cloud Applications. In: Hacid H. et al. (eds) Service-Oriented Computing – ICSOC 2020 Workshops. ICSOC 2020. Lecture Notes in Computer Science, vol 12632. Springer, Cham, pp. 564-577. SJR: 0.249 (Scopus), https://doi.org/10.1007/978-3-030-76352-7_50

[WP4-5] **Markov M., Borissov Y.**, (2020) Point-Counting on Elliptic Curves Belonging to One Prominent Family: Revisited, Proc. 17th International Workshop on Algebraic and Combinatorial Coding Theory, Oct. 11-17, 2020, Bulgaria, IEEE Xplore, 2021, pp. 1-5, **Scopus** <https://ieeexplore.ieee.org/document/9383390>

[WP4-6] Dimitrov M., Baicheva Ts., **Nikolov N.**, Hybrid Constructions of Binary Sequences with Low Autocorrelation Sidelobes, submitted

[WP4-7] **Alexandrova T., Kostadinov H., Manev N.**, Watermarking Audio Signals: Analysis of Noise Effect and Error Characteristics, Studies in Computational Intelligence, **Scopus**, submitted.

1.5 РП 5: Алгебрични и комбинаторни методи за изследване на линейни кодове

Ръководител: проф. д-мн Стефка Буюклиева

1. Планирани дейности (от проектното предложение).

Дейност 5.1: Конструкции и класификация на самоортогонални кодове с определени параметри над различни полета.

Дейност 5.2: Изследване на задачата за намиране на броя на елементите в крайно поле с предварително зададени следа и ко-следа при произволна характеристика на полето и произволна двойка следи.

Дейност 5.3: Изследване на трансформации от тип Уолш-Адамар, чрез които може да се пресметне тегловното разпределение на линеен код или да се получи информация за тегловната му функция.

2. Осъществени дейности през първия етап.

Дейност 5.1: Вместо върху самоортогонални кодове, изследванията се фокусираха върху друг клас кодове, а именно LCD кодовете. Това са линейни кодове, чието сечение с ортогоналното им допълнение включва единствено нулевия вектор, а цялото разглеждано пространство е директна сума на кода и неговия дуален. Представени са нови методи за конструиране на такива кодове над поле с 2 елемента, доказани са граници за минималното им разстояние, получени са и класификационни резултати. Предложени са също и нови алгоритми за компютърна класификация на линейни кодове, описан е и геометричен метод за тестове за еквивалентност на линейни кодове над различни крайни полета.

Дейност 5.2: Задачата за намиране на броя на елементите в крайно поле с предварително зададени следа и ко-следа при произволна характеристика p на полето и произволна двойка следи е преформулирана като задача за решаване на система от $p-1$ линейни уравнения, чиято матрица от коефициентите може да се разглежда като модифицирана циркуланта формирана от суми на Kloosterman над простото поле F_p .

Дейност 5.3: Разработени са алгоритми за пресмятане на тегловен спектър и радиус на покритие на линейни кодове над прости и съставни полета, като самите кодове са представени чрез характеристичен вектор. Теоретична основа на тези алгоритми е свързана с бързи дискретни трансформации като трансформацията на Уолш-Адамар и трансформацията на Виленкин-Крестенсон.

3. Постигнати резултати през първия етап.

Дейност 5.1: Изследвана е структурата на двоичните LCD кодове, инвариантни относно пермутация от нечетен прост ред p . Получена е систематична конструкция на такива кодове в случая, когато 2 е примитивен корен по модул

p . Доказани са някои свойства на двоичните LCD кодове на базата на техните скъсени кодове и подкодове. Получени са горни граници за най-голямото възможно минимално тегло $d_{LCD}(n, k)$ за кодове с дължина n и размерност k . Класифицирани са оптималните двоични LCD кодове за дадени дължина и размерност.

Дейност 5.2: Решена е задачата за намиране на броя на елементите в крайно поле с предварително зададени следа и ко-следа при произволна характеристика p на полето и произволна двойка следи чрез система от $p-1$ линейни уравнения, чиято матрица от коефициентите може да се разглежда като модифицирана циркуланта формирана от суми на Kloosterman над простото поле F_p . Представеният метод е приложен към полета с характеристика 2, 3 и 5.

Дейност 5.3: Представен е алгоритъм за пресмятане на тегловния спектър на линеен код на базата на обобщена Уолш-Адамар трансформация. Линейните кодове са представени чрез характеристичен вектор, от който след прилагане на трансформацията се получава вектор, чиито координати са теглата на кодовите думи. Подобна трансформация е използвана и за разработване на алгоритъм за пресмятане на радиус на покритие на линеен код.

[WP5-1] **Bouyuklieva S.**, Russeva R. (2020) Binary LCD Codes Having an Automorphism of Odd Prime Order, Proc. 17th International Workshop on Algebraic and Combinatorial Coding Theory, Oct. 11-17, 2020, Bulgaria, IEEE Xplore, 2021, pp. 32-36 **Scopus** <https://ieeexplore.ieee.org/document/9383366>

[WP5-2] Bouyukliev I., **Bouyuklieva S.**, Maruta T., **Piperkov P.** (2020) Characteristic vector and weight distribution of a linear code, *Cryptography and Communications*, Vol. 13, Issue № 2, pp. 263-282, 2021. **IF 1.291**. <https://doi.org/10.1007/s12095-020-00458-8>

[WP5-3] Bouyukliev I., **Bouyuklieva S.**, About Code Equivalence - a Geometric Approach, in "New Horizons in Differential Geometry and its Related Fields", World Scientific, 2021, to appear.

[WP5-4] **Piperkov P.**, Bouyukliev I., **Bouyuklieva S.**, An Algorithm for Computing the Covering Radius of a Linear Code Based on Vilenkin-Chrestenson Transform, in "New Horizons in Differential Geometry and its Related Fields", World Scientific, 2021, to appear.

[WP5-5] **Bouyuklieva S.**, Optimal Binary LCD Codes, submitted 2021 <https://arxiv.org/abs/2010.13399>

[WP5-6] Bouyukliev I., **Bouyuklieva S.**, Kurz S., Computer classification of linear codes, submitted, 2020 <https://arxiv.org/abs/2002.07826>