

## АНОТАЦІЯ

**Мілова Ю.О.** Розробка методів і алгоритмів кодів для передачі інформації з постійними та змінними параметрами по цифрових каналах зв'язку. – Кваліфікаційна наукова праця на правах рукопису.

Дисертація на здобуття наукового ступеня доктора філософії за спеціальністю 172 – «Телекомунікації та радіотехніка». – Державний університет телекомунікацій Міністерства освіти і науки України, Київ, 2021.

Дисертаційна робота присвячена розробці нових принципів кодування та захисту від помилок і несанкціонованого доступу, результатом якого було обґрунтування і створення поліпараметричного методу побудови блокових кодів, який можна використовувати для передачі двійкових і десяткових масивів інформації, і для захисту інформації від несанкціонованого доступу.

Розвиток цивілізації напряду пов'язаний зі створенням, обробкою, зберіганням та передачею інформації. Обмін інформацією здійснюється за рахунок перенесення її на відстань за допомогою сигналів різного фізичного походження: механічними, акустичними, дротовими, електромагнітними, оптичними та іншими каналами зв'язку. Разом з тим, збільшення кількості інформації, яка передається, зберігається і обробляється, призводить до вимог забезпечення її достовірності та надійності.

Для підвищення завадостійкості каналу передачі інформації використовуються спеціальні методи передачі повідомлень, які забезпечуються застосуванням різного виду кодів та методів кодування.

На сьогодні відомо багато різних класів завадостійких кодів, що відрізняються один від одного структурою, призначенням, ефективністю, алгоритмом кодування/декодування, тощо.

Актуальність запропонованого в роботі поліпараметричного метода визначається необхідністю прискорення і полегшення кодування і формування

перевірочних комбінацій сучасних блокових кодів. Запропоновані в роботі поліпараметричні блокові двійкові і десяткові цифрові коди розширюють рамки можливостей отримання різного роду ентропійних, префіксних, суфіксних та подібних кодів, застосування яких на даний час не завжди можна передбачити.

Для досягнення мети дисертаційної роботи, а саме створення нових поліпараметричних методів кодування цифрової інформації та захисту від помилок і несанкціонованого доступу, були вирішені наступні завдання:

Вперше розроблено метод поліпараметричного кодування дискретної цифрової інформації, що дозволяє створювати коди, перевірна комбінація яких формується завдяки використанню сусідніх кодових слів, пов'язаних функціональною залежністю.

Удосконалено методику створення перевірочних комбінацій поліпараметричних блокових лінійних кодів, яка, на відміну від існуючих однопараметричних, дозволяє при побудові кодової комбінації використовувати інформацію не тільки одного кодового слова, але і його сусідів, що пов'язані між собою функціональною залежністю.

Удосконалено методику створення двійкових кільцевих поліпараметричних кодів, у якої, інформаційний ресурс в 2-5 разів перевищує інформаційний ресурс однопараметричних кодів, що забезпечує вірність і швидкість обміну даними.

Вперше розроблено метод поліпараметричного кодування дискретної цифрової інформації, що дозволяє створювати коди, які є елементами нормованого натурального ряду.

Вперше розроблено метод створення блокового цифрового десяткового поліпараметричного коду на основі фрактальної матриці, що дозволяє безпосередньо виявляти і виправляти каналні помилки.

Дисертаційна робота має науково-практичний характер, її основні результати є оригінальними, математично обґрунтованими. Розглянуті в ній задачі є новим внеском у перспективний напрямок досліджень теорії підвищення завадостійкості інформації, що передається каналами зв'язку.

Описані в дисертаційній роботі коди є універсальними. Вони досить легко

пристосовуються для захисту інформації від несанкціонованого доступу.

У вступі обґрунтовано актуальність теми дисертаційної роботи, сформульовано мету і завдання дослідження, визначено об'єкт, предмет, методи дослідження та вирішення задач, визначено наукову новизну і практичне значення отриманих результатів, викладена загальна характеристика роботи. Наведено відомості про впровадження результатів роботи, апробацію, особистий внесок автора, а також публікації за темою дисертації. Представлено структуру та обсяг дисертації.

У першому розділі, з метою порівняння одно- і поліпараметричних методів кодування цифрової інформації, були розглянуті існуючі алгоритми завадостійкого кодування, зразки кодів, які вже давно існують і зарекомендували себе з найкращого боку, а також коди, які зараз тільки розробляються. Були визначені поняття одно- та поліпараметричних блокових кодів. Сформульований принцип поліпараметричності при створенні перевірочних комбінацій завадостійких блокових кодів та визначені основні напрямки досліджень, щодо виконання поставленого наукового завдання.

У другому розділі представлені двійкові поліпараметричні кільцеві коди, перевірочні комбінації яких будуються на підставі векторів показників зсуву із прийнятого кодового слова. Основні риси і закономірності даного коду і його вектора показників зсуву складають зміст цієї глави.

У третьому розділі роботи показано, що кожний кільцевий код і його вихідний вектор може породжувати не один, а цілу плеяду або сімейство собі подібних кільцевих кодів. Серед цих сімейств є особливі кільцеві коди, структура вихідного вектора яких пов'язана простою функціональною залежністю зі структурою елементів породжуваних ними векторів показників зсуву.

Наведено підхід до вибору прийняттого інтервалу в кодовому слові для отримання загальних і приватних специфікаторів. Для родин кільцевих кодів з особливими властивостями запропонований свій простий спосіб ідентифікації. Дано рекомендації по створенню, структурі і застосуванню специфікаторів.

У четвертому розділі дисертаційної роботи розглядається новий метод

отримання комбінацій цифрових поліпараметричних кодів, що виправляють помилки, представлених цілими десятковими числами, завдяки властивостям і особливостям нормованого натурального ряду. Показано, що використовується інформація не тільки закладена в розташуванні десяткових елементів самого кодового слова, для якого створюється перевірна комбінація, але і елементів нормованого натурального ряду, які знаходяться у взаємно-однозначній відповідності кожного кодового слова з його перевіркою комбінацією.

В роботі отримані поліпараметричні коди, що складаються з елементів нормованого натурального ряду, а також сумарні коди. Описані їх характеристики, властивості, особливості і можливі варіанти використання.

Враховуючи особливості нормованого натурального ряду був представлений метод стиснення та відтворення цілих чисел який, може знайти застосування при обміні конфіденційною інформацією з підвищеним захистом від несанкціонованого доступу. Отримані таким чином поліпараметричні коди дозволяють збільшити швидкість передачі інформації, підвищити перешкодозахищеність і забезпечити частковий захист від несанкціонованого доступу. Продемонстровані фрактальні залежності для стисненого відрізка натурального ряду.

Узагальнюючим результатом досліджень є створення фрактальної матриці, яка дозволяє кодувати, декодувати і отримувати перевірку комбінацію для квазіпростих чисел, які використовуються в якості блочних кодових слів при передачі цифрової інформації..

Основні положення і результати дисертаційної роботи отримані автором самостійно та опубліковані у наукових працях.

Наукові положення, що виносяться на захист, висновки і рекомендації дисертації належать автору.

Дисертація виконувалась в Державному університеті телекомунікацій.

За результатами досліджень опубліковано 7 наукових праць, з них: 5 статей у фахових науково-технічних журналах, 2 статті у міжнародних виданнях, 1 стаття прийнята до друку. З них 4 – одноосібні та 2 публікації за матеріалами

міжнародних науково-технічних конференцій. В дисертаційній роботі узагальнено результати досліджень, виконаних автором самостійно [3, 5, 7, 8] та у співавторстві [1, 2, 4, 6].

Особисто автором здійснена розробка загальної концепції дисертації та вибір об'єкту, визначено мету і задачі роботи, обрано та обґрунтовано методи досліджень.

У наукових публікаціях у співавторстві автору належать: провідна роль у виборі та обґрунтуванні напряму досліджень, постановка задач на різних етапах виконання роботи, аналіз та інтерпретація одержаних результатів. У статтях зі співавторами [1, 2, 4, 6] автором проведені теоретичні і експериментальні дослідження, створений програмний демонстраційний додаток та обґрунтовані висновки за їх результатами. У роботах здобувачу належить: [1, 2] - аналіз методів поліпараметричного кодування, використання властивості і особливості нормування цифрового натурального ряду, [4, 6] - аналіз основних закономірностей та пов'язаних з цим переваг при використанні поліпараметричних сумарних кодів. Наукові положення, що виносяться на захист, та висновки і рекомендації дисертації належать автору. Основні положення і результати дисертаційної роботи отримані автором самостійно та опубліковані у наукових працях.

**Ключові слова:** кільцевий код; ідентифікатор; кодове слово; натуральний ряд; сигнальна послідовність; базовий вектор; числовий фрактал; стиснений еквівалент; числовий сумарний код; дуальна кратність; критерій стиснення; поліпараметричні коди; вектор показників зсуву, дельта-фактор.

## ANNOTATION

**Milova Yu.** Development of methods and algorithms of codes for transmission of information with constant and variable parameters on digital communication channels. - Qualifying scientific work on the rights of the manuscript.

Dissertation for the degree of Doctor of Philosophy in specialty 172 - "Telecommunications and Radio Engineering". - State University of Telecommunications of the Ministry of Education and Science of Ukraine, Kyiv, 2021.

The dissertation is devoted to the development of new principles of coding and protection against errors and unauthorized access, which resulted in the substantiation and creation of a polyparametric method of building block codes that can be used to transmit binary and decimal arrays of information and to protect information from unauthorized access.

The development of civilization is directly related to the creation, processing, storage and transmission of information. The exchange of information is carried out by transmitting it over a distance using signals of different physical origin: mechanical, acoustic, wired, electromagnetic, optical and other communication channels. However, the increase in the amount of information that is transmitted, stored and processed, leads to requirements to ensure its reliability and reliability.

To increase the noise immunity of the information transmission channel, special methods of message transmission are used, which are provided by the use of different types of codes and coding methods.

Today, many different classes of noise-tolerant codes are known, which differ from each other in structure, purpose, efficiency, encoding / decoding algorithm, and so on.

The relevance of the proposed polyparametric method is determined by the need to speed up and facilitate coding and the formation of test combinations of modern block codes. The proposed polyparametric block binary and decimal digital codes

expand the scope of possibilities of obtaining various kinds of entropy, prefix, suffix and similar codes, the use of which is not always predictable at present.

To achieve the goal of the dissertation, namely the creation of new polyparametric methods for encoding digital information and protection against errors and unauthorized access, the following tasks were solved:

For the first time, a method of polyparametric coding of discrete digital information was developed, which allows to create codes, the verification combination of which is formed due to the use of neighboring code words related by functional dependence.

The method of creating test combinations of polyparametric block linear codes has been improved, which, unlike existing one-parameter ones, allows to use information of not only one code word, but also its neighbors, which are interconnected by functional dependence, when constructing a code combination.

The method of creating binary ring polyparametric codes has been improved, in which the information resource is 2-5 times higher than the information resource of single-parameter codes, which ensures the accuracy and speed of data exchange.

For the first time, a method of polyparametric coding of discrete digital information was developed, which allows to create codes that are elements of a normalized natural series.

For the first time, a method of creating a block digital decimal polyparametric code based on a fractal matrix was developed, which allows to directly detect and correct channel errors.

The dissertation has a scientific and practical nature, its main results are original, mathematically sound. The tasks considered in it are a new contribution to the perspective direction of research of the theory of increase of noise immunity of the information transferred by communication channels.

The codes described in the dissertation are universal. They are quite easy to adapt to protect information from unauthorized access.

The introduction substantiates the relevance of the topic of the dissertation, formulates the purpose and objectives of the study, defines the object, subject, research

methods and solutions, identifies the scientific novelty and practical significance of the results, outlines the general characteristics of the work. Information on the implementation of the results of the work, approbation, personal contribution of the author, as well as publications on the topic of the dissertation are given. The structure and scope of the dissertation are presented.

In the first section, in order to compare one- and multi-parameter methods of digital information coding, the existing noise-tolerant coding algorithms, samples of codes that have existed for a long time and proved to be the best, as well as codes that are currently being developed, were considered. The concepts of one- and polyparametric block codes were defined. The principle of polyparametric in the creation of test combinations of noise-tolerant block codes is formulated and the main directions of research on the implementation of the scientific task are determined.

The second section presents binary polyparametric ring codes, the test combinations of which are based on the vectors of the shift indicators from the received codeword. The main features and patterns of this code and its vector of shift indicators are the content of this chapter.

In the third section of the work it is shown that each ring code and its source vector can generate not one, but a whole galaxy or family of similar ring codes. Among these families there are special ring codes, the structure of the output vector of which is connected by a simple functional dependence with the structure of the elements of the shift vectors generated by them.

The approach to the choice of an acceptable interval in the code word for obtaining general and particular specifiers is given. For families of ring codes with special properties, a simple method of identification is proposed. Recommendations for the creation, structure and application of specifiers are given.

The fourth section of the dissertation considers a new method of obtaining combinations of digital polyparametric codes that correct errors represented by integers, due to the properties and features of the normalized natural series. It is shown that the information used is not only embedded in the arrangement of decimal elements of the codeword itself, for which the test combination is created, but also elements of the



normalized natural series, which are in mutual correspondence of each codeword with its test combination.

Polyparametric codes consisting of elements of the normalized natural series, and also total codes are received in work. Their characteristics, properties, features and possible uses are described.

Taking into account the peculiarities of the normalized natural series, the method of compression and reproduction of integers was presented, which can be used in the exchange of confidential information with increased protection against unauthorized access. The thus obtained polyparametric codes allow to increase the speed of information transmission, increase noise immunity and provide partial protection against unauthorized access. Fractal dependences for a compressed segment of a natural series are demonstrated.

A generalized result of the research is the creation of a fractal matrix that allows you to encode, decode and obtain a test combination for quasi-prime numbers that are used as block codewords in the transmission of digital information ..

The main provisions and results of the dissertation were obtained by the author himself and published in scientific papers.

The scientific provisions submitted for defense, conclusions and recommendations of the dissertation belong to the author.

The dissertation was performed at the State University of Telecommunications.

According to the research results, 7 scientific works were published, including: 5 articles in professional scientific and technical journals, 2 articles in international publications, 1 article was accepted for publication. Of these, 4 are individual and 2 publications based on international scientific and technical conferences. The dissertation summarizes the results of research performed by the author independently [3, 5, 7, 8] and co-authored [1, 2, 4, 6].

The author personally developed the general concept of the dissertation and the choice of the object, determined the purpose and objectives of the work, selected and substantiated the research methods.

In scientific publications co-authored by the author include: a leading role in choosing and justifying the direction of research, setting tasks at different stages of work, analysis and interpretation of the results. In articles with co-authors [1, 2, 4, 6] the author conducted theoretical and experimental research, created a software demonstration application and substantiated the conclusions based on their results. In the works the applicant has: [1, 2] - analysis of methods of polyparametric coding, use of properties and features of normalization of digital natural series, [4, 6] - analysis of basic laws and related advantages when using polyparametric total codes. The scientific provisions submitted for defense and the conclusions and recommendations of the dissertation belong to the author. The main provisions and results of the dissertation were obtained by the author himself and published in scientific papers.

**Keywords:** ring code; identifier; word codes; invariant; natural series; signal sequence; base vector; numerical fractal; compressed equivalent; numerical total code; dual multiplicity; compression criterion; polyparametric codes; shear rate vector, delta factor.

## **СПИСОК ОПУБЛІКОВАНИХ ПРАЦЬ ЗА ТЕМОЮ ДИСЕРТАЦІЇ**

### ***Статті у фахових виданнях, що входять до переліку, затвердженого ДАК України***

1. Мілова Ю.О. Алгоритми створення проріджуваних кодів / В.Г. Сайко, О.В. Дікарев, Л.М. Грищенко, В.І. Кравченко, Ю.О. Мілова // Зв'язок. - 2017. - №2. - С. 33–38.
2. Мілова Ю.О. Алгоритми стиснення і відновлення цілих чисел / В.Г. Сайко, О.В. Дікарев, Л.М. Грищенко, В.І. Кравченко, Ю.О. Мілова // Зв'язок. - 2017. - №3. - С. 51–56.
3. Милова Ю.А. Числовые фракталы частично сжатого натурального ряда // Зв'язок. - 2017. - №4. - С. 57–60.
4. Милова Ю.А. Суммарные коды / Ю.А. Милова, А.А. Дударева // Зв'язок. - 2018. - №3. - С. 47–50.

5. Милова Ю.А. Параметры суммарных кодов / Ю.А. Милова // Зв'язок. - 2018. - №4. - С. 30–32.

***Статті у періодичних наукових виданнях інших держав, які входять до  
Організації економічного співробітництва та розвитку***

6. Milova Yu. Rationed natural row. Polyparametric coding / Yu. Milova // The European Journal of Technical and Natural Sciences, Premier Publishing s.r.o. Vienna. - 2020. - №3. - P. 19 - 23.

7. Milova Yu. Simple blocky digital polyparametric fractal code // The European Journal of Technical and Natural Sciences, Premier Publishing s.r.o. Vienna. - 2020. - №4. - P. 39 - 42.

8. Milova Ju. Polyparametric block coding / Julia Milova, Yuri Melnyk.// Informatyka Automatyka Pomiaru w Gospodarce i Ochronie Srodowiska (IAPGOS), Politechnika Lubelska. Прийнято до публікації в Vol 11 No 1 (2021).

***Матеріали й тези доповідей на конференціях***

9. Мілова Ю.О. Полипараметрические коды / Мілова Ю.О. // Міжнародна наукова інтернет-конференція "Інформаційне суспільство: технологічні, економічні та технічні аспекти становлення (випуск 41)" / Збірник тез доповідей: випуск 41 – Тернопіль. – 2019. –С. 239.

10. Мілова Ю.О. Стиснення цілих чисел за допомогою їх розкладання у натуральний ряд / Мілова Ю.О. // Інфокомунікації – сучасність та майбутнє: матеріали дев'ятої міжнар. наук.-пр. конф.– Одеса: ОНАЗ ім. О.С. Попова, 2019. – 456 с.