



«CHALLENGES AND THREATS TO CRITICAL INFRASTRUCTURE»



Detroit (Michigan, USA) - 2023

Challenges and threats to critical infrastructure. Collective monograph - [NGO Institute for Cyberspace Research](#) (Detroit, Michigan, USA), 2023. - 325 p.

The collective monograph was prepared by ukrainian scholars within the framework of studies of a wide range of security issues. The authors of the monograph look at the problems of security of the state`s security in a rich manner behind such basic warehouses as military security, information security, military-technical security, environmental and technogenic security

Reviewers:

Ponomarev S.P. - Doctor of Jurisprudence, head of the Department of Administration of the State Service of Special Communications and Information Protection of Ukraine

Hnatyuk S.O. - Ph.D. Chief Researcher of the State Scientific and Research Institute of Cybersecurity Technologies and Information Protection

Silvestrov A.M. - Ph.D. Prof. National Technical University of Ukraine “Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute”

© Collective of Authors, 2023
© NGO Institute for Cyberspace Research, 2023
ISBN-10/979-8-218-22315-1

Authors

Chapter 1. Avramenko O.V., Polishchuk V.V., Sarapin Yu.O., Voinov I.A. 1, V.A. Malik, N.V. Zhenyuk, N.I. Voropai, O.G. Korol, A.Yu. Strelnikova, Yu.V. Kostenko, O.V. Peredrii, V.V. Gordiychuk, Grinenko O.I., Hrytsyuk V.V., Zubkov V.P., Ptashkin R.L., Palagin V.V., Savostyanenko M.V., Klymenko K.V., Klymenko K.V., Tyutyunyk V. ., Kapelushna T.V.

Chapter 2. Azarenko O., Honcharenko Yu., Divizinyuk M., Shevchenko R., Shevchenko O., V.M. Vashchenko, V.I. Skalozubov, I.B. Korduba, Shcherbak O., Khmyrova A., Khrystych V., Zhuk V. M., Pohosyan G. A., Yevlanov M. V., Cherepnyov I. A., Chumachenko S. M., Kolomiets D. P., Matsko P. I., Kaplia I. O., Romanyuk V. P., Medvedev M. G., Mulyava O. M., Peredrii O. V., Komisarov M. V., Proshchyn I. V., Sydorenko V. L., Eremenko S.A., Tyshchenko V.O., Vlasenko E.A., Pruskyi A.V., Demkiv A.M., Yudina D.O.

Chapter 3. V. N. Yelisieiev, E. V. Bykova, V. S. Tyshchenko, N. V. Zaika, V. A. Popel, S. S. Chumachenko, O. V. Ivchenko, V. V. Palagin, R. Kyrychok. V., Laptev O.A., Laptev S.O., Sobchuk A.V., Ponomarenko V.V., Barabash A.O., Murasov R.K., Chumachenko S.M., Sirik A.O. , Yevtushenko O.V., Sobchuk V.V., Pichkur V.V., Lapteva T.O., Kopytko S.B.

Chapter 4. Goncharenko I.O., Kuchma T.L., Prodanyuk D.M., Zaretskyi I.S., Karpenko M.I., Moshenskyi A.O., Derman V.A., Khoperskyi S. V., Chumachenko S.M., Ponomarenko S.O., Popel V.A, Maslennikova T.A.

Chapter 5. Vovchuk T., Shevchenko R., Shevchenko O., Guida O.G., Kiselyov V.B., Ometsynska N.V., Trysnyuk T.V., Konetska O.O., Nagorny E. I., Marushchak V.M., Volynets T.V., Prystupa V.V., Trofimchuk O.M., Trysnyuk V.M., Shumeiko V.O., Chumachenko S.M., Lysenko O.I. , O. M. Tachynina, O. V. Furtat, S. O. Furtat, I. O. Sushin.

Chapter 6. Viola Vambol, Alina Kowalczyk-Juško, Sergij Vambol, Nadeem Ahmad Khan, Aaron Dumont, Zaporozhchenko M.M., Legominova S.V., Muzhanova T.M., Ometsynska N.V., Kiselyov V. B., Huida O. G., Shchavinskyi Y.V., Palchynska V.B.

Chapter 7. Altaf Hussain Lahori, Barbara Savytska, Parisa Ziarati, Barbara Krokhmal-Marchak, Niloofar Mozaffari, Nastaran Mozaffari, Miasoyedova A., Divizinyuk M., Shevchenko R., Myroshnychenko A., Aldoshin O.O., Kalinovskiy A.Ya., Vykhvatin M.V., Havrys A.P., R.S. Yakovchuk, O.O. Pekarska, M.V. Yevlanov, R.V. Antoshchenkov, I.A. Cherepnyov, I.I. Kravchenko, V. Loik. B., Synelnikov O.D., Goncharenko M.O., Nazarenko S.Yu., Mandrychenko D.S., Shapovalov M.M., Pichugin M.A., Vynogradov S.A., Samchenko T.V. , Nuyanzin O.V., Sverchkov O.V., Faure E.V., Skutskyi A.B., Lavdanskyi A.O., Grechanyk O.S., Shakhov S.M., Zinchenko O.O., Yatsenko V.O., Vambol S.O.

Chapter 8. Adamova G.V., Anila Kausar, Ambreen Afza, Altaf Hussain Lahori, Bobkov Y.V., Shevchuk A.A., Stamati V.G., Vynogradov S.A., Chumachenko S.M., Lysenko O.I., Novikov V.I., Furtat O.V., Furtat S.O., Sushin I.O., Pisnya L.A., Mishchenko I.V., Vambol S.O., Vambol Viola

Chapter 9. Yakovliev Ye.O., Rudko G.I., Yermakov V.M., Chumachenko S.M., Kodryk A.I., Dyatel O.O., Lubenska N.O.

CONTENT

CHAPTER 1 SYSTEMATIC APPROACH TO THE PROTECTION OF CRITICAL INFRASTRUCTURE FACILITIES	9
1. Avramenko O.V., Polishchuk V.V., Sarapin Yu.O. Increasing the efficiency of protection of ammunition storage facilities against emergency situations by implementing justified periodic maintenance of fire protection systems.....	10
2. Voinov I.A. 1, Malik V.A. A systematic approach to the protection of critical infrastructure objects	13
3. Zhenyuk N.V., Voropai N.I., Korol O.G., Strelnikova A.Yu. Security model of sociocyberphysical system	16
4. Yu. V. Kostenko Green tariff as a tool for improving the security of critical infrastructure facilities	18
5. Peredrii O.V., Gordiychuk V.V., Grinenko O.I., Hrytsyuk V.V., Zubkov V.P. Integration of foreign and domestic mechanisms for ensuring cyber security of critical infrastructure objects	21
6. Ptashkin R.L., Palagin V.V. Cross-layer web application security concept.....	25
7. Savostyanenko M.V., Klymenko K.V. Regulatory aspects of the identification and categorization of critical infrastructure facilities	27
8. Tarnavskiy A.B. Emergency situations of tpp turbogenerators and their prevention ways	31
9. Tyutyunyk V.V., Yashchenko O.A., Tyutyunyk O.O. Development of the support system for anti-crisis decisions under the conditions of the implementation of the legal regime of martial or state of emergency	35
10. Faure E.V., Makhynko M.V. Approaches to construct error-correcting permutation code for non-separable factorial data coding.....	40
11. Khokhlacheva Yu.E., Gavrilova A.A. Analysis of information security threats in modern information and communication systems and networks	42
12. Yakymenko Yu.M., Rabchun D.I., Kapelyushna T.V. Use of methodological approaches of system analysis to ensure information security of critical infrastructure objects	46
CHAPTER 2 THEORETICAL AND METHODOLOGICAL BASIS OF ASSESSMENT OF CYBER THREATS, TECHNOLOGICAL AND ENVIRONMENTAL THREATS AND RISKS FOR CRITICAL INFRASTRUCTURE	52
13. Azarenko O., Honcharenko Yu., Divizinyuk M., Shevchenko R., Shevchenko O. Generalization of the characteristics of critical state infrastructure objects	53
14. V.M. Vashchenko, V.I. Skalozubov, I.B. Korduba Nuclear and ecological danger of the Zaporizhzhya NPP in the extreme conditions of the war in Ukraine	54
15. Shcherbak O., Khmyrova A., Khrystych V., Shevchenko R. Methods of identifying the main signs of an extraordinary situation at critical infrastructure facilities	59
16. Zhuk V. M., Pohosyan G. A. Some issues of flooding risk management	60
17. Yevlanov M.V., Cherepnyov I.A., Chumachenko S.M., Kolomiets D.P. Some aspects of increasing the shelf life and efficiency of using food concentrates in extreme conditions.....	63

18. Matsko P. I., Kaplya I. O., Romanyuk V. P. Theoretical and methodological basis for assessing man-made threats and risks to the critical infrastructure of Ukraine under the conditions of a full-scale invasion of the Russian Federation.....	68
19. Medvedev M.G., Mulyava O.M. Investigation of geometric properties of differential equations with complex coefficients.....	71
20. Peredrii O.V., Komisarov M.V. Procedure for assessing the efficiency of measures for cleaning critical infrastructure objects from explosive objects during war.....	75
21. Proshchyn I.V. Analysis of factors which are involved in the causes of accidents at hydrotechnical sports.....	80
22. Sydorenko V.L., Yeremenko S.A., Tyshchenko V.O., Vlasenko E.A. Methodological bases of risk assessment of emergency situations at potentially dangerous facilities of critical infrastructure.....	84
23. Sydorenko V.L., Pruskyi A.V., Demkiv A.M. Development of the risk of hazards at industrial facilities of critical infrastructure.....	87
24. Yudina D.O. Cybersecurity measures for critical information infrastructure facilities against cyber threats and cyber attacks.....	89
CHAPTER 3 METHODS AND TOOLS FOR ASSESSMENT OF CYBER THREATS, TECHNOLOGICAL AND ENVIRONMENTAL THREATS AND RISKS FOR CRITICAL INFRASTRUCTURE.....	94
25. Yelisieev V.N., Bykova E.V. Issues of assessment of man-made or environmental risks for critical infrastructure objects.....	95
26. Tyshchenko V.S. Methodology of using neural networks for analyzing cyber security threats and critical infrastructure operations.....	99
27. Zaika N.V., Popel V.A., Chumachenko S.S. Assessment of the security level of critical infrastructure based on the complex of tools to protect its objects against UAV.....	101
28. Ivchenko O.V., Palagin V.V. Network security threats at data link level.....	105
29. Kyrychok R.V., Laptev O.A. Methodology for confirming the feasibility of exploiting detected vulnerabilities in a corporate network using polynomial transformations of Bernstein.....	107
30. Laptev S.O., Sobchuk A.V., Ponomarenko V.V., Barabash A.O. Parametric method of spectral analysis of signals of critical infrastructure objects.....	111
31. Murasov R.K., Chumachenko S.M. Risk assessment of critical infrastructure facilities, taking into account the potentials of losses from the destructive influence of the enemy.....	114
32. Sirik A.O., Yevtushenko O.V. Safety requirements and technological threats for food industry enterprises as critical infrastructure facilities.....	122
33. Sobchuk V.V., Pichkur V.V., Lapteva T.O., Kopytko S.B. Method of increasing the immunity of the system of detection and recognition of radio signals for objects of critical infrastructure.....	127
CHAPTER 4 SOFTWARE TOOLS FOR ANALYTICS, CYBER THREATS MODELING SYSTEMS, TECHNOLOGICAL AND ENVIRONMENTAL PROCESSES AND ACTIVITIES OF CRITICAL INFRASTRUCTURE FACILITIES.....	131

34. Honcharenko I.O., Kuchma T.L., Prodanyuk D.M. Knowledge, attitudes, and practices assessment of public bomb shelter use in Kyivska Oblast	132
35. Zaretsky I.S. Modeling indicators of investment systems	146
36. Karpenko M.I., Chumachenko S.M., Moshenskyi A.O. Substantiating of the components for creating a software and hardware complex for detection of radiation and chemical warfare agents	152
37. Khoperskyi S.V., Chumachenko S.M., Ponomarenko S.O., Popel V.A., Maslennikova T.A. A model for the restoration of territories with critical infrastructure damaged by military actions	156
CHAPTER 5 INFORMATION SYSTEMS FOR ASSESSMENT OF CYBER THREATS, TECHNOLOGICAL AND ENVIRONMENTAL THREATS AND RISKS FOR CRITICAL INFRASTRUCTURE	159
38. Vovchuk T., Shevchenko R., Shevchenko O. Information technologies for the prevention of emergency situations at chemical industry facilities	160
39. Huida O.G., Kiselyov V.B., Ometsynska N.V. Information systems for evaluating cybersecurity threats	161
40. Trysnyuk T.V., Konetska O.O., Nagorny E.I., Marushchak V.M., Volynets T.V., Prystupa V.V. Assessment of the radiation risk of contamination of the area for the population as a result of military operations	163
41. Trofymchuk O.M., Trysnyuk V.M., Shumeiko V.O. Surface water bodies of Ukraine as part of critical infrastructure facilities under the conditions of Russian aggression	167
42. Chumachenko S.M., Lysenko O.I., Tachynina O.M., Furtat O.V., Furtat S.O., Sushin I.O. Method of collecting information on the condition of critical infrastructure objects from wireless sensor network nodes	171
CHAPTER 6 INTERNATIONAL STANDARDS IN THE FIELD OF INFORMATION AND TELECOMMUNICATION TECHNOLOGIES AND CYBER PROTECTION OF CRITICAL INFRASTRUCTURE FACILITIES	179
43. Viola Vambol, Alina Kowalczyk-Juško, Sergij Vambol, Nadeem Ahmad Khan Current state of the potential for waste to energy conversion: overview of the situation in Poland	180
44. Aaron Dumont Environmental protection through international criminal law ...	184
45. Zaporozhchenko M.M. Legislation in the field of cyber protection of critical infrastructure facilities	188
46. Legominova S.V., Muzhanova T.M. Secure handling protected critical infrastructure information: the US experience	191
47. Ometsynska N.V., Kiselyov V.B., Huida O.G. Features of the dynamic spectrum expansion of the optical transmitter	195
48. Shchavynskyi Y.V., Palchynska V.B. Legal mechanisms for ensuring cyber protection of objects of critical information infrastructure of Ukraine in conditions of hybrid war	198
CHAPTER 7 MODELING AND SIMULATION OF NATURAL DISASTERS, EMERGENCIES AND THEIR RESPONSE	203

49. Miasoyedova A., Divizinyuk M., Shevchenko R. Mathematical models for detecting the danger of critical infrastructure objects by unmanned aerial vehicles.....	204
50. Myroshnychenko A., Shevchenko R. Informational methods of emergency prevention due to explosion in tunnels.....	205
51. Aldoshin O.O., Kalinovskiy A.Ya. Problems of managing the creation and purchase of fire-fighting equipment.....	206
52. Vykhvatin M.V. Simulation of restoration systems of safe life activities in conditions of disaster risk.....	209
53. Havrys A.P., Yakovchuk R.S., Pekarska O.O. Visualization of Fire in Space and Time on the Basis of the Method of Spatial Location of Fire-Dangerous Areas.....	215
54. Evlanov M.V., Antoschenkov R.V., Cherepnyov I.A. On the need to create a register of mathematical models of the human body to improve the effectiveness of diagnostics in the field of disaster medicine.....	219
55. Kalinovskiy A.Ya., Kravchenko I.I. Fundamentals of using fire trucks.....	223
56. Loik V.B., Synelnikov O.D., Honcharenko M.O. Measures for the protection of the population and organization of the response during the liquidation of the consequences of the use of tactical nuclear weapons.....	226
57. Nazarenko S.Yu., Mandrychenko D.S. Concerning the use and design of a gear pump for fire extinguishing.....	230
58. Nazarenko S.Yu., Shapovalov M.M. Measuring complex for determining the hydraulic resistance of pressure fire hoses.....	232
59. Pichugin M.A., Vinogradov S.A. Use of transparent partitions for fire spread limitations in shopping and entertainment centers.....	234
60. Samchenko T.V., Nuyanzin O.V. Analysis of applied cfd and fem programs with their characteristics for cable tunnels.....	236
61. Kalinovskiy A.Ya., Sverchkov O.V. A systematic approach to assessing the level of readiness of units of the operational rescue service of civil protection.....	241
62. Faure E. V., Skutskiy A. B., Lavdanskyy A. O. Simulation model for text and audio messages transmission in the Simulink environment using non-separable factorial coding.....	244
63. Cherepnev I.A., Barbara Savytska, Parisa Ziarati, Barbara Krokhmal-Marchak, Vambol S.O. Technical measures to reduce grain losses at the storage stage from biotic factors.....	247
64. Cherepnev I.A., Vambol S.O., Niloofar Mozaffari, Nastaran Mozaffari The results of experimental studies of the effectiveness of remote radiothermometry in the field of medicine of emergency situations.....	251
65. Shakhov S.M., Grechanyk O.S. Development of an autonomous compressed air foam system.....	254
66. Shakhov S.M., Zinchenko O.O. Study of the efficiency of compressed air foam generation with domestic foam formers.....	258
67. Yatsenko V.O., Vinogradov S.A. On the issue of protection of personnel in the cab of a fire rescue vehicle from dangerous factors of fire.....	261

CHAPTER 8 EXPERIENCE IN USING INFORMATION TECHNOLOGIES, UAVs AND ROBOTS FOR ENVIRONMENTAL MONITORING, PREVENTION

AND ELIMINATION OF NATURAL AND MAN-MADE THREATS FOR CRITICAL INFRASTRUCTURE OBJECTS 263

68. Bobkov Yu.V., Shevchuk A.A. Use of UAVs and Modern Information Technologies to Monitor Fields in Precision Agriculture 264

69. Stamati V.G., Vinogradov S.A. Problems of fire extinguishing at energy facilities and ways to solve them 269

70. Tyutyunyk V.V., Tyutyunyk O.O., Usachov D.V. Geoinformation system for acoustic monitoring of different sources of threats for objects of critical infrastructure of the city 271

71. Chumachenko S.M., Lysenko O.I., Novikov V.I., Furtat O.V., Furtat S.O., Sushin I.O. Development of the method of support and increase of connectivity wireless networks using UAVs 277

72. Adamova G.V., Pisnya L.A. Environmental safety of operation of motor roads of ukraine. Assessment methods and tools and cyber security 284

73. Mishchenko I.V., Vambol S.O., Vambol V.V. Construction waste management during the territories reconstruction in order to environment protection 302

74. Anila Kausar, Ambreen Afza, Altaf Hussain Lahori, Viola Vambol Application of object based technique for assessment of urban land-use/land cover and air quality 306

CHAPTER 9 CHALLENGES AND THREATS TO CRITICAL INFRASTRUCTURE DURING OPERATION AND CLOSURE OF COAL MINES 311

75. Yakovliev Ye.O., Rudko G.I. Threats of a state of ecological chaos for critical infrastructure facilities in Donbass and Kryvbass under conditions of Russian aggression 312

76. Yermakov V.M., Chumachenko S.M., Kodryk A.I., Yakovlev E.O. Environmental and geological factors of the vulnerability of critical infrastructure objects under the conditions of Russian aggression 317

77. Dyatel O.O., Lubenska N.O., Ermakov V.M. Restructuring of mines of donbas in the conditions of military actions 321

знизити збитки від них. Великі значення часу прибуття першого підрозділу ОРС ЦЗ до місця виклику можуть призвести до зміни дислокації підрозділів, меж районів обслуговування, обґрунтованого збільшення числа пожежно-рятувальних частин та окремих пожежних постів тощо.

Висновки

Результати дослідження оперативної обстановки, її параметрів дають ті вихідні закономірності, на основі яких можна розробляти математичні моделі процесу функціонування ОРС ЦЗ, причому параметри оперативної обстановки для цих моделей є входними параметрами. Такі моделі дозволяють розробити науково обґрунтовані нормативи та сформулювати рекомендації щодо вдосконалення організації оперативної діяльності пожежної охорони міст та населених пунктів.

Для пошуку закономірностей процесу функціонування ОРС ЦЗ необхідно мати достовірну вихідну інформацію про цей процес. Інформаційною базою тут можуть служити передусім офіційні документи пожежної охорони міст, населених пунктів та об'єктів (наприклад, диспетчерські журнали виїздів пожежно-рятувальних підрозділів). На жаль, далеко не завжди вдається отримати з цих документів досить повну та надійну інформацію, тому у ряді випадків доводиться проводити спеціальні спостереження та експерименти для збирання необхідної інформації.

Отриману інформацію слід обробити за допомогою відповідних наукових методів. В даному випадку найбільш підходящими є методи математичної статистики. Важливо не тільки знайти значення величин, що нас цікавлять (параметрів), а і з'ясувати характер їх зміни в часі, їх динаміку, оскільки це дозволить будувати досить надійні прогнози зміни оперативної обстановки та відповідного розвитку оперативно-рятувальної служби цивільного захисту.

УДК 621.391:004.94

62.ІМІТАЦІЙНА МОДЕЛЬ ПЕРЕДАВАННЯ ТЕКСТОВИХ І АУДІО ПОВІДОМЛЕНЬ З ВИКОРИСТАННЯМ НЕРОЗДІЛЬНОГО ФАКТОРІАЛЬНОГО КОДУВАННЯ В СЕРЕДОВИЩІ SIMULINK

Фауре Е. В., Скуцький А. Б., Лавданський А. О.
Черкаський державний технологічний університет
E-mail: a.b.skutskyi.asp21@chdtu.edu.ua

Simulation model for text and audio messages transmission in the Simulink environment using non-separable factorial coding

The work is devoted to the development of a model for text and audio messages transmission using non-separable factorial coding. The creation of a simulation model using Matlab and Simulink software products and the process of setting their parameters are considered. The algorithm for

encoding text messages and the algorithm for encoding samples of an audio signal are given. The resulting model makes it possible to investigate probabilistic indicators of the information exchange process as well as assess the impact of communication channel error on the quality of various types of messages (text or audio) reproduction. The use of the developed model is also necessary to create mock-up samples of secure information exchange devices based on non-separable factorial data coding.

Розвиток технічних можливостей, соціально-політичне становище, передові технології в сучасному житті людини диктують нові правила щодо парадигми безпеки в сферах людської діяльності. Використання нероздільного факторіального кодування (НФКД) як нової перспективної моделі криптозахисту відкриває новий етап розвитку сучасних програмних систем. Узагальнення моделей і методів НФКД викладено в [1].

Метою роботи є розробка та дослідження імітаційної моделі передавання даних на основі НФКД. Дані представлено у вигляді тексту та вибірок аудіо сигналу. Основою для роботи є імітаційна модель системи зв'язку, результати дослідження якої викладено в праці [2]. Канал зв'язку має ненульову ймовірність виникнення бітової помилки під час передавання текстової та аудіо інформації. Середовищем моделювання використано програмні продукти Simulink і Matlab [3], [4].

Складові компоненти розробленої моделі: підсистема *coder* – виконує відкриття та завантаження файлу до середовища моделювання, підготовку даних для кодування, кодування даних за заданим алгоритмом; підсистема каналу передавання даних – містить двійковий симетричний канал зв'язку; підсистема *decoder* – приймає дані з каналу зв'язку, декодує, форматує та приводить дані до початкового вигляду та зберігає їх до файлу.

Модель передавання текстових даних за допомогою НФКД створено адаптивною. Таким чином, загальний час симуляції інформаційного обміну базується на кількості даних, що необхідно передати, та мінімального значення часу симуляції. У моделі використано частоту передавання $F_{TX} = 100 \text{ МГц}$, звідки мінімальне значення часу симуляції дорівнює $1 / F_{TX} = 10^{-8} \text{ с}$. Розв'язувач (*Solver*) обрано типу *Fixed-step: discrete (no continuous states)*. Стоп симуляції процесу передавання текстових даних виконується тільки після того, як усі дані у вхідному файлі оброблено, передано, прийнято, декодовано та збережено в зовнішній файл.

Для моделювання процесу передавання аудіо даних використано розв'язувач типу *Variable-step*. Вхідні дані – вибірки аудіо сигналу – отримуються від периферії комп'ютера через мікрофоний/лінійний вхід та функціональні блоки Simulink Audio Toolbox (*Audio Device reader*). У режимі реального часу відбувається кодування та передавання цих даних каналом зв'язку, декодування та, за аналогією з моделлю обробки текстових даних, збереження до зовнішнього файлу (*To Multimedia file*).

У середовищі Matlab для реалізації необхідного алгоритму кодування створено додаткові сценарії для обробки даних: *coder.m*, *decoder.m*, *int2factStr.m*,

fact2int.m. Принципи обробки текстових повідомлень для їх факторіального кодування представлено в [5].

Розроблена імітаційна модель опрацьовує текстові дані за наступним алгоритмом:

- 1) зчитування ASCII символів з текстового документу;
- 2) конкатенація по два символи вхідного тексту (опрацювання тексту виконується зліва направо) та перетворення їх у перестановку довжини $M = 8$;
- 3) передавання даних каналом зв'язку з бітовими помилками;
- 4) зворотнє перетворення перестановки в двійкові дані;
- 5) зберігання даних у зовнішній файл.

У випадку передавання аудіо повідомлення зазначений алгоритм опрацьовує вибірки аудіо сигналу в форматі Waveform Audio File Format (WAV) у моно режимі з розрядністю 16 біт на семпл.

Модель виконує збереження даних на кожному етапі обробки для подальшої статистичної оцінки вбудованими модулями *To File*. Вбудованими інструментами Simulink проведено аналіз впливу бітової помилки на якість отриманого повідомлення. Отримані модельні результати перевірено на відповідність теоретичним.

Висновки

Таким чином, у результаті проведеного дослідження розроблено та досліджено імітаційну модель, яка: опрацьовує текстову та аудіо інформацію, виконує кодування та передавання даних відкритим каналом зв'язку з незалежними бітовими помилками. Модель буде використано для аналізу показників передавання інформації, а також для розробки та дослідження макетних зразків приймально-передавальних пристроїв системи захищеного інформаційного обміну на основі НФКД.

Література

1. Основи теорії нероздільного факторіального кодування даних : монографія / Фауре Е.В. та ін. Харків : СГ НМТ Новий курс, 2021. 167 С.
2. Фауре Е.В., Скуцький А.Б., Лавданський А.О. Імітаційна модель системи передавання інформації з нероздільним факторіальним кодуванням даних у середовищі Simulink // Вісник Черкаського державного технологічного університету. Черкаси, 2022. № 4. С. 31-47.
3. Desmond J. H., Nicholas J. H. Matlab Guide. Third Edition. SIAM, 2017. 476 p.
4. Devendra. K. S. Modeling and simulation of systems using Matlab and Simulink. CRC press, 2017. 734 p.
5. Лавданський А.О., Фауре Е.В., Тинимбаєв С.Т., Скуцький А.Б. Система захищеного інформаційного обміну текстовими даними через радіоканал ISM-діапазону // Вісник Черкаського державного технологічного університету. Черкаси, 2022. № 3. С. 41-48.