

- Інформаційно-управляючі системи

1/9 (79) 2016

Содержание

ИНФОРМАЦИОННО-УПРАВЛЯЮЩИЕ СИСТЕМЫ

- 4 Выбор предпочтительных протоколов маршрутизации узлов беспроводной сенсорно-актуаторной сети
В. М. Безрук, А. Н. Зеленин, В. А. Власова, Ю. В. Скорик, Ю. Н. Колтун
- 10 Побудова та використання міждоменого механізму зв'язку для високопродуктивної обробки даних
В. М. Мельник, П. А. Пех, К. В. Мельник, Н. В. Багнюк, О. К. Жигаревич
- 16 Вплив параметрів елементів волоконно-оптичного гіроскопа з відкритою петлею зворотного зв'язку на точність вимірювання
С. В. Іванов
- 25 Аналіз генераторів псевдовипадкових чисел за метрологічними характеристиками
Г. В. Мартинюк, Ю. Ю. Оникієнко, Л. М. Щербак
- 30 Дослідження мультиплектора на поверхневих плазмон-поляритонах для пристроїв телекомунікацій
Д. В. Невінський
- 38 Design of two-degree-of-freedom robust system for ground vehicle equipment stabilization
O. Sushchenko
- 48 Використання модифікованого принципу симетрії структурних схем для синтезу систем автоматичного керування
О. І. Шеремет, О. В. Садовой
- 57 Abstract&References

ГЛАВНЫЙ РЕДАКТОР

Бойник Анатолий Борисович

д. т. н., профессор, Украинский государственный университет железнодорожного транспорта (Украина)

Терзиан Ваган Яковлевич

д. т. н., профессор, Харьковский национальный университет радиоэлектроники (Украина)

профессор Университета Юваскюля (Финляндия)

РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ

ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ И СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ

Бойник А. Б., д. т. н., проф., Украинский государственный университет железнодорожного транспорта, Харьков (Украина); **Бутько Т. В.**, д. т. н., проф., Украинский государственный университет железнодорожного транспорта, Харьков (Украина); **Годлевский М. Д.**, д. т. н., проф., Национальный технический университет «Харьковский политехнический институт», Харьков (Украина); **Cardoso Jorge**, Professor of University of Coimbra, Faculty of Science and Technology, Coimbra (Portugal); **Omelayenko Borys**, PhD, Senior Software Engineer at Elsevier Amsterdam Area, Amsterdam (Netherlands); **Rab Nawaz Lodhi**, PhD, COMSATS Institute of Information Technology Sahiwal Campus (Pakistan); **Рыбак Л. А.**, д. т. н., проф., Старооскольский технологический институт, Старый Оскол (Россия); **Самсонкин В. Н.**, д. т. н., проф., Государственный научно-исследовательский центр железнодорожного транспорта Украины, Киев (Украина); **Соболев Ю. В.**, д. т. н., проф., Украинский государственный университет железнодорожного транспорта, Харьков (Украина); **Terziyan Vagan**, Professor of University of Jyvaskyla, Department of Mathematical Information Technology, Jyvaskyla (Finland); **Фурман И. А.**, д. т. н., проф., Харьковский государственный технический университет сельского хозяйства, Харьков (Украина); **Jakab Frantisek**, Assoc. professor of Technical University of Kosice, Department of Computers and Informatics, Kosice (Slovak Republic)

МАТЕМАТИКА И КИБЕРНЕТИКА – ПРИКЛАДНЫЕ АСПЕКТЫ

Ahmad Izhar, Associate Professor of King Fahd University of Petroleum and Minerals, Department of Mathematics and Statistics, Dhahran (Saudi Arabia); **Weber Gerhard Wilhelm**, Professor of Middle East Technical University, Institute of Applied Mathematics, Ankara (Turkey); **Дёмин Д. А.**, д. т. н., проф., Национальный технический университет «Харьковский политехнический институт», директор ЧП «Технологический Центр», Харьков (Украина); **Зельк Я. И.**, д. т. н., ведущий научный сотрудник, Институт космических исследований Национальной академии наук Украины и Государственное космическое агентство Украины, Киев (Украина); **Тевяшев А. Д.**, д. т. н., проф., Харьковский Национальный университет радиоэлектроники, Харьков (Украина); **Trujillo Juan J.**, Professor of Universidad de la Laguna, Faculty of Mathematics, San Cristobal de La Laguna (Spain)

ПРИКЛАДНАЯ МЕХАНИКА

Andrianov Igor, Professor of RWTH Aachen University, Department of General Mechanics, Aachen, (Germany); **Дудников А. А.**, к. т. н., профессор, Полтавская государственная аграрная академия, Полтава (Украина); **Львов Г. И.**, д. т. н., проф., Национальный технический университет «Харьковский политехнический институт», Харьков, (Украина); **Machado Jose Antonio Tenreiro**, Professor of Polytechnic of Porto, Institute of Engineering, Department of Electrical Engineering, (Portugal); **Пермяков А. А.**, д. т. н., проф., Национальный технический университет «Харьковский политехнический институт», Харьков (Украина); **Подригало М. А.**, д. т. н., проф., Харьковский Национальный автомобильный технический университет, Харьков (Украина); **Самородов В. Б.**, д. т. н., проф., Национальный технический университет «Харьковский политехнический институт», Харьков (Украина)

ПРИКЛАДНАЯ ФИЗИКА

Гламаздин А. В., к. ф.-м. н., старший научный сотрудник, Национальный Научный Центр «Харьковский физико-технический институт», Харьков (Украина); **Марьянчук П. Д.**, д. ф.-м. н., проф., Черновицкий национальный университет им. Ю. Федьковича, Черновцы (Украина); **Новосядлый С. П.**, д. т. н., проф., Прикарпатский национальный университет им. Василия Стефаника, Ивано-Франковск (Украина); **Соболь О. В.**, д. ф.-м. н., проф., Национальный технический университет «Харьковский политехнический институт», Харьков (Украина); **Стариков В. В.**, к. ф.-м. н., старший научный сотрудник, Национальный технический университет «Харьковский политехнический институт», Харьков (Украина)

МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЕ, ТЕХНОЛОГИИ ОРГАНИЧЕСКИХ И НЕОРГАНИЧЕСКИХ ВЕЩЕСТВ

Вахула Я. И., д. т. н., проф. Национальный университет «Львівська політехніка», Львов (Украина); **Arvidas Galdikas**, Professor Kaunas University of Technology, Department of Physics, Kaunas (Lithuania); **Гликин М. А.**, д. т. н., проф., Технологический институт Восточноукраинского национального университета им. В. Даля, Северодонецк (Украина); **Капустин А. Е.**, д. х. н., проф., Приазовский государственный технический университет, Мариуполь (Украина); **Carda Juan B.**, Professor of Universidad Jaume I, Department of Inorganic Chemistry, Castellon de la Plana (Spain); **Кондратов С. А.**, д. х. н., проф., Институт химических технологий Восточноукраинского национального университета им. В. Даля, Луганск (Украина); **Михайлов В. М.**, д. т. н., проф., Харьковский государственный университет питания и торговли, Харьков (Украина); **Черевко А. И.**, д. т. н., проф., Харьковский государственный университет питания и торговли, Харьков (Украина); **Чумак В. Л.**, д. х. н., проф., Национальный авиационный университет, Киев (Украина)

ЭНЕРГОСБЕРЕГАЮЩИЕ ТЕХНОЛОГИИ И ОБОРУДОВАНИЕ

Данько В. Г., д. т. н., проф., Национальный технический университет «Харьковский политехнический институт», Харьков (Украина); **Клименко Б. В.**, д. т. н., проф., Национальный технический университет «Харьковский политехнический институт», Харьков (Украина); **Sutikno Tole**, Professor of Universitas Ahmad Dahlan, Department of Electrical Engineering, Yogyakarta (Indonesia); **Терещенко Т. А.**, д. т. н., проф. Национальный технический университет Украины «Киевский политехнический институт», Киев (Украина)

EDITOR IN CHIEF

Boynyk Anatoly

PhD, Professor of Ukrainian State University of Railway Transport (Ukraine)

Terziyan Vagan

PhD, Professor of Kharkov National University of Radioelectronics (Ukraine)
Professor of the University of Jyväskylä (Finland)

EDITORIAL BOARD

COMPUTER SCIENCE

Boynyk Anatoly, Professor of Ukrainian State University of Railway Transport, Department of Automation and Computer telecontrol traffic, Kharkov (Ukraine); **Butko Tatiana**, Professor of Ukrainian State University of Railway Transport, Department of operational work and international transportation, Kharkov (Ukraine); **Cardoso Jorge**, Professor of University of Coimbra, Faculty of Science and Technology, Coimbra (Portugal); **Furman Illya**, Professor of Petro Vasylenko National Technical University of Agriculture, Department of Agricultural Mechanization, Kharkov (Ukraine); **Hodlyevskiy Mykhailo**, Professor of National Technical University «Kharkiv Polytechnic Institute», Department of Automated Control Systems, Kharkov (Ukraine); **Jakab Frantisek**, Assoc. professor of Technical University of Kosice, Department of Computers and Informatics, Kosice (Slovak Republic); **Omelayenko Borys**, PhD, Senior Software Engineer at Elsevier Amsterdam Area, Amsterdam (Netherlands); **Rab Nawaz Lodhi**, PhD, COMSATS Institute of Information Technology Sahiwal Campus (Pakistan); **Rybak Larisa**, Professor of Staroskol Institute of Technology, Department of Automation and Industrial Electronics, Stary Oskol (Russia); **Samsonkin Valery**, Professor, Director of the State Research Center Railway Transport of Ukraine, Kyiv (Ukraine); **Sobolev Yuriy**, Professor, Advisor to the Rector of Ukrainian State University of Railway Transport, Kharkov (Ukraine); **Terziyan Vagan**, Professor of University of Jyväskylä, Department of Mathematical Information Technology, Jyväskylä (Finland)

MATHEMATICS

Ahmad Izhar, Associate Professor of King Fahd University of Petroleum and Minerals, Department of Mathematics and Statistics, Dhahran (Saudi Arabia); **Demir Dmitriy**, Professor of National Technical University «Kharkiv Polytechnic Institute», director of the Private Company «Technology Center», Kharkov (Ukraine); **Tevashev Andrew**, Professor of Kharkov National University of Radioelectronics, Department of Applied Mathematics, Kharkov (Ukraine); **Trujillo Juan J.**, Professor of Universidad de la Laguna, Faculty of Mathematics, San Cristobal de La Laguna (Spain); **Weber Gerhard Wilhelm**, Professor of Middle East Technical University, Institute of Applied Mathematics, Ankara (Turkey); **Zyelyk Yarema**, Leading Researcher of Space Research Institute of the National Academy of Sciences of Ukraine and National Space Agency of Ukraine, Kyiv (Ukraine)

ENGINEERING

Andrianov Igor, Professor of RWTH Aachen University, Department of General Mechanics, Aachen, (Germany); **Dudnikov Anatoly**, Professor of Poltava State Agrarian Academy, Department of the Repair machines and technology of constructional materials, Poltava (Ukraine); **Lvov Hennadiy**, Professor of National Technical University «Kharkiv Polytechnic Institute», Department of Dynamics and Strength of Machines, Kharkov (Ukraine); **Machado José António Tenreiro**, Professor of Polytechnic of Porto, Institute of Engineering, Department of Electrical Engineering, (Portugal); **Permiakov Alexander**, Professor of National Technical University «Kharkiv Polytechnic Institute», Department of Mechanical Engineering, Kharkov (Ukraine); **Podrigalo Mykhailo**, Professor of Kharkiv National Automobile and Highway University, Department of Mechanical Engineering Technologies and Repairs, Kharkov (Ukraine); **Samorodov Vadim**, Professor of National Technical University «Kharkiv Polytechnic Institute», Department of Cars and Tractors, Kharkov (Ukraine)

APPLIED PHYSICS

Glamazdin Alexander, PhD, National Science Center «Kharkov Institute of Physics and Technology», Kharkov (Ukraine); **Novosiadlyi Stepan**, Professor of Vasyl Stefanyk Precarpathian National University, Department of Physics and Technology, (Ukraine); **Maryanchuk Pavlo**, Professor of Yuriy Fedkovych Chernivtsi National University, Department of Physics, (Ukraine); **Sobol Oleg**, Professor of National Technical University «Kharkiv Polytechnic Institute», Department of Materials Science, Kharkov (Ukraine); **Starikov Vadim**, Senior Researcher of National Technical University «Kharkiv Polytechnic Institute», Department of Physics of metals and semiconductors, Kharkov (Ukraine)

MATERIALS SCIENCE, CHEMISTRY AND CHEMICAL ENGINEERING

Carda Juan B., Professor of Universidad Jaume I, Department of Inorganic Chemistry, Castellon de la Plana (Spain); **Cherevko Alexander**, Professor of Kharkiv State University of Food Technology and Trade, Kharkov (Ukraine); **Chumak Vitaliy**, Professor of National Aviation University, Department of Chemistry and Chemical Engineering, Kyiv (Ukraine); **Galdikas Arvidas**, Professor of Kaunas University of Technology, Department of Physics, Kaunas (Lithuania); **Glikin Marat**, Professor of East-Ukrainian National University, Technological Institute, Department of Technology of organic substances, fuels, and polymers, Severodonetsk (Ukraine); **Kapustin Alexey**, Professor of Pryazovskyi State Technical University, Department of Chemistry, Mariupol (Ukraine); **Kondratov Sergey**, Professor of Volodymyr Dahl East-Ukrainian National University, Department of Mathematics and Computer Science, Lugansk (Ukraine); **Mihaylov Valerii**, Professor of Kharkiv State University of Food Technology and Trade, Kharkov (Ukraine); **Vakhula Yaroslav**, Professor of Lviv Polytechnic National University, Department of Silicate Engineering, Lviv (Ukraine)

ENERGY

Danko Vladimir, Professor of National Technical University «Kharkiv Polytechnic Institute», Department of Electrical Engineering, Kharkov (Ukraine); **Klimenko Boris**, Professor of National Technical University «Kharkiv Polytechnic Institute», Department of Electrical Apparatus, Kharkov (Ukraine); **Sutikno Tole**, Professor of Universitas Ahmad Dahlan, Department of Electrical Engineering, Yogyakarta (Indonesia); **Tereshchenko Tatiana**, Professor of National Technical University of Ukraine «Kyiv Polytechnic Institute», Department of Industrial Electronics, Kyiv (Ukraine)

Почетный редактор

И. Г. Филлипенко

доктор технических наук, профессор
Украинский государственный университет
железнодорожного транспорта (Украина)

Учредители

ЧП «Технологический Центр»
Украинский государственный университет
железнодорожного транспорта

Адрес редакции и издательства:

ул. Шатилова дача, 4, г. Харьков,
Украина, 61145
ЧП «Технологический Центр»
Тел.: +38 (057) 750-89-90
E-mail: nauka@jet.com.ua
Сайт: <http://www.jet.com.ua>,
<http://journals.uran.ua/ejet>

Международная представленность и индексация журнала:

- Index Copernicus.
- Российский индекс научного цитирования (РИНЦ).
- Ulrich's Periodicals Directory.
- DRIVER.
- Bielefeld Academic Search Engine (BASE).
- WorldCat.
- Electronic Journals Library.
- DOAJ.
- EBSCO.
- ResearchBib.
- American Chemical Society.
- CrossRef.

Подписка:

оформляется через подписные агентства
«Периодика» или через редакцию

Формат 60 × 84 1/8.
Ум.-друк. арк. 7,75. Обл.-вид. арк. 7,21
Цена договорная.
Тираж 1000 экз.

Свидетельство о государственной регистрации журнала

КВ № 21546-11446 ПР от 08.09.2015

Аттестовано

Высшей Аттестационной Комиссией Украины
Перечень № 12 постановления Президиума
ВАК № 1-05.36 от 11.06.03

Постановлением Президиума ВАК Украины
№ 1-05/2 от 27.05.2009, № 1-05/3 от 08.07.2009.
Бюллетень ВАК Украины № 8, 2009

Приказом Министерства
образования и науки Украины
№793 от 04.07.2014

Рекомендовано
Ученым Советом
протокол № 1 от 26.01.16 г.

Подписано в печать
28.01.2016 г.

Досліджено генератори псевдовипадкових чисел з рівномірним законом розподілу, які використовуються для реалізації білого шуму: метод Мартіна, конгруентний метод, вбудований генератор у середовищі Matlab. Наведено метод оцінки ступеню відповідності реалізацій білого шуму рівномірному закону за метрологічними характеристиками. Отримано результати статистичного аналізу досліджуваних генераторів об'ємами вибірок 100, 1000 та 10000 елементів та наведено висновки

Ключові слова: генератор псевдовипадкової послідовності чисел, метрологічні характеристики реалізацій, ступінь відповідності генератора

Исследованы генераторы псевдослучайных чисел с равномерным законом распределения, которые используются для реализации белого шума: метод Мартина, конгруэнтный метод, встроенный генератор в среде Matlab. Приведен метод оценки степени соответствия реализаций белого шума равномерному закону по метрологическим характеристикам. Получены результаты статистического анализа исследуемых генераторов объемами выборок 100, 1000 и 10000 элементов и приведены выводы

Ключевые слова: генератор псевдослучайной последовательности чисел, метрологические характеристики реализаций, степень соответствия генератора

АНАЛІЗ ГЕНЕРАТОРІВ ПСЕВДОВИПАДКОВИХ ЧИСЕЛ ЗА МЕТРОЛОГІЧНИМИ ХАРАКТЕРИСТИКАМИ

Г. В. Мартинюк
Асистент*

E-mail: ganna.martyniuk@gmail.com

Ю. Ю. Онкієнко

Кандидат технічних наук
Кафедра біокібернетики та аерокосмічної медицини**

E-mail: yuriy.onikienko@gmail.com

Л. М. Щербак

Доктор технічних наук, професор*

E-mail: prof_Scherbak@ukr.net

*Кафедра інформаційно-вимірювальних систем**

**Національний авіаційний університет
пр. Космонавта Комарова, 1,
м. Київ, Україна, 03058

1. Вступ

Однією з актуальних задач дослідження перетворень інформаційних сигналів в технічних системах є моделюючий експеримент з використанням шумових сигналів. Як правило, в якості первинного випадкового процесу для моделювання досліджуваного шумового сигналу, використовується процес типу «білого шуму» з рівномірним або нормальним законами розподілу [1, 2]. У подальшому для формування заданого шумового сигналу проводять відповідні різні лінійні та нелінійні перетворення такого випадкового процесу [3]. Зазвичай для виконання таких перетворень використовують різні способи отримання реалізацій білого шуму, але частіше за все виокремлюють програмний метод генерування псевдовипадкової послідовності [4, 5], аналізу якого і буде присвячена дана робота.

Генератори псевдовипадкових послідовностей чисел широко використовуються для вирішення різноманітних науково-технічних задач, наприклад, для моделювання випадкових шумових сигналів або аналізу функціонування складних систем в умовах впливу завад [1, 3–7]. В таких задачах мають місце варіанти, коли не вказані обмеження на статистичні характеристики псевдовипадкових послідовностей, або з варіантами, коли треба сформулювати послідовності з наперед заданими характеристиками та законом розподілу. В останньому випадку виникає проблема статистичної об'єктивної кількісної оцінки ступеню відповідності

генераторів псевдовипадкових чисел заданому закону розподілу шумового сигналу. На сьогодні немає чіткого алгоритму проведення дослідження стосовно ступеню відповідності генераторів псевдовипадкових чисел. Авторами в даній роботі буде запропонований метод для аналізу генераторів псевдовипадкових чисел за його метрологічними характеристиками.

2. Аналіз літературних даних та постановка проблеми

На сьогодні розроблено значну кількість інструментальних засобів, які дозволяють проводити попередній аналіз придатності послідовностей, сформованих генераторами псевдовипадкових чисел. Програмне забезпечення та опис тестів, які реалізуються даними пакетами прикладних програм є загальнодоступним. Найбільш популярними на сьогоднішній день є статистичні тести DIEHARD [8]; у задачах шифрування зазвичай використовують комплекти тестів, рекомендовані NIST (National Institute of Standards and Technology) [9–11] або користуються бібліотекою емпіричних тестів для генераторів випадкової послідовності [12].

Описи таких тестів містять комплексні програми випробувань генераторів псевдовипадкових чисел та процедури обчислення загального показника якості, який враховує результати від усіх тестів, які входять в даний програмний пакет. В той же час розробники

алгоритмів формування псевдовипадкових чисел пропонують свої засоби дослідження, які підтверджують якість створеного програмного продукту та не завжди використовують комплекти тестів, рекомендовані авторитетними організаціями [2, 13–17]. Але всі вказані засоби засновані виключно на оцінці тестів, які тільки підтверджують гіпотезу про випадковість послідовностей чисел.

Аналіз публікацій по перевірці генераторів псевдовипадкових чисел дає можливість обґрунтувати актуальність постановки задачі даної роботи. Так, у [1, 3, 18] наведена значна кількість критеріїв узгодження випадкового сигналу та його комп'ютерної моделі – реалізації на основі білого шуму. Проте відсутня інформація про прийняття рішення, який саме генератор псевдовипадкової послідовності чисел потрібно використовувати і для якого випадку. У [2, 13, 14] описано аналіз ряду характеристик реалізацій білого шуму, за допомогою яких можна зробити висновок про доцільність використання того чи іншого генератора псевдовипадкових чисел. У [13] пропонується критерій оцінки якості генераторів, що дозволяє кількісно та якісно оцінити ступінь відповідності псевдовипадкової послідовності чисел заданому закону розподілу. У [2, 14] наведено оцінку метрологічних характеристик реалізацій білого шуму, але не описано єдину методику знаходження такого генератора псевдовипадкових чисел, який би однозначно давав відповідь на питання – який з генераторів псевдовипадкової послідовності чисел найбільше підходить за метрологічними характеристиками для отримання заданих реалізацій білого шуму?

3. Мета та задачі дослідження

Метою роботи є обґрунтування використання генератора псевдовипадкових чисел, розподілених за рівномірним законом, у якого ступінь відповідності реалізацій рівномірному закону буде більш статистично вагомою за метрологічними характеристиками.

Для досягнення мети даної роботи були поставлені наступні завдання:

- використати різні способи генерації псевдовипадкової послідовності чисел, розподілених за рівномірним законом;
- розробити алгоритм оцінки реалізацій білого шуму і вибору генератора псевдовипадкових чисел;
- провести дослідження генераторів для псевдовипадкових послідовностей чисел різними об'ємами вибірок;
- рішення про вибір генератора псевдовипадкової послідовності чисел приймати на основі використання методу Парето для вирішення багатокритеріальних задач.

4. Матеріали та методи дослідження генераторів псевдовипадкової послідовності чисел

4.1. Досліджувані матеріали та обладнання, що використовувалися в моделюючому експерименті

Експериментальне дослідження проводилося у середовищі Matlab. В якості генераторів псевдовипадкової послідовності чисел автори використовували:

– метод Мартіна, де наступне число з послідовності обирається за формулою

$$X_{n+1} =]c \times X_n [, \quad (2)$$

де $]c [$ означають операцію взяття дробової частини числового добутку, що міститься між цими дужками;

– конгруентний метод, де наступне число з послідовності обирається за формулою

$$X_{n+1} = (aX_n + c) \bmod m , \quad (1)$$

причому в якості значень a , c , m використовувалися різні значення, які наведені у [3];

– вбудований у середовищі Matlab генератор з рівномірним законом розподілу (функція `unifrnd`).

Дослідження генераторів проводилося для псевдовипадкових послідовностей чисел об'ємами вибірок 100, 1000 та 10000 елементів з метою проведення порівняльного аналізу отриманих результатів.

4.2. Метод оцінки ступеню відповідності реалізацій білого шуму рівномірному закону

Метод оцінки ступеню відповідності реалізацій білого шуму наведено на рис. 1.

В якості критеріїв для перевірки гіпотез про рівномірність досліджуваної реалізації використовувалися критерій Колмогорова-Смірнова та χ^2 -критерій.

Розраховувалися наступні метрологічні характеристики статистичних оцінок:

- математичне сподівання та відносна похибка його вимірювання (в теорії математичне сподівання дорівнює 0,5);
- дисперсія та відносна похибка її вимірювання (в теорії дисперсія дорівнює $\frac{1}{12}$).

В якості графічних тестів для реалізацій білого шуму використовувалися:

- графік і відповідні значення так званого кореляційного шуму [3] (значення нормованої оцінки автокореляційної функції (АКФ) реалізації з вилученням значення 1 при відсутності шуму) та розрахунок на його основі кількості значень АКФ, які перевищували заданий допустимий поріг (вбірка об'ємом 100 елементів – 0,1; вбірка 1000 елементів – 0,02; вбірка 10000 елементів – 0,01);
- знаходження максимального значення кореляційного шуму;
- гістограма досліджуваної реалізації білого шуму та знаходження максимального відхилення значень гістограми (значення гістограми повинні бути на рівні 1).

На основі характеристик, описаних вище, приймалося рішення про вибір генератора псевдовипадкової послідовності чисел. Для цього використовувався метод Парето для вирішення багатокритеріальних задач, за результатами якого відкидаються свідомо неприродні або не вигідні рішення, зберігаються тільки ті рішення, для яких не існує домінуючих у багатокритеріальній задачі [19]. Авторами запропоновано використовувати саме цей метод, тому що багатокритеріальна задача при цьому продовжує носити лінійний характер та на формальному рівні відповідає багатьом змістовно зрозумілим передумовам.

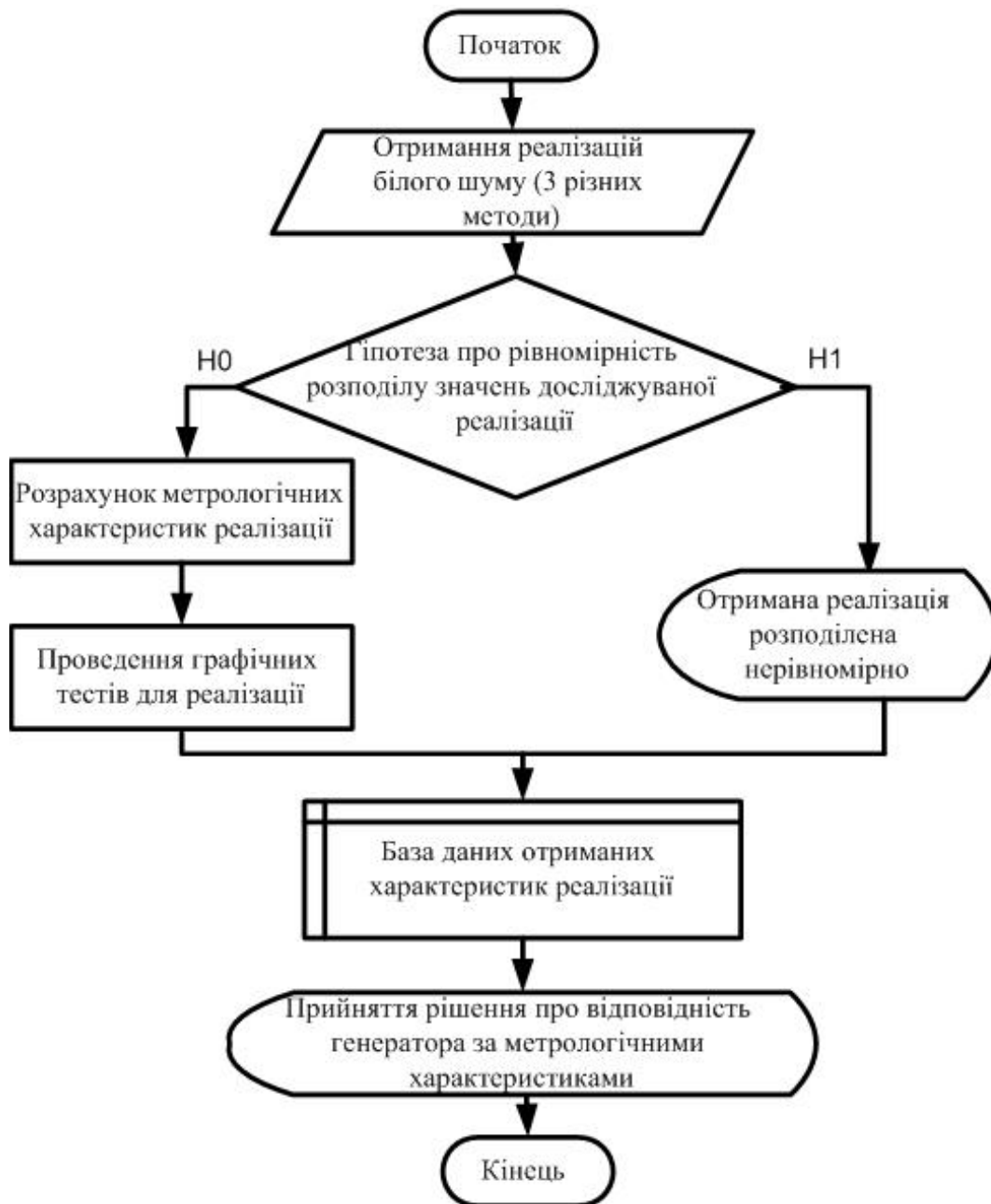


Рис. 1. Блок-схема методу оцінки реалізацій білого шуму і вибору генератора псевдовипадкових чисел

5. Результати досліджень реалізацій шумового сигналу на рівномірність розподілу у середовищі Matlab

Для дослідження реалізацій шумового сигналу використовувалися вибірки об'ємом 100, 1000 та 10000. Для кожної з вибірок генерувалися послідовності псевдовипадкових чисел методами Мартіна, конгруентним та за допомогою вбудованого генератора.

Для методу Мартіна для генерування послідовностей були проведені дослідження для різних значень s та X_1 .

В якості вибірки № 1 взято вибірку зі значеннями $m=7875$, $X_1=0,1663$; в якості вибірки № 2 – $s=6075$, $X_1=0,1283$; а в якості вибірки № 3 – $s=714025$, $X_1=0,150889$.

Для конгруентного методу генерування послідовностей були проведені дослідження для різних значень a , c , m .

В якості вибірки № 1 взято вибірку зі значеннями $m=7875$, $s=1663$, $a=211$; в якості вибірки № 2 – $m=6075$, $s=1366$, $a=1283$; а в якості вибірки № 3 – $m=714025$, $s=4096$, $a=150889$.

Отримані результати для кожного об'єму вибірки окремо наведено нижче.

5. 1. Результати досліджень для вибірки 100 елементів

На основі використання критеріїв Колмогорова-Смірнова та -критерій підтверджена гіпотеза про рівномірність розподілу значень досліджуваних реалізацій як для методу Мартіна, так і для конгруентного методу та вбудованого генератора. Результати метрологічних характеристик досліджуваних реалізацій наведено в табл. 1.

Таблиця 1

Метрологічні характеристики статистичних оцінок послідовностей, згенерованих методами Мартіна, конгруентним та за допомогою вбудованого генератора для χ^2 вибірок об'ємом 100 елементів

Метод генерування послідовностей	№ вибірки	MX1	MX2	MX3	MX4	MX5
Метод Мартіна	1	0,167	11,525	4	0,157	0,733
	2	1,099	17,901	4	0,261	0,733
	3	8,046	12,493	2	0,222	0,857
Конгруентний метод	1	0,629	12,907	1	0,150	0,571
	2	5,037	7,857	3	0,181	0,615
	3	2,415	0,352	1	0,110	0,929
Вбудований генератор	–	0,402	0,712	0	0,039	0,109

У табл. 1 (та далі у табл. 2 та табл. 3) метрологічні характеристики позначені так:

- MX1 – відносна похибка математичного сподівання, %;
- MX2 – відносна похибка дисперсії, %;
- MX3 – кількість значень АКФ з 10 можливих (для табл. 2 – 100 можливих, а для табл. 3 – 1000 можливих значень), які перевищили заданий допустимий поріг;
- MX4 – максимальне значення кореляційного шуму;
- MX5 – максимальне відхилення значень гістограми відносно 1.

5. 2. Результати досліджень для вибірки 1000 елементів

На основі використання критеріїв Колмогорова-Смірнова та χ^2 -критерій підтверджена гіпотеза про рівномірність розподілу значень досліджуваних реалізацій для всіх генераторів псевдовипадкової послідовності чисел. Результати метрологічних характеристик досліджуваних реалізацій наведено в табл. 2.

Таблиця 2

Метрологічні характеристики статистичних оцінок послідовностей, згенерованих методами Мартіна, конгруентним та за допомогою вбудованого генератора для вибірок об'ємом 1000 елементів

Метод генерування послідовностей	№ вибірки	MX1	MX2	MX3	MX4	MX5
Метод Мартіна	1	0,581	5,317	38	0,062	0,442
	2	1,271	1,818	54	0,085	0,467
	3	1,635	3,449	50	0,094	0,510
Конгруентний метод	1	0,143	1,016	28	0,170	0,219
	2	3,156	0,107	56	0,076	0,553
	3	2,414	0,254	48	0,097	0,449
Вбудований генератор	–	0,402	0,712	27	0,054	0,264

5. 3. Результати досліджень для вибірки 10000 елементів

На основі використання критеріїв Колмогорова-Смірнова та χ^2 -критерій підтверджена гіпотеза про рівномірність розподілу значень досліджуваних реалізацій для всіх генераторів псевдовипадкової послідовності чисел. Результати метрологічних характеристик досліджуваних реалізацій наведено в табл. 3.

Таблиця 3

Метрологічні характеристики статистичних оцінок послідовностей, згенерованих методами Мартіна, конгруентним та за допомогою вбудованого генератора для вибірок об'ємом 10000 елементів

Метод генерування послідовностей	№ вибірки	MX1	MX2	MX3	MX4	MX5
Метод Мартіна	1	1,188	1,149	279	0,034	0,371
	2	0,218	0,043	315	0,030	0,319
	3	0,191	0,619	296	0,035	0,348
Конгруентний метод	1	0,094	0,138	75	0,799	0,125
	2	0,194	0,315	97	0,585	0,143
	3	0,872	0,259	254	0,029	0,309
Вбудований генератор	–	0,600	0,350	532	0,068	0,500

Після того, як були отримані метрологічні характеристики статистичних оцінок послідовностей псевдовипадкових чисел, необхідно обрати метод генерації чисел, який найбільше підходить для отримання заданих реалізацій білого шуму.

6. Обговорення результатів дослідження генераторів псевдовипадкової послідовності чисел у середовищі Matlab

Для методу Мартіна та конгруентного методу генерування псевдовипадкової послідовності чисел проводилося по три експерименти для вибірок різного об'єму з різними початковими значеннями. Тому, для того, щоб зробити вибір генератора, спочатку необхідно було обґрунтувати вибір тієї чи іншої вибірки для двох зазначених методів генерування.

Так, згідно з даними у табл. 1 та використанням паретовських рішень для багатокритеріальних задач, для реалізації білого шуму методом Мартіна об'ємом вибірки 100 елементів краще вибрати вибірку № 1, для конгруентного методу також краще вибрати вибірку № 1.

Також, згідно з табл. 2, для вибірок об'ємом 1000 елементів для реалізації білого шуму методом Мартіна краще вибрати вибірку № 1, а для отримання реалізацій білого шуму конгруентним методом також краще вибрати вибірку № 1.

Необхідно звернути увагу, що згідно з даними табл. 1 та 2, для вибірок об'ємом 100 та 1000 елементів найбільш вагомим за метрологічними характеристиками є ступінь відповідності реалізацій шумового

сигналу, отриманого за допомогою вбудованого генератора (функція `unifrnd`).

Але для вибірок більшого об'єму результати вже різняться. Так, згідно з даними у табл. 3 та використанням паретовських рішень для багатокритеріальних задач, для реалізації білого шуму методом Мартіна об'ємом вибірки 10000 елементів краще вибрати вибірку № 2, а для отримання реалізацій білого шуму конгруентним методом краще вибрати вибірку № 1.

При порівнянні метрологічних характеристик генераторів псевдовипадкової послідовності чисел об'ємом вибірки 10000 елементів можна зробити висновки, що найбільш вагомою за метрологічними характеристиками є ступінь відповідності реалізацій шумового сигналу, отриманого за допомогою конгруентного метода.

Такі результати зумовлені тим, що при використанні методів, таких як конгруентний або метод Мартіна, для малих об'ємів вибірки (порядку 100–3000 елементів) результати не можуть носити повністю випадковий характер, але при використанні вибірок достатньо великого об'єму (більше 3000 елементів), вбудовані генератори дають гірші результати за метрологічними характеристиками.

Метод оцінки ступеню відповідності генераторів псевдовипадкової послідовності чисел рівномірному закону розподілу, описаний авторами у даній роботі не являється повним вирішенням проблеми вибору генератору. Але його доцільно використовувати у доповненні з критеріями, описаними в роботах [7–13] для того, щоб не тільки довести гіпотезу про рівномірність закону розподілу досліджуваних величин, але й оцінити статистично на скільки дана реалізація відповідає статистичним та метрологічним характеристикам випадкової послідовності чисел з рівномірним законом розподілу.

Наведена методика може бути застосована і для інших програмних середовищ при дослідженні ступеню відповідності генератора псевдовипадкової послідовності чисел заданому закону розподілу.

Отримані результати дослідження можна бути використовувати для розробки паспорту конкретного

програмного забезпечення з відповідними метрологічними характеристиками.

7. Висновки

1. Для того, щоб знайти генератор псевдовипадкової послідовності чисел, розподіленої за рівномірним законом, який найбільше підходить для отримання реалізацій білого шуму за метрологічними характеристиками, у роботі був використаний не тільки вбудований у середовище Matlab генератор (функція `unifrnd`), але й відомі програмні методи для знаходження незалежних випадкових чисел.

2. Розроблено метод оцінки ступеню відповідності реалізацій білого шуму. Його суть полягає в знаходженні метрологічних характеристик та проведення графічних тестів для реалізацій, щоб за отриманими результатами прийняти рішення про відповідність згенерованих реалізацій білому шуму.

3. Проведене дослідження щодо оцінки ступеню відповідності реалізацій білого шуму, отриманих за допомогою генераторів псевдовипадкової послідовності чисел до білого шуму з рівномірним законом розподілу у середовищі Matlab, дозволяє зробити висновки, що результати статистичної вагомості метрологічних характеристик реалізацій залежать у більшій мірі від об'єму вибірки елементів досліджуваної реалізації.

4. Результати дослідження показали, що при використанні паретовських рішень для багатокритеріальної задачі статистичної відповідності метрологічних характеристик реалізацій білого шуму з рівномірним законом розподілу для вибірок малого об'єму (до 3000 елементів), кращу ступінь відповідності реалізацій має вбудований у середовище Matlab генератор (функція `unifrnd`), але при використанні реалізацій білого шуму більшого об'єму (більше 3000 елементів) вагомішим стає вже конгруентний метод генерації псевдовипадкової послідовності чисел. Метод Мартіна не проявив себе як кращий за метрологічними характеристиками для жодного об'єму вибірки.

Література

1. Прохоров, С. А. Математическое описание и моделирование случайных процессов [Текст] / С. А. Прохоров. – Самара: Самар. гос. аэрокосм. ун-т, 2001. – 209 с.
2. Мартинюк, Г. В. Статистичний аналіз кореляційних характеристик псевдовипадкових шумових сигналів [Текст] / Г. В. Мартинюк, Л. М. Щербак // Вісник інженерної академії наук. – 2015. – № 2. – С. 101–105.
3. Иванов, М. А. Теория, применение и оценка качества генераторов псевдослучайной последовательности [Текст] / М. А. Иванов, И. В. Чугунков. – М.: КУДИЦ-ОБРАЗ, 2003. – 240 с.
4. Random number generation [Electronic resource]. – Available at: <http://mandala.co.uk/links/random/>
5. Entacher, K. A collection of classical pseudorandom number generators with linear structures – advanced version [Electronic resource] / K. Entacher. – 2000. – Available at: <http://random.mat.sbg.ac.at/results/karl/server/server.html>
6. Gentle, E. Random Number Generation and Monte-Carlo Methods. 2nd. ed. [Text] / E. Gentle. – Springer, 2005. – 397 p. doi: 10.1007/b97336
7. Ryabko, B. Ya. Using information theory approach to randomness testing [Text] / B. Ya. Ryabko, V. A. Monarev // Journal of Statistical Planning and Inference. – 2005. – Vol. 133, Issue 1. – P. 95–110. doi: 10.1016/j.jspi.2004.02.010
8. Marsaglia, G. DIEHARD Statistical Tests [Electronic resource] / G. Marsaglia. – Available at: <http://stat.fsu.edu/~geo/diehard.html>
9. Soto, J. Randomness Testing of the Advanced Encryption Algorithms [Text] / J. Soto. – NIST, 1999.
10. Rukhin, A. A statistical test suite for random and pseudorandom number generators for cryptographic applications [Electronic resource] / A. Rukhin. – NIST, 2001. – Available at: <http://csrc.nist.gov/publications/nistpubs/800-22-rev1a/SP800-22rev1a.pdf>

11. National Institute of Standards and Technology, "FIPS-197: Advanced Encryption Standard" [Electronic resource]. – Available at: <http://csrc.nist.gov/publications/fips/fips197/fips-197.pdf>
12. L'Ecuyer, P. TestU01: A C Library for empirical testing of random number generators [Text] / P. L'Ecuyer, R. Simard // ACM Transactions on Mathematical Software. – 2007. – Vol. 33, Issue 4. – P. 22. doi: 10.1145/1268776.1268777
13. Митянкина, Т. В. Оценка качества генераторов случайных чисел [Текст] / Т. В. Митянкина, В. В. Швыдкий, А. И. Щерба, М. А. Митянкин // Вісник Черкаського державного технологічного університету. – 2009. – № 1. – С. 41–46.
14. Соколовська, Г. В. Статистичний аналіз генераторів псевдовипадкової послідовності у програмних середовищах Matlab та Mathcad [Текст] / Г. В. Соколовська // Моделювання та інформаційні технології: зб. наукових праць. – 2013. – Вип. 66. – С. 26–30.
15. Кузнецов, А. А. Исследование статистической безопасности генераторов псевдослучайных чисел [Текст] / А. А. Кузнецов, Р. В. Королев, Ю. Н. Рябуха // Системи обробки інформації. – 2008. – Вип. 3 (70). – С. 79–82.
16. Казакова, Н. Ф. Поэтапное тестирование и подбор составных элементов генераторов псевдослучайных последовательностей [Текст] / Н. Ф. Казакова // Восточно-Европейский журнал передовых технологий. – 2010. – Т. 2, № 8 (44). – С. 44–48. – Режим доступа: <http://journals.urau.ua/eejet/article/view/2734/2540>
17. Ажмухамедов, М. Методика оценки качества последовательности случайных чисел [Текст] / М. Ажмухамедов, Н. А. Колесова. // Вестник АГТУ. Сер: Управление, вычислительная техника и информатика. – 2010. – № 2. – С. 141–148.
18. Уилкс, С. Математическая статистика [Текст] / С. Уилкс; пер. с англ. – М.: Наука, 1967. – 632 с.
19. Вентцель, Е. С. Исследование операций: задачи, принципы, методология; 2-е изд., стер. [Текст] / Е. С. Вентцель. – М.: Наука, 1988. – 208 с.

Продемонстровано зразки чотирьох-канального мультиплектора на поверхневих плазмонах – поляритонах (ППП), який працює з ультра швидкісними імпульсами. Зразки створено досить простим, але надзвичайно точним методом поетапної оптичної літографії (ПОЛ). Для збудження ППП використано 800 нм лазер з частотою імпульсу 27 фс. Показано розповсюдження ППП по мультиплектору, розмірами 10×5 мкм

Ключові слова: поверхневий плазмон-поляритон, мультиплектор, модель, проекційна оптична літографія, канал, лазер, імпульс

Продемонстрированы образцы четырехканального мультиплектора на поверхностный плазмон – поляритон (ПП), который работает с ультра скоростными импульсами. Образцы создано достаточно простым, но очень точным методом поэтапной оптической литографии (ПОЛ). Для возбуждения ППП использовано 800 нм лазер с частотой импульса 27 фс. Показано распространения ППП по мультиплектору, размерами 10×5 мкм

Ключевые слова: поверхностный плазмон-поляритон, мультиплектор, модель, проекционная оптическая литография, канал, лазер, импульс

УДК 681.325.2

DOI: 10.15587/1729-4061.2016.60634

ДОСЛІДЖЕННЯ МУЛЬТИПЛЕКСОРА НА ПОВЕРХНЕВИХ ПЛАЗМОН- ПОЛЯРИТОНАХ ДЛЯ ПРИСТРОЇВ ТЕЛЕКОМУНІКАЦІЙ

Д. В. Невінський

Асистент

Кафедра електронних засобів
інформаційно-комп'ютерних технологій

Національний університет

«Львівська політехніка»

вул. С. Бандери, 12, м. Львів, Україна, 79013

E-mail: nevinskiy90@gmail.com

1. Вступ

21 століття названо століттям фотоніки, у тому числі відзначається розробкою оптичних систем зв'язку, фотонних інтегральних схем і оптичних обчислень, що дозволяє надшвидкісний і широкосмуговий оптичний транспорт та обробку інформації [1]. Це вимагає розробки повністю оптичних комутаційних елементів і пристроїв. Використання фотонів, як носіїв інформації, замість електронів не тільки різко збільшить

наявну інформаційну пропускну здатність, але також допоможе подолати затримки при перетворенні оптичних сигналів в електричні, а також вирішить теплові проблеми, пов'язані зі звичайними інтегральними електричними схемами [2].

Актуальність роботи полягає в створенні та дослідженні пристроїв, швидкодія котрих і частотний діапазон будуть значно вищими ніж аналогічних пристроїв, котрі на сьогоднішній день використовуються в системах телекомунікаційного зв'язку.