Облікова картка дисертації

I. Загальні відомості

Державний обліковий номер: 0824U000539

Особливі позначки: відкрита

Дата реєстрації: 19-01-2024

Статус: Наказ про видачу диплома

Реквізити наказу МОН / наказу закладу: Наказ ХНУ імені В. Н. Каразіна № 0302-Зк/357 від 13.03.2024

II. Відомості про здобувача

Власне Прізвище Ім'я По-батькові:

1. Ло Іян ...
2. Yiyang Luo

Кваліфікація:

Ідентифікатор ORCID ID: 0000-0002-3376-5814

Вид дисертації: доктор філософії

Аспірантура/Докторантура: так

Шифр наукової спеціальності: 105

Назва наукової спеціальності: Прикладна фізика та наноматеріали

Галузь / галузі знань:

Освітньо-наукова програма зі спеціальності: Прикладна фізика та наноматеріали

Дата захисту: 20-02-2024

Спеціальність за освітою: Телекомунікації та радіотехніка

Місце роботи здобувача: Харківський національний університет імені В. Н. Каразіна

Код за ЄДРПОУ: 02071205

Місцезнаходження: майдан Свободи, буд. 4, Харків, Харківський р-н., 61022, Україна

Форма власності: Державна

Сфера управління: Міністерство освіти і науки України

Ідентифікатор ROR:

III. Відомості про організацію, де відбувся захист

Шифр спеціалізованої вченої ради (разової спеціалізованої вченої ради): ID 3997

Повне найменування юридичної особи: Харківський національний університет імені В. Н. Каразіна

Код за ЄДРПОУ: 02071205

Місцезнаходження: майдан Свободи, буд. 4, Харків, Харківський р-н., 61022, Україна

Форма власності: Державна

Сфера управління: Міністерство освіти і науки України

Ідентифікатор ROR:

IV. Відомості про підприємство, установу, організацію, в якій було виконано дисертацію

Повне найменування юридичної особи: Харківський національний університет імені В. Н. Каразіна

Код за ЄДРПОУ: 02071205

Місцезнаходження: майдан Свободи, буд. 4, Харків, Харківський р-н., 61022, Україна

Форма власності: Державна

Сфера управління: Міністерство освіти і науки України

Ідентифікатор ROR:

V. Відомості про дисертацію

Мова дисертації: Українська

Коди тематичних рубрик: 41.51.29, 47.45.29, 89.15.35, 29.35.29

Тема дисертації:

1. Проектування та оптимізація антенної решітки за допомогою спеціальних матриць
2. Sparse Antenna Array Design Based on Special Matrix Operations

Реферат:

1. Мета дослідження. Дослідження зосереджено на розробці нових методів побудови планарних розріджених антенних решіток (РАР), зокрема для радіотелескопів (8–80 МГц). Були запропоновані інноваційні методики з використанням латинських квадратів та їхніх трикутних матриць, які дають задовільні результати. Ключові внески включають перше використання латинських квадратних матриць у конструюванні РАР, новаторство в поєднанні кругових різницевих множин і латинських квадратних матриць, а також інтеграцію латинських квадратних матриць з їхніми нижчими трикутними аналогами. Запроваджений матричний метод є ефективним, прямим і простим порівняно з ітераційними підходами. Цей новий підхід забезпечує повне охоплення просторової частоти в планарних РАР, призначених для радіоастрономії. Структура та зміст дисертаційної роботи: РОЗДІЛ 1 містить огляд історії досліджень розповсюдження радіохвиль і теорії антен. У дисертації вводяться ключові параметри, такі як діаграма спрямованості, ширина основного пелюстки (ШОП), середній рівень бічних пелюсток (РБП), коефіцієнт заповнення, резервування та просторова частота. Крім того, пояснюється традиційний матричний метод побудови РАР. РОЗДІЛ 2 досліджує побудову РАР на

основі латинських квадратів. Алгоритм використовує значення елементів матриці з «латинських» квадратів для обчислення координат РАР, утворюючи інтерферометр між сусідніми елементами. Демонструється синтез великих РАР на основі компонентних квадратів з використанням вбудованих латинських квадратів, а характеристики аналізуються за різних зсувів і поворотів. Взаємні повороти всередині синтезованої сітки покращують її характеристики. Дослідження пропонує нові можливості для створення РАР з низькими коефіцієнтами та прийнятними рівнями бічних пелюсток, перевершуючи попередні методи, засновані на циклічно-різницевих множин (ЦРМ). РОЗДІЛ 3 зосереджена на побудові РАР з використанням латинських квадратів із ЦРМ як елементами, використовуючи традиційний алгоритм із глави 1. Отримані масиви демонструють майже повне покриття просторової частоти з мінімальною надмірністю. РАР на основі латинських квадратів з елементами ЦРМ перевершують інші конфігурації, відкриваючи нові перспективи для великих РАР зі зниженими коефіцієнтами заповнення та резервування. РОЗДІЛ 4 представляє новий метод синтезу РАР, заснований на латинському квадраті та його трикутній матриці. Цей ефективний підхід забезпечує повне покриття просторової частоти, зменшує компактність масиву та загальну кількість, одночасно ефективно зменшуючи РБП. Незважаючи на велику кількість елементів, РАР зберігає фіксовану геометрію та постійні характеристики. РОЗДІЛ 5 представляє порівняльний аналіз з використанням антени радіоастрономічного телескопа 25 МГц як елемента РАР. Нові підходи для побудови нееквідистантних плоских РАР на основі математичних структур, таких як магічні квадрати та латинські квадрати (включаючи циклічні різницеві набори як елементи), демонструють унікальні властивості. Методологія характеризується простотою та ефективністю, уникаючи складної нелінійності, пов'язаної з традиційним дизайном РАР. Він використовує прості математичні концепції, такі як множення матриць, вкладення та генерація елементів. Крім того, цей підхід є регулярним, масштабованим, поєднує нелінійність і багатовимірність і має значний майбутній потенціал для комплексної системи проектування оптимізації РАР, прокладаючи шлях для систематичних досліджень і баз знань. ВИСНОВОК містить вичерпний огляд дисертації, представляючи нові методи прямого проектування для плоских РАР на основі спеціальних матриць. Підкреслюючи їхні переваги (низька вартість, низька SLL, низька надмірність із повним охопленням просторової частоти) та різноманітність застосувань (зокрема в радіоастрономії), у висновку обговорюються перспективи та потенційні переваги. Однак визнаються критичні недоліки в поточних дослідженнях, включаючи відсутність пілотних вимірювань, відсутність розуміння конкретних сценаріїв застосування, потребу в подальшому математичному розвитку та важливість аналізу систем обробки сигналів в інтеграції РАР. Ці визначені області для вдосконалення пропонують цінні напрямки для майбутніх досліджень і розробок.

2. The purpose of the research. The research focuses on developing new methods for constructing planar sparse antenna arrays (SAAs), specifically for radiotelescopes (8–80 MHz). Innovative techniques utilizing Latin squares and their triangular matrices have been proposed, providing satisfactory results. Key contributions include the inaugural use of Latin square matrices in SAA construction, pioneering the combination of circular difference sets and Latin square matrices, and integrating Latin square matrices with their lower triangular counterparts. The matrix method introduced is efficient, direct, and straightforward compared to iterative approaches. This novel approach achieves full spatial frequency coverage in planar SAAs designed for radio astronomy. The outline of the main content of the thesis is as follows: Chapter 1 provides a review of the research history in radio wave propagation and antenna theory. The thesis introduces key parameters, such as radiation pattern, main beam width (MBW), average side lobe level (SLL), filling factor, redundancy, and spatial frequency. Additionally, the traditional matrix-based method for constructing SAAs is explained. Chapter 2 explores constructing SAAs based on Latin squares. The algorithm uses matrix element values from "Latin" squares to compute SAA coordinates, forming an interferometer between adjacent elements. Synthesizing large SAAs based on component squares using embedded Latin squares is demonstrated, with characteristics analyzed under various shifts and rotations. Mutual rotations within the synthesized grid enhance its characteristics. The study suggests new possibilities for creating SAAs with low coefficients and acceptable side lobe levels, surpassing previous methods based on cyclic-difference sets (CDS). Chapter 3 focuses on the construction of SAAs using Latin squares with CDS as elements, employing the traditional algorithm from Chapter 1. The resulting arrays exhibit nearly complete spatial frequency coverage

with minimal redundancy. SAAs based on Latin squares with CDS elements outperform other configurations, providing new prospects for large SAAs with reduced filling and redundancy coefficients. Chapter 4 introduces a novel SAA synthesis method based on the Latin square and its triangular matrix. This efficient approach ensures full spatial frequency coverage, reduces array compactness and overall numbers, while effectively reducing SLL. Despite the large number of elements, the SAA maintains a fixed geometry and consistent characteristics. Chapter 5 presents a comparative analysis using the 25MHz radio astronomical telescope antenna as SAA element. Novel approaches for constructing non-equidistant planar SAAs based on mathematical structures like Magic squares and Latin squares (including cyclic-difference sets as elements) exhibit unique properties. The methodology is characterized by simplicity and efficiency, avoiding intricate nonlinearity associated with traditional SAA design. It employs straightforward mathematical concepts like matrix multiplication, nesting, and element generation. Additionally, the approach is regular, scalable, combines nonlinearity and multidimensionality, and holds significant future potential for a comprehensive SAA optimization design system, paving the way for systematic studies and knowledge bases. The CONCLUSION provides a comprehensive overview of the thesis, introducing novel direct design methods for planar SAAs based on special matrices. Emphasizing their advantages (low cost, low SLL, low redundancy with complete spatial frequency coverage) and versatile applications (particularly in radio astronomy), the conclusion discusses prospects and potential benefits. However, critical shortcomings in current research are acknowledged, including the absence of pilot measurements, lack of understanding of specific application scenarios, the need for further mathematical development, and the importance of analyzing signal processing systems in SAA integration. These identified areas for improvement offer valuable directions for future research and development.

Державний реєстраційний номер ДіР:

Пріоритетний напрям розвитку науки і техніки: Фундаментальні наукові дослідження з найбільш важливих проблем розвитку науково-технічного, соціально-економічного, суспільно-політичного, людського потенціалу для забезпечення конкурентоспроможності України у світі та сталого розвитку суспільства і держави

Стратегічний пріоритетний напрям інноваційної діяльності: Освоєння нових технологій високотехнологічного розвитку транспортної системи, ракетно-космічної галузі, авіа- і суднобудування, озброєння та військової техніки

Підсумки дослідження: Нове вирішення актуального наукового завдання

Публікації:

- Q. Guo, Y. Luo, V. Lutsenko, Y. Zheng, “Nonequidistant two-dimensional antenna arrays synthesized using latin squares and cyclic difference sets,” Radio Physics and Electronics, Volume 24, Issue 1, 2019, pp. 12-23.
- V. Kravchenko, V. Lutsenko, I. Lutsenko, I. Popov, Y. Luo, A. Mazurenko, "Nonequidistant Two-Dimensional Antenna Arrays Based on Magic Squares", Journal of Measurement Science & Instrumentation, Volume 8, Issue 3, Mar 2017, pp. 244-253.
- V. Kravchenko, V. Lutsenko, I. Popov, Y. Luo, "Nonequidistant two-dimensional antenna arrays based on Latin squares", Journal of Measurement Science & Instrumentation, Volume 10, Issue 1, Mar 2019, pp. 38-48.
- Y. Luo, V. Lutsenko, S. Shulga, “New method for designing non-equidistant plane antenna arrays with full coverage of spatial frequencies based on latin squares and their triangular matrix”, Telecommunications and Radio Engineering, Volume 80, Issue 6, 2021, pp. 15-28.
- V. Lutsenko, I. Lutsenko, A. Soboliak, I. Popov, An. Nguyen & Y. Luo, “Interference to active-passive radar systems created by emissions from HF and VHF broadcasting stations,” Telecommunications and Radio Engineering, Volume 79, Issue 10, 2020, pp. 829-845.
- Y. Luo, Q. Guo, V. Lutsenko and Y. Zheng, "Nonequidistant Two-Dimensional Antenna Arrays Based on the Structure of Latin Squares Taking Cyclic Difference Sets as Elements," 2019 European Microwave Conference

in Central Europe (EuMCE), 2019, pp. 427-430. (EI)

- V. Lutsenko, I. Lutsenko, A. Soboliak, I. Popov, An. Nguyen and Y. Luo, "Characteristics of Interference to Active-Passive Radar Systems from Emissions of HF and VHF Broadcast Stations," 2020 IEEE Ukrainian Microwave Week (UkrMW), 2020, pp. 259-262. (EI)
- Y. Luo, V. Lusenko and S. Shulga, "Design and Optimization of Sparse Planar Antenna Arrays Based on Special Matrices," 2020 IEEE Ukrainian Microwave Week (UkrMW), 2020, pp. 1-6. (EI)
- V. Lutsenko, I. Lutsenko, I. Popov, Y. Luo, An. Nguyen, Q. Guo, Y. Zheng, (2020). "GNSS Signal Use for Sea Waves Monitoring," 2020 IEEE Ukrainian Microwave Week (UkrMW), 2020, pp. 768-771.
- Y. Luo, V. Lutsenko, S. Shulga, I. Lutsenko and X. -A. Nguyen, (2022) "Observation Theory and Result Analysis of Sea Surface Wind Speed by Pulse Radar," 2022 IEEE 2nd Ukrainian Microwave Week (UkrMW), Ukraine, 2022, pp. 634-637. (EI)

Наукова (науково-технічна) продукція: технології; методи, теорії, гіпотези; програмні продукти, програмно-технологічна документація

Соціально-економічна спрямованість: підвищення автоматизації виробничих процесів

Охоронні документи на ОПІВ:

Впровадження результатів дисертації: Впроваджено

Зв'язок з науковими темами: 0111U010479, 0113U000048, 0118U003034

VI. Відомості про наукового керівника/керівників (консультанта)

Власне Прізвище Ім'я По-батькові:

1. Шульга Сергій Миколайович
2. Sergiy Shulga

Кваліфікація: д. ф.-м. н., професор, 01.04.03

Ідентифікатор ORCID ID: 0000-0002-9392-9366

Додаткова інформація:

Повне найменування юридичної особи: Харківський національний університет імені В. Н. Каразіна

Код за ЄДРПОУ: 02071205

Місцезнаходження: майдан Свободи, буд. 4, Харків, Харківський р-н., 61022, Україна

Форма власності: Державна

Сфера управління: Міністерство освіти і науки України

Ідентифікатор ROR:

Власне Прізвище Ім'я По-батькові:

1. Луценко Владислав Іванович
2. Vladyslav Lutsenko

Кваліфікація: д. ф.-м. н., професор, 01.04.03

Ідентифікатор ORCID ID: 0000-0003-3753-7074

Додаткова інформація:

Повне найменування юридичної особи: Інститут радіофізики та електроніки ім. О. Я. Усикова Національної академії наук України

Код за ЄДРПОУ: 03534593

Місцезнаходження: вул. Академіка Проскури, буд. 12, Харків, Харківський р-н., 61085, Україна

Форма власності: Державна

Сфера управління: Національна академія наук України

Ідентифікатор ROR:

VII. Відомості про офіційних опонентів та рецензентів

Офіційні опоненти

Власне Прізвище Ім'я По-батькові:

1. Жила Семен Сергійович
2. Semen Zhyla

Кваліфікація: д. т. н., доц., 05.12.17

Ідентифікатор ORCID ID: 0000-0003-2989-8988

Додаткова інформація:

Повне найменування юридичної особи: Національний аерокосмічний університет ім. М. Є. Жуковського "Харківський авіаційний інститут"

Код за ЄДРПОУ: 02066769

Місцезнаходження: вул. Чкалова, буд. 17, Харків, Харківський р-н., 61070, Україна

Форма власності: Державна

Сфера управління: Міністерство освіти і науки України

Ідентифікатор ROR:

Власне Прізвище Ім'я По-батькові:

1. Калюжний Микола Михайлович
2. Mykola Kaliuzhnyi

Кваліфікація: к. т. н., старший науковий співробітник, 05.12.13

Ідентифікатор ORCID ID: 0000-0003-0964-6062

Додаткова інформація:

Повне найменування юридичної особи: Харківський національний університет радіоелектроніки

Код за ЄДРПОУ: 02071197

Місцезнаходження: проспект Науки, буд. 14, Харків, Харківський р-н., 61166, Україна

Форма власності: Державна

Сфера управління: Міністерство освіти і науки України

Ідентифікатор ROR:

Рецензенти

Власне Прізвище Ім'я По-батькові:

1. Погарський Сергій Олександрович
2. Sergey Pogarsky

Кваліфікація: д.ф.-м.н., професор, 01.04.03

Ідентифікатор ORCID ID: 0000-0003-0833-1421

Додаткова інформація:

Повне найменування юридичної особи: Харківський національний університет імені В. Н. Каразіна

Код за ЄДРПОУ: 02071205

Місцезнаходження: майдан Свободи, буд. 4, Харків, Харківський р-н., 61022, Україна

Форма власності: Державна

Сфера управління: Міністерство освіти і науки України

Ідентифікатор ROR:

Власне Прізвище Ім'я По-батькові:

1. Легенький Максим Миколайович
2. Maxim Legenkiy

Кваліфікація: к. ф.-м. н., доц., 01.04.03

Ідентифікатор ORCID ID: 0000-0002-5945-4002

Додаткова інформація:

Повне найменування юридичної особи: Харківський національний університет імені В. Н. Каразіна

Код за ЄДРПОУ: 02071205

Місцезнаходження: майдан Свободи, буд. 4, Харків, Харківський р-н., 61022, Україна

Форма власності: Державна

Сфера управління: Міністерство освіти і науки України

Ідентифікатор ROR:

VIII. Заключні відомості

Власне Прізвище Ім'я По-батькові голови ради Думін Олександр Миколайович

Власне Прізвище Ім'я По-батькові головуючого на засіданні Думін Олександр Миколайович

Відповідальний за підготовку облікових документів

Шевченко Андрій Олександрович

Реєстратор

УкрІНТЕІ

Керівник відділу УкрІНТЕІ, що є відповідальним за реєстрацію наукової діяльності

Юрченко Тетяна Анатоліївна