

АННОТАЦИЯ

диссертации на соискание степени доктора философии (PhD) по специальности «6D071900 – Радиотехника, электроника и телекоммуникации»

БАКИРОВА АХАТА СЕРІКҰЛЫ

Тема диссертационного исследования:

«Разработка теоретических основ методов противодействия современным формам информационной войны».

Цель диссертационного исследования:

Создание теоретико-алгебраических основ методов противодействия современным формам информационной войны, осуществляемых на уровне воздействия на социокультурный код.

Задачи исследования:

- Разработать метод приведения операций многозначной логики к алгебраическим выражениям для случая, когда не существует возможности установить однозначное соответствие между числом переменных многозначной логики и числом элементов поля Галуа, а также осуществить проверку данного метода с использованием электронных схем, реализуемых при помощи специализированных программных продуктов.

- Разработать алгоритм для последовательно-параллельного процессора, построенный на системе остаточных классов с использованием первых четырех квази-мерсенновских чисел, и осуществить проверку данного метода при помощи специально разработанных электронных схем.

- Разработать метод построения базисов цифровых ортогональных функций, позволяющих привести операцию вычисления цифровой свертки к вычислению парциальных сверток, каждая из которых отвечает определенному полю Галуа.

- Распространить метод нестандартных алгебраических расширений, основанный на использовании дополнительных формальных уравнений, на случай, отвечающий трехмерному пространству, с использованием приводимых алгебраических уравнений.

- На основе обобщающего анализа современных форм информационной войны и прогнозов в данной области продемонстрировать что решение задач, связанных с противодействием современным формам информационной войны, в том числе требует разработки новой алгоритмической основы вычислительной техники.

Предмет исследования – операции многозначной логики, цифровая свертка.

Методы исследования:

- методы абстрактной алгебры, в частности теория полей Галуа и теории конечных алгебраических колец;
- методы отработки электронных схем с использованием специализированных программных продуктов.

Основные положения, выносимые на защиту:

- метод приведения операций многозначной логики к алгебраическим выражениям с использованием алгебраической дельта-функции и операции цифрового логарифмирования, позволяющий корректно определять и компактно задавать эти операции в конечных полях;
- алгоритм для последовательно-параллельного процессора, построенный на системе остаточных классов с использованием первых четырех квази-мерсенновских чисел, который допускает реализацию в виде электронных схем;
- метод алгебраических расширений, который позволяет построить набор цифровых ортогональных функций, обеспечивающих приведение операции свертки к вычислению совокупности парциальных сверток, каждая из которых вычисляется в отдельном поле Галуа;
- метод нестандартных алгебраических расширений, основанный на использовании дополнительных формальных решений приводимых уравнений, распространенный на случай, отвечающий трехмерному пространству;
- демонстрация того, что решение задач, связанных с противодействием современным формам информационной войны, в том числе требует разработки новой алгоритмической основы вычислительной техники.

Основные результаты исследования:

Основным результатом диссертационной работы является формирование теоретико-алгебраических основ методов противодействия современным формам информационной войны, реализуемых на уровне воздействия на социокультурный код. В публикациях показано, что для эффективного противодействия на этом уровне требуются вычислительные модели, способные описывать не только технические сигнальные процессы, но и многозначные логические взаимосвязи, характерные для коллективного восприятия и трансляции информации. Обосновано, что переход от традиционной двоичной логики к многозначным алгебраическим структурам позволяет создать аппаратно-алгоритмические решения, обеспечивающие математическую базу для анализа и фильтрации информационных потоков с учётом их структурных и смысловых особенностей, связанных с процессами формирования и передачи социокультурных паттернов. Системная связь этих разработок с задачами противодействия на уровне социокультурного кода развернуто представлена в обзорной статье, где сформулированы

методологические основания и показана их применимость для решения соответствующих аналитических и технологических задач.

Конкретно, в результате проведенных исследований показано, что:

- решение задач, связанных с противодействием современным формам информационной войны, в том числе требует разработки новой алгоритмической основы вычислительной техники

- алгебраическая дельта-функция и построенная на ее использовании операция цифрового логарифмирования позволяет привести операции многозначной логики к алгебраическим выражениям в том случае, когда не существует возможности установить однозначного соответствия между числом переменных многозначной логики и числом элементов поля Галуа, а также осуществлена проверка данного вывода при помощи электронных схем, отработанных методами имитационного моделирования;

- последовательно-параллельный процессор, сопоставимый по разрядности с 16-ти разрядным двоичным процессором, может быть реализован на основе алгоритма, построенного на системе колец классов вычетов множества целых числе по первым четырем квази-мерсенновским числам.

- разработан метод построения базисов цифровых ортогональных функций, позволяющий привести операцию вычисления цифровой свертки к вычислению парциальных сверток, каждая из которых отвечает выполнению операций в определенном поле Галуа, причем доказано, что для построения таких базисов целесообразно использовать метод алгебраических расширений основных полей, а также показано, что данный метод позволяет привести анализ систем, описываемых цифровой сверткой, к описанию в терминах парциальных передаточных функций, каждая из которых также отвечает определенному полю Галуа.

- усовершенствован метод нестандартных алгебраических расширений, основанный на использовании дополнительных формальных решений приводимых уравнений, через распространение на случай, отвечающий трехмерному пространству, что позволяет построить дискретную координатную систему, в которой роль трех базисных векторов играют идемпотентные элементы кольца, получаемого нестандартным алгебраическим расширением.

Обоснование новизны, достоверности и важности полученных результатов, практическая ценность, рекомендации по использованию научных выводов:

Научная новизна. Впервые в диссертационной работе разработан комплекс алгебраических и аппаратно-алгоритмических методов цифровой обработки сигналов, применимых для задач противодействия современным формам информационной войны, в том числе при анализе процессов, затрагивающих социокультурный код общества. К числу новых научных результатов относятся:

1. Метод приведения операций многозначной логики к алгебраическим выражениям с использованием алгебраической дельта-функции и операции цифрового логарифмирования — позволяет корректно задавать и вычислять логические операции при отсутствии однозначного соответствия между числом переменных многозначной логики и размерностью поля Галуа.
2. Вариант операции цифрового логарифмирования, впервые предложенный для указанной задачи и проверенный схемотехнически на специализированных электронных схемах.
3. Алгоритм последовательно-параллельного процессора, построенный на системе остаточных классов с использованием первых четырёх квазимерсенновских чисел, обеспечивающий аппаратную реализацию вычислений с производительностью, сопоставимой с 16-разрядным бинарным процессором.
4. Метод построения базисов цифровых ортогональных функций, позволяющий свести вычисление полной цифровой свёртки к совокупности парциальных свёрток, каждая из которых выполняется в своём поле Галуа; показано, что использование метода алгебраических расширений основных полей обеспечивает эффективное построение таких базисов.
5. Расширение метода нестандартных алгебраических расширений на трёхмерный случай, что позволило построить дискретную координатную систему, в которой роль базисных векторов играют идемпотентные элементы порождаемого кольца; такая система применима для обработки сигналов и анализа многомерных структур.

Важность и актуальность результатов. Современные формы информационной войны всё чаще нацелены на воздействие на социокультурный код общества — совокупность устойчивых ценностно-нормативных, языковых и символических паттернов, определяющих коллективное восприятие информации. В научной литературе и практике стратегических коммуникаций этот подход уже закрепился как важный уровень анализа наряду с когнитивным и техническим. Для разработки эффективных средств противодействия необходимо не только социально-гуманитарное осмысление феномена, но и строгие вычислительные модели, позволяющие формализовать процессы восприятия и передачи информации в среде, где бинарная логика оказывается недостаточной для описания сложных смысловых структур.

Именно поэтому в работе предложены методы приведения операций многозначной логики к алгебраическим выражениям и архитектуры цифровой обработки сигналов (в том числе RNS-процессор, ортогональные базисы парциальных свёрток и трёхмерные дискретные координатные системы), обеспечивающие возможность аппаратно-алгоритмического анализа и фильтрации информационных потоков на уровне семантических и культурно-

кодовых признаков. Такое сочетание технических решений напрямую отвечает заявленной цели — созданию теоретико-алгебраических основ методов противодействия современным формам информационной войны.

Практическая ценность

— На основе предложенного метода цифрового логарифмирования получен Патент РК № 36266 («Способ и устройство для умножения по модулю семь»), предназначенный для RNS-процессора из второго положения.

— Методы позволяют создавать цифровые процессоры и DSP-модули, работающие с многозначной логикой и парциальными свёртками, что сокращает количество умножений и повышает производительность при обработке сигналов и изображений.

— Полученные математические конструкции (ортогональные базисы, трёхмерные координатные системы) применимы в анализе сложных информационных потоков, распознавании паттернов, системах обработки изображений, UAV-навигации и могут быть использованы в технологиях аналитики и мониторинга в сфере информационной безопасности.

Достоверность результатов. Результаты подтверждены математическими доказательствами, имитационным моделированием и схемотехнической проверкой в CAD-системах. Все положения прошли апробацию в виде публикаций в рецензируемых международных журналах (Q1–Q2 Web of Science) и в патенте, что подтверждает воспроизводимость и значимость работы.

Рекомендации по использованию. Разработанные методы рекомендуется применять при проектировании RNS-вычислителей и DSP-устройств для цифровой обработки сигналов и изображений, в системах мониторинга и фильтрации информационных потоков, в исследованиях социокультурных паттернов и в образовательных платформах для формирования устойчивости к информационным атакам.

Соответствие направлениям развития науки или государственным программам:

Исследования выполнялись в соответствии с утвержденным планом исследований МНВО РК и в рамках научных проектов AP14870281 «Разработка новых подходов к цифровой обработке изображений с использованием сверточных нейронных сетей» (2022-2024), «Жас ғалым» AP 15473354 «Разработка нейросетевых алгоритмов макроскопического управления системами на основе гидрофильных полимеров» (2022-2024), AP23490107 «Разработка теоретико-информационных методов описания преобразователей волновых сигналов на основе использования конечных алгебраических структур» (2024-2026), AP26104635 «Разработка новых информационных технологий на основе формализации диалектической логики» (2025-2027).

Структура диссертационной работы, представленной в виде серии статей, опубликованных соискателем.

Диссертационная работа представлена в виде серии статей:

1. Suleimenov I. E., Vitulyova Ye.S., Kabdushev Sh.B., **Bakirov A.S.** Improving the efficiency of using multivalued logic tools: application of algebraic rings //Scientific Reports. – 2023. – Т. 13. – №. 1. – С. 22021. <https://doi.org/10.1038/s41598-023-49593-1> **Q1 Web of Science JCR.** (Вклад соискателя – вместе с научным консультантом соискатель разрабатывал математический аппарат, участвовал в постановке задач и обсуждении результатов).

2. Shaltykova D., Vitulyova, Y. S., **Bakirov A.S.**, Suleimenov I. E. Formation of Periodic Mosaic Structures Using Operations in Galois Fields //Symmetry. – 2025. – Т. 17. – №. 9. – С. 1415. <https://doi.org/10.3390/sym17091415> **Q2 Web of Science JCR.** (Вклад соискателя – соискатель разрабатывал вариант алгоритма и исследовал его применение, участвовал в обсуждении математических выводов с соавторами).

3. Kadyrzhan A., Kadyrzhan, K., **Bakirov, A.**, Suleimenov, I. Prospects for the Use of Quasi-Mersenne Numbers in the Design of Parallel-Serial Processors //Applied Sciences. – 2025. – Т. 15. – №. 2. – С. 741. <https://doi.org/10.3390/app15020741> **Q1 Web of Science JCR.** (Вклад соискателя – соискатель внёс основной вклад в создание алгоритмических решений, а также в анализ схемных характеристик).

4. Kadyrzhan A., **Bakirov A.S.**, Shaltykova D.B., Suleimenov I. E. Application of the Algebraic Extension Method to the Construction of Orthogonal Bases for Partial Digital Convolutions //Algorithms. – 2024. – Т. 17. – №. 11. – С. 496. <https://doi.org/10.3390/a17110496> **Q2 Web of Science JCR.** (Вклад соискателя – соискатель принимал ключевое участие в разработке метода, а также в анализе математических свойств метода).

5. Suleimenov I. E., **Bakirov A.S.** Prospects for Using Finite Algebraic Rings for Constructing Discrete Coordinate Systems //Symmetry. – 2025. – Т. 17. – №. 3. – С. 410. <https://doi.org/10.3390/sym17030410> **Q2 Web of Science JCR.** (Вклад соискателя – соискатель разрабатывал математическую модель и участвовал в интерпретации результатов).

6. **Bakirov A.S.**, Suleimenov I. E. Theoretical Bases of Methods of Counteraction to Modern Forms of Information Warfare // Computers. – 2025. – Т. 14. – №. 10. – С. 410. <https://doi.org/10.3390/computers14100410> **Q2 Web of Science JCR.** (Вклад соискателя – соискатель инициировал и подготовил основную часть обзорного исследования, сформулировал структуру разделов и синтезировал результаты предыдущих работ, участвовал в редакции и методологическом обсуждении с консультантами).

Также в рамках выполнения диссертационной работы был получен патент:

1. Пат. 36266. Способ и устройство для умножения по модулю семь /Сулейменов И.Э., Мун Г. А., Кабдушев Ш.Б., Байпакбаева С.Т., Витулёва

Е.С., Бакиров А.С.; опубл. 16.06.2023. (Вклад соискателя – вместе с научным консультантом соискатель предложил идею и принимал участие в разработке принципа работы устройства, внёс вклад в схемные решения и подготовку патентной документации).

Первое выносимое на защиту положение было доказано в статьях 1,2. Второе положение было доказано в статье 3. Третье положение было доказано в статье 4. Четвертое положение было доказано в статье 5. Пятое выносимое на защиту положение было доказано в статье 6. Также статья 6 является обзором, который с одной стороны является литературным обзором по тематике, а с другой обосновывает и подчеркивает вклад статей 1-5 в разработку теоретических основ в проблематике информационных войн. Патент № 36266 основан на применении операции цифрового логарифмирования из положения 1 и реализует аппаратный множитель $\text{mod } 7$ в архитектуре RNS-процессора из положения 2.

В статье 6 соискатель является первым автором, во всех остальных (1-5) является автором для корреспонденции. Все статьи (1-6) удовлетворяют требованиям пункта 5-1 «Правил присуждения степеней».