

СЕКЦИЯ «ФИЗИКА»**Методика разработки структуры баз данных на основе доменно-ключевой нормальной формы (ДКНФ)****Алтайбек А.А.***Докторант PhD механико-математического факультета**Казахский Национальный Университет имени аль-Фараби, Алматы, Казахстан**E-mail: Aizhan.Altaipek@kaznu.kz*

Актуальность многих информационных систем на протяжении многих лет зависит от того, насколько они востребованы, то есть, отвечают ли всем необходимым требованиям и содержат ли достоверную и полную информацию. Информационная система отражает и выполняет задачи конкретной предметной области. Она должна легко модифицироваться и дополняться согласно новым требованиям и правилам, предъявляемые к предметной области. Основой информационной системы является структура ее БД, которую и требуется редактировать при новых обстоятельствах предметной области. Структура БД является моделью предметной области, разрабатываемая в фазах концептуального, логического и физического проектирования данных. Концептуальное и логическое проектирование базы данных – важнейшие факторы общего успеха разрабатываемой информационной системы.

Данная работа предлагает методику для разработки логической структуры баз данных (БД), удовлетворяющая не только таким критериям как целостность, производительность и отсутствие избыточности, но также удовлетворяющая критерию «расширяемость». В данное время «расширяемость» является очень важным критерием, который помогает сохранить информационную систему в актуальном и востребованном состоянии на протяжении длительного времени при постоянной изменчивости требований предметной области. Предлагаемая методика состоит из разработки концептуальной модели с помощью модели «Сущность-Связь», и создания логической модели, где отношения приведены к доменно-ключевой нормальной форме (ДКНФ) посредством выполнения четырех этапов. Описан процесс реализации каждого этапа, где введены два ключевых понятия: «отношение-сущности» и «отношение-связывания». В работе также приведен пример применения предлагаемой методики, и показаны результаты сравнительного анализа с другими методиками проектирования БД, где выделены преимущества разработанной модели, и недостатки стандартных моделей БД.

Литература

1. Т. Коннолли, К. Бегг, А. Страчан (2000) Базы Данных. Проектирования, реализация и сопровождение. Теория и практика. Москва-Санкт-Петербург-Киев.
2. Д. Кренке (2003) Теория и практика построения Базы данных. Москва-Санкт-Петербург-Киев: Питер.
3. E.F. Codd (1970) A Relational Model of data for Large Shared Databanks // Communications of the ACM, 06.
4. E.F. Codd (1972) Relational Completeness of Data Base Sublanguages // In: R. Rustin (ed.): Database Systems: 65-98, Prentice Hall and IBM Research Report RJ 987, San Jose, California.
5. R. Fagin (1981) A Normal Form for Relational Databases That Is Based On Domains and Keys // ACM Transactions on Database Systems.
6. Алтайбек А.А., Тукеев У.А. (2009) Разработка методики проектирования баз данных на основе доменно-ключевой нормальной формы (ДКНФ) // Российско-Казахстанское совещание по вычислительным и информационным технологиям, Алматы.

Анализ и синтез фрактальных диаграмм направленности антенн¹

Кобликов А.А.²

Студент физического факультета

Московский государственный университет имени М.В.Ломоносова, Москва, Россия

E-mail: KoblikovAA@gmail.com

Рассматривается решение задачи синтеза фрактальных диаграмм направленности антенн (ДНА). Теория взаимодействия электромагнитных волн с фракталами создана недавно и интенсивно развивается. Применительно к ней в мировой практике сформировался устойчивый термин «фрактальная электродинамика».

В отличие от традиционных методов, когда синтезируются гладкие ДНА, в основе теории фрактального синтеза заложена идея масштабной инвариантности (реализации характеристик излучения с повторяющейся структурой для произвольных масштабов). Это позволяет создавать новые режимы во фрактальной электродинамике и получать объекты с принципиально новыми свойствами. Например, размещение фрактальных элементов на корпусе объекта может существенно исказить радиолокационный портрет. Сам по себе спектр применения фрактальных антенн весьма широк: телекоммуникации, нелинейная радиолокация, системы поиска, определение местоположения источников радиоизлучения и др.

Синтез фрактальных диаграмм направленности проводится с помощью функции Вейерштрасса. Анализ показывает, что при помощи трех переменных (распределение излучателей по пространству, амплитуда и фаза тока возбуждения решетки), можно управлять ДНА, а ее фрактальная размерность контролируется распределением тока по решетке. По мере уменьшения D , главный лепесток диаграммы направленности расширяется, а соответствующие значения коэффициента направленного действия решетки уменьшаются. В качестве примеров рассматриваются симметричная антенная решетка с дискретным набором излучателей и непрерывная линейная излучающая система длиной L с непрерывным изменением тока $I(z)$ и генераторными функциями различного вида.

Проведенные исследования показали, что использование фрактальных антенн позволяет создавать новые режимы и получать объекты с принципиально новыми свойствами, улучшая эксплуатационные характеристики подобных устройств, открывая тем самым обширную область для применения такого рода антенн. В настоящее время именно математическое моделирование является одним из основных методов исследования подобных структур, позволяющим априори установить их оптимальные параметры.

Литература

1. D.L. Jaggard Fractal Electrodynamics: Wave Interaction with Discretely Self-Similar Structures//Symmetry in Electrodynamics / Ed. By C.Baum, H.N.Kritikos. – L.: Taylor & Francis, 1995.
2. New Fractal Antennas for Compact and Versatile Telecommunication Services//Microwave J. 2000. V.43, №1. P.196, 198, 200, 202, 204.
3. Боголюбов А. Н., Кобликов А. А., Петухов А. А., Шапкина Н. Е. Фракталы, их моделирование и применение // XVI международная конференция «Радиолокация и радиосвязь» и XVI международная конференция по спин-электронике и гиромагнетизму (секция XVIII Международной конференции «Электромагнитное поле и материалы»). Москва-Фирсановка, 11-16 ноября 2008г. С.91-95.

¹ Тезисы доклады основаны на материалах исследований, проведенных по тематике гранта Российского Фонда Фундаментальных Исследований (проект № 06-01-00146).

² Автор выражает признательность профессору, д.ф.-м.н. Боголюбову А.Н. за помощь в подготовке тезисов.

Адаптивная аппроксимация двумерных функций с особенностями в вейвлет-базисах.

Королев Ю.М.³

Студент

Московский государственный университет имени М.В.Ломоносова,

физический факультет, Москва, Россия

E-mail: yuri.korolev@mail.ru

Во многих практически важных задачах приходится иметь дело с функциями с локализованными особенностями. Например, при моделировании развития дефектов в материалах часто приходится аппроксимировать функции двух переменных, имеющие скачок вдоль некоторой кривой. Они описывают, например, вероятность поломки детали за определенное время в зависимости от нескольких параметров. Аппроксимация тригонометрическими функциями либо классическими полиномами не дает удовлетворительного результата, т.к. глобальные функции плохо передают локальную особенность. Кроме того, зачастую вычисление значения функции в точке связано с длительным и дорогостоящим натурным или численным экспериментом. Поэтому требуется построить аппроксимацию, которая хорошо передавала бы особенность и при этом позволяла бы экономить на пробных вычислениях.

В качестве базиса для такой аппроксимации предлагается использовать ортогональный базис вейвлетов с компактным носителем. Простейшим примером такого базиса на отрезке является базис Хаара. Масштабирующая функция φ и материнский вейвлет ψ Хаара хорошо известны.

Нетрудно убедиться, что масштабирующая функция φ , а также набор сжатых и смещенных копий материнского вейвлета $\psi_{jk}(x) = 2^{j/2} \psi(2^j x - k)$, ($j = 0 \dots \infty$, $k = 0 \dots 2^j$) образуют ортонормированный базис в $L_2[0, 1]$. Преимуществами базиса Хаара являются наличие точных формул для φ и ψ , а также простая структура базиса на интервале.

Для аппроксимации функции на плоскости построим двумерный базис. Выберем базис, в котором сжатия по обоим направлениям контролируются одним параметром j . Рассмотрим функции

$$\begin{aligned} \Phi(x, y) &= \varphi(x)\varphi(y), & \Psi^{vert}(x, y) &= \varphi(x)\psi(y), \\ \Psi^{hor}(x, y) &= \psi(x)\varphi(y), & \Psi^{diag}(x, y) &= \psi(x)\psi(y). \end{aligned}$$

Ортонормированный базис в $L_2([0, 1] \times [0, 1])$ состоит из следующих функций

$$\begin{cases} \Phi(x, y), \\ \Psi_{j,k,l}^{hor}(x, y) = 2^j \Psi^{hor}(2^j x - k, 2^j y - l), \\ \Psi_{j,k,l}^{vert}(x, y) = 2^j \Psi^{vert}(2^j x - k, 2^j y - l), \\ \Psi_{j,k,l}^{diag}(x, y) = 2^j \Psi^{diag}(2^j x - k, 2^j y - l). \end{cases} \quad j = 0.$$

Представим функцию распределения f в виде разложения по базису Хаара, ограничившись конечным числом членов разложения.

$$f(x, y) = f_0 \Phi(x, y) + \sum_{m=h,v,d} \sum_{j=0}^{J_0} \sum_{k,l=0}^{2^j-1} d_{j,k,l}^m \Psi_{j,k,l}^m(x, y)$$

Для приближенного вычисления коэффициентов $d_{j,k,l}^m$ используем значения функции в пяти точках, как показано на Рис. 1. Такой выбор точек для аппроксимации скалярного произведения $d_{j,k,l}^m = \langle f, \Psi_{j,k,l}^m \rangle$ позволит сэкономить на вычислениях

³ Автор выражает признательность профессору, д.ф.-м.н. Голубцову П.В. за помощь в подготовке тезисов.

значений функции в ходе работы уточняющего алгоритма, так как при вычислении коэффициентов в дочерних доменах можно будет использовать уже известные значения функции. Рассмотрим этот алгоритм.

Произведем начальное разбиение квадрата в соответствии с исходным разрешением J_0 . При выборе исходного разрешения стоит иметь в виду, что мы рискуем не заметить детали, которые по размеру меньше, чем 2^{-J_0} . Вычислим вейвлет-коэффициенты $d_{j,k,l}^m$. В силу ортогональности функций $\Psi_{j,k,l}^m(x, y)$, каждый коэффициент $d_{j,k,l}^m$ характеризует скорость изменения функции f в области $[2^{-j}k, 2^{-j}(k+1)] \times [2^{-j}l, 2^{-j}(l+1)]$ - на носителе $\Psi_{j,k,l}^m(x, y)$. Выберем те области, в которых $|d_{j,k,l}^m| > \varepsilon$, и увеличим в них разрешение на единицу, добавив соответствующие функции в базис. Будем продолжать этот процесс до тех пор, пока все коэффициенты не станут достаточно малыми. Таким образом нам удастся построить аппроксимацию, используя преимущественно значения в тех областях, где функция меняется быстрее.

Коэффициенты $d_{j,k,l}^{hor}$, $d_{j,k,l}^{vert}$ и $d_{j,k,l}^{diag}$ отслеживают изменение функции по горизонтали, вертикали и диагонали соответственно, что позволяет нам производить уточнение независимо по двум направлениям. Это особенно важно, если мы заранее не знаем, в каком направлении происходит преимущественное изменение функции.

Результаты работы этого алгоритма для функции, близкой к ступенчатой, показаны на Рис. 2. Порог выбран равным $\varepsilon = 0.001$. Для построения этой аппроксимации потребовалось примерно 1800 опорных точек. Начальное разрешение было выбрано $J_0 = 1$, максимальное разрешение составило $J = 6$. Для построения такой аппроксимации без адаптации потребовалось бы около 8300 точек.

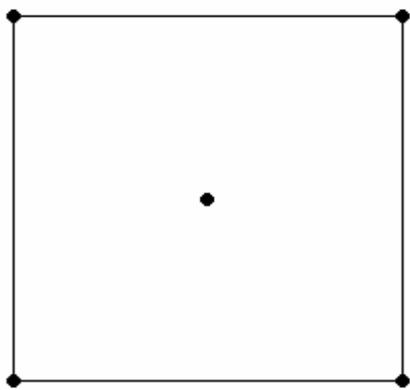


Рис. 1. К вычислению $\langle f, \Psi_{j,k,l}^m \rangle$ ступенчатой

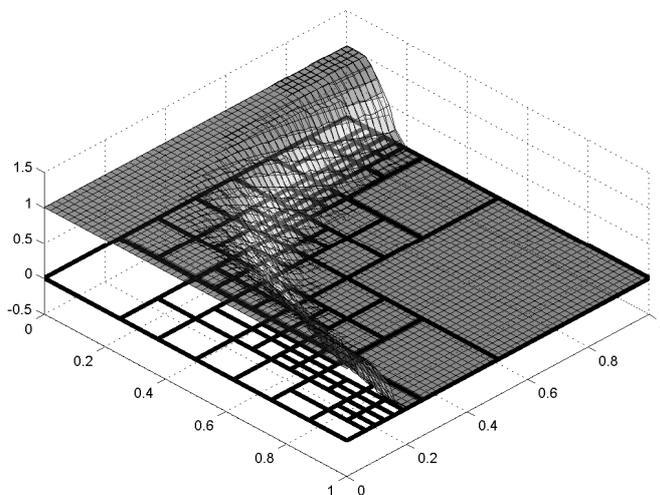


Рис. 2. Аппроксимация функции, близкой к

Существенным недостатком базиса Хаара является малая, зачастую недостаточная гладкость. Однако конструкция более гладких базисов на интервале существенно сложнее. Для этих целей можно использовать ортогональные вейвлеты Добеши, образующие базис в $L_2(\square)$. Можно было бы не строить базис в $L_2([0,1] \times [0,1])$, а продолжить функцию нулем за пределы квадрата либо отразить ее и использовать вейвлеты Добеши в $L_2(\square^2)$, однако это потребовало бы использования большего числа базисных функций, что нежелательно. Коэн, Добеши и Виал предложили способ построения ортонормированной системы вейвлетов на интервале на основе вейвлетов

Добеши. Их использование позволило бы более эффективно производить аппроксимацию.

Описанная техника позволяет эффективно проводить адаптивную аппроксимацию в случаях, когда получение значения функции в точке сопряжено с длительными вычислениями или сложными измерениями. Вычисления показали, что ортогональный базис вейвлетов в $L_2([0,1] \times [0,1])$ позволяет строить аппроксимации с хорошей передачей особенности и сравнительно небольшим числом опорных точек. Критерием для уточнения в адаптивном алгоритме служит величина самих коэффициентов разложения, что делает его достаточно простым в реализации.

Литература

1.И. Добеши. Десять лекций по вейвлетам, НИЦ «Регулярная и хаотическая динамика», 2001

2.Э. Столниц, Т. ДеРоуз, Д. Салезин. Вейвлеты в компьютерной графике, НИЦ «Регулярная и хаотическая динамика», 2002

3.А. Cohen, I. Daubechies, P. Vial (1993). Wavelets on the Interval and Fast Wavelet Transforms, Applied and computational harmonic analysis, 1, 54-81

Разработка программы и её применение для разложения спектрального контура

Курчатов И.С.

Студент 4 курса

Московский государственный университет имени М.В.Ломоносова,

физический факультет, Москва, 119991, Россия

kurchatovivan@mail.ru

Существует множество программ для работы со спектральными приборами. Зачастую программы для отдельных приборов уникальны. Но при этом, приборы не снабжаются программным обеспечением для сложной обработки полученных данных, включающей разложение полученного спектрального контура на составляющие. Предполагается, что пользователь будет обрабатывать полученные данные "вручную", так, как ему удобнее. Наибольшей популярностью при обработке спектров пользуются программные пакеты Origin и Matlab. Оба пакета в достаточной степени универсальны, но оба обладают серьезными недостатками. Так, Matlab-обработка заставляет пользователя регулярно перестраивать расчеты, так как типичный m-файл, созданный без специальных знаний, далек от самостоятельной программы. Origin, с другой стороны, имеет удобный графический интерфейс, но всю процедуру разложения обычно проводит самостоятельно, причем иногда результаты разложения просто абсурдны (например, отрицательная амплитуда пиков в спектре). Кроме того, в Origin нельзя увидеть начальное разложение и его отличие от экспериментального спектра, а можно только выбрать начальное положение пиков и общую для всех компонент начальную ширину.

Для разложения сложного спектрального контура на составляющие была разработана новая программа «IVAN». Эта программа с одной стороны имеет простой в употреблении графический интерфейс, с другой позволяет задать начальное разложение вручную, и в реальном времени наблюдать изменение кривой отклонения начального приближения от экспериментального спектра. Кроме того, остается выполненная по методу Simplex машинная обработка, ориентирование на пошаговое снижение к минимуму суммарного квадратичного отклонения теоретического графика от экспериментального. В результате выполнения программы пользователь получает параметры спектрального разложения (положение, ширину и амплитуду каждого из 6 пиков гауссовой формы).

<i>Программа</i>	<i>Алгоритм</i>	<i>Начальное разложение</i>	<i>Число спектральных полос</i>	<i>Форма спектральных полос</i>
Matlab	Разные	не задается	не ограничено	любая
Origin	??	задается положение пиков и общая начальная ширина	не ограничено	Лоренц- или Гаусс-кривая (все полосы одного типа)
«IVAN»	Simplex	задается пользователем	до 6	Гаусс-кривая

Программа «IVAN» была применена для обработки измеренных в нашей лаборатории спектров поглощения красителя родамина в водно-спиртовых растворах. Из-за процесса ассоциации молекул красителя спектры поглощения имеют сложную форму: полоса поглощения мономерных молекул перекрывается с двумя полосами поглощения димеров. При этом полоса мономеров имеет ещё и колебательную структуру. В результате применения новой программы спектры поглощения родамина в растворах с различным содержанием спирта были разложены на компоненты, и по соотношению амплитуды коротковолновой и длинноволновой полос димеров был рассчитан угол между дипольными моментами молекул красителя в димере.

Использование схемы подъема для сжатия данных вейвлетами в распределенных беспроводных сетях

Логвинов Алексей Михайлович

Белгородский Государственный Университет

Физический факультет, Белгород, Россия

E-mail: scre4m@yandex.ru

В докладе рассматривается использование схемы подъема для сжатия данных вейвлетами в распределенных беспроводных сетях датчиков. Результатом использования описываемого метода является оптимизация общей потребляемой мощности сети путем поиска компромисса между затратами на местную обработку и передачу данных.

В данной статье предлагается распределенное вейвлет-преобразование, основанное на схеме подъема. Разложение на коэффициенты методом подъема обеспечивает удобное представление преобразования, поскольку вычисления производятся локально (каждый датчик представляет собой единственную ячейку памяти), разбивая преобразование на элементарные операции, которые могут быть легко оценены в элементах стоимости информации. Ключевая идея состоит в том, что полная работа системы зависит главным образом от затрат на локальную обработку и на радиообмен, которые зависят от: 1) корреляции сигнала; 2) расстояния между датчиками; 3) расстояния между датчиками и центральным узлом. Предлагаемый алгоритм принимает во внимание эти затраты, обладает гибкостью при выборе оптимального уровня преобразования для каждого конкретного случая.

При моделировании использовался простой 5/3-биортогональный вейвлет, описанный выше. Входные данные процесса были созданы с использованием модели полосового фильтра второго порядка с полюсами, расположенными так, что выходные данные, получаемые из белого шума, сглаживались до некоторых пределов (расположение полюсов $0,99e^{\pm j\pi/64}$).

Литература:

1. Sergio D. Servetto, "Distributed signal processing algorithms for the sensor broadcast problem," *Conference on Information Sciences and Systems, The Johns Hopkins University*, March 2003.
2. M. Gastpar, P. Dragotti, and M. Vetterli, "The distributed karhunen-loeve transform," in *Proceedings of the 2002 International Workshop on Multimedia Signal Processing St. Thomas, US Virgin Islands*, December 2002.
3. A. Wang and A. Chandraksan, "Energy-efficient dsp for wireless sensor networks," *IEEE Signal Processing Magazine*, pp. 68–78, July 2002.

Контрастная структура типа ступеньки в сингулярно возмущенной системе эллиптических уравнений с разными степенями малого параметра.

Мельникова Алина Александровна

Студентка

Московский государственный университет имени М.В.Ломоносова,
физический факультет, Москва, Россия

E-mail: aa-melnikova@yandex.ru

Рассматривается краевая задача для системы эллиптических уравнений

$$\begin{aligned} \varepsilon^4 \Delta u &= f(u, v, x, \varepsilon), \\ \varepsilon^2 \Delta v &= g(u, v, x, \varepsilon), \\ x &= (x_1, x_2) \in D \subset \mathbb{R}^2, \\ \left. \frac{\partial u}{\partial n} \right|_{\partial D} &= \psi_1(x), \quad \left. \frac{\partial v}{\partial n} \right|_{\partial D} = \psi_2(x), \end{aligned} \quad (1)$$

где $\varepsilon > 0$ – малый параметр, f, g, ψ_1, ψ_2 – достаточно гладкие функции, D – ограниченная односвязная область с достаточно гладкой границей ∂D , $\frac{\partial}{\partial n}$ – производная по внешней нормали к ∂D .

Пусть выполнены следующие требования:

(A1) Уравнение $f(u, v, x, 0) = 0$ имеет три изолированных корня $u = \varphi^i(v, x), i = 1, 2, 3$, причем φ^2 лежит между φ^1 и φ^3 ; $f_u(\varphi^i(v, x), v, x) > 0, i = 1, 3; f_u(\varphi^2(v, x), v, x) < 0, (v, x) \in I \times \bar{D}$, где I – некоторый интервал.

(A2) Уравнение $h^i(v, x) = g(\varphi^i(v, x), v, x) = 0$ имеет решение $v = v^i(x)$ и $h_v^i(v, x) > 0, i = 1, 3, h_v^2(v, x) < 0, x \in \bar{D}$.

Результат 1. Для этой системы при условиях (A1) и (A2) построена равномерная асимптотика решения $u(x, \varepsilon)$ и $v(x, \varepsilon)$, обладающая переходным слоем в окрестности некоторой замкнутой кривой S . Такое решение называется контрастной структурой типа ступеньки.

Результат 2. Рассмотрим одномерную задачу (1):

$$\begin{aligned} \varepsilon^4 u'' &= f(u, v, x, \varepsilon), \\ \varepsilon^2 v'' &= g(u, v, x, \varepsilon), \\ x &\in (0, 1), u'(0) = u'(1) = 0, v'(0) = v'(1) = 0. \end{aligned}$$

Ранее А.Б. Васильевой [2] для этой задачи была построена асимптотика, с переходным слоем типа ступеньки. В настоящей работе проведено обоснование этой асимптотики методом дифференциальных неравенств с помощью построения верхнего и нижнего решений при условиях (A1), (A2) и дополнительном условии:

$$(A3) \quad g_u(\varphi^i(v, x), v, x, \varepsilon) < 0, i = 1, 3.$$

Литература

1. Бутузов В.Ф., Неделько И.В. Контрастная структура типа ступеньки в сингулярно возмущенной системе эллиптических уравнений с разными степенями малого параметра. //Ж. вычисл. матем. и матем. физики. 2000. Т40. №6. С.877-893.
2. A.B.Vasil'eva. Contrasting structures in systems of singularly perturbed equations. //Comp. Maths Math.Phys., Vol. 34, No. 8/9, pp. 1007-1017, 1994.

Метод подстановок Коула – Хопфа в теории конечномерных динамических систем Обрубов К.С.

Студент

Ульяновский государственный университет,
инженерно-физический факультет высоких технологий, Ульяновск, Россия
E-mail: nightmurderer@mail.ru

В работах [1,2,3,4] был предложен общий алгоритм построения нелинейных уравнений в частных производных, в том числе и матричных, интегрируемых с помощью обобщенных подстановок Коула – Хопфа. Развитый метод может быть использован для различных координатных пространств, в том числе и дискретных, на которых определенная операция дифференцирования, удовлетворяющая правилу Лейбница.

В настоящей работе рассматривается модификация метода обобщенных подстановок Коула-Хопфа для уравнений на матричных алгебрах. В этом случае производная по непрерывной переменной заменяется дифференциальным оператором вида $\hat{D}_g \hat{F} = [\hat{g}, \hat{F}] = \hat{g}\hat{F} - \hat{F}\hat{g}$, где F — произвольная квадратная матрица, а g — постоянная квадратная матрица, являющаяся элементом алгебры, отличным от 0 и 1. Тогда исходные производящие уравнения метода примут вид:

$$\begin{cases} \hat{D}_g \hat{D}_g \hat{T} = -\hat{U} \hat{D}_g \hat{T}; \\ \hat{T}_t = -\hat{V} \hat{D}_g \hat{T}, \end{cases}$$

где T — некоторая квадратная матрица конечной размерности. В рамках такого подхода в работе исследованы некоторые типы конечномерных динамических систем на матричной алгебре $GL(2)$ (матрицы 2×2). Примером таких систем являются системы Вольтерра – Лотке и некоторые конечномерные механические системы динамические системы.

Литература

1. Журавлев В.М., Никитин А.В. Нелинейный мир, 2007, Т. 5, N 9, С. 603-611
2. Журавлев В.М., Зиновьев Д.А. Письма в ЖЭТФ, 2008, Т. 87, N 5
3. Журавлев В.М., Зиновьев Д.А. Письма в ЖЭТФ, 2008, Т. 88, N 3, С. 194-197
4. В. М. Журавлев, *ТМФ*, **158**:1 (2009), 58–71

Оптимизация обобщенного ортогонального базиса Вейля-Гейзенберга с учетом вида симметрии формирующего импульса

Петров Д.А.⁴

Аспирант

Московский Государственный университет имени М.В.Ломоносова,

Физический факультет, Москва, Россия

E-mail: dapetroff@gmail.com

В среде с пространственно-временным рассеянием хорошо локализованные базисы обеспечивают наилучшее восстановление сигнала. Такие базисы применяются, например, в системах связи, использующих принцип OFDM-передачи (достигается наименьшая чувствительность к межканальной и межсимвольной интерференции), в радиолокации (наилучшее разрешение объектов в пространственно-временной области).

Заметим, что разработка методов синтеза ортогональных базисов, получаемых равномерным сдвигом по времени и частоте двух и более инициализирующих функций (обобщенных базисов Вейля-Гейзенберга), представляет самостоятельный интерес независимо от области их последующего применения.

Известно, что в цифровых OFDM системах связи наибольшую спектральную эффективность можно достичь, применяя смещенную квадратурную амплитудную модуляцию (OQAM) и согласованный с этим видом модуляции обобщенный ортогональный базис Вейля-Гейзенберга [1,2]. Передаваемый OFDM/OQAM сигнал $s(t)$ в дискретном времени можно эквивалентно представить в виде:

$$s[n] = \sum_{k=0}^{M-1} \left(\sum_{l=0}^{L-1} c_{k,l}^R \psi_{k,l}^R[n] - \sum_{l=0}^{L-1} c_{k,l}^I \psi_{k,l}^I[n] \right), \quad n \in J_N \quad (1)$$

$$\psi_{k,l}^R[n] = g \left[(n - lM)_{\text{mod } N} \right] \exp \left(j \frac{2\pi}{M} k (n - \alpha/2) \right), \quad (2)$$

$$\psi_{k,l}^I[n] = -jg \left[(n + M/2 - lM)_{\text{mod } N} \right] \exp \left(j \frac{2\pi}{M} k (n - \alpha/2) \right), \quad (3)$$

где $j = \sqrt{-1}$; $c_{k,l}^R = \text{Re}(a_{k,l})$, $c_{k,l}^I = \text{Im}(a_{k,l})$ - действительные и мнимые части комплексных информационных QAM символов $a_{k,l}$; $s[n] = s(nT/M)$, $g[n] = g(nT/M)$, $J_N = \{0, 1, \dots, N-1\}$, $\psi_{k,l}^R[n]$ и $\psi_{k,l}^I[n]$ - комплексные функции, полученные в результате равномерных сдвигов по времени и частоте двух инициализирующих функций $g(t)$ и $g(t+T/2)$ ⁵; $M \geq 2$ - количество поднесущих, $N = M \cdot L \geq M$; $F = 1/T$ - расстояние между поднесущими, T - символьный временной период; $\alpha \in \mathbb{R} = (-\infty, \infty)$ - фазовый параметр. Система базисных функций $\mathcal{B}[J_N] \square \{\psi_{k,l}^R[n], \psi_{k,l}^I[n]\}$, нормирована и ортогональна на дискретном интервале J_N в смысле вещественного скалярного произведения

$$\langle x[n], y[n] \rangle_R = \text{Re} \sum_{n=0}^{N-1} x[n] \cdot \bar{y}[n]. \quad (4)$$

В работе была рассмотрена алгебраическая процедура построения обобщенно ортогонального базиса Вейля-Гейзенберга, обладающего свойством наилучшей

⁴ Автор выражает признательность профессору, д.ф.-м.н Боголюбову А.Н. и профессору, д.т.н. Волчкову В.П. за помощь в подготовке материала.

⁵ Обычный (необобщенный) базис Вейля-Гейзенберга задается на символьном интервале только одной инициализирующей функцией $g(t)$.

локализации одновременно в частотной и временной областях. Теоретически обоснован выбор оптимального значения фазового параметра (α) такого базиса для случаев $(N-1)$ -симметрии и сопряженной N -симметрии инициализирующей функции.

Смещение α от оптимального значения приводит к исчезновению симметрии формирующего импульса и к увеличению его «боковых лепестков» (рис.1).

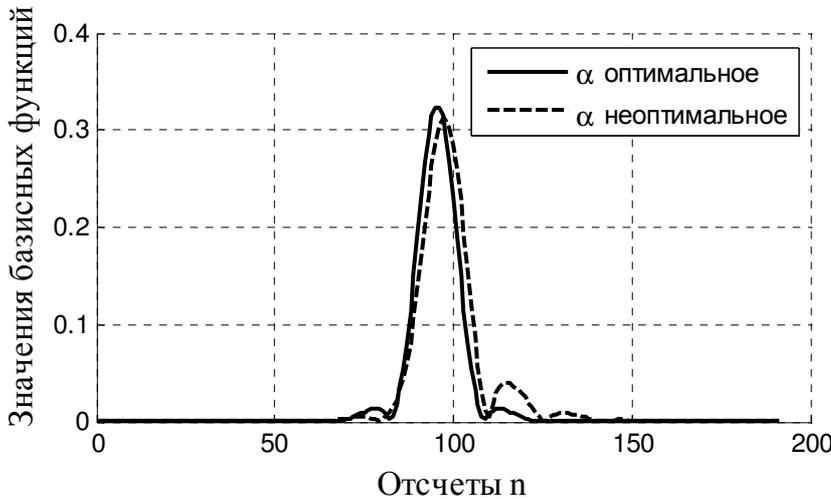


Рис.1. Графики базисной функции $g[n - N/2]$ при различных значениях α

При этом, как видно, из результатов расчета, представленных в таблице 1, оптимальным, с точки зрения локализации базиса является случай сопряженной N -симметрии.

Таблица 1. Норма разности между матрицами базисов для различных α

	Неоптимальное значение, $\alpha=12$	Неоптимальное значение, $\alpha=4$	$\alpha=M/2-1=7$	$\alpha=M/2=8$
$(N-1)$ -симметрия	41,28	18,06	2,84	4,61
Сопряженная N -симметрия	28,96	28,96	3,02	1,13

Дополнительно улучшить локализацию базиса можно за счет оптимального выбора сопряженной N -симметричной формирующей функции.

Теорема. Пусть $g[n]$, $n \in J_{-N,N}$ - произвольная комплексная последовательность, заданная на симметричном целочисленном интервале $J_{-N,N} \square \{-(N-1), \dots, (N-1)\}$; $\tilde{q}^{(N)}[n] \square q[(n)_{\text{mod } N}]$ - некоторая комплексная N -периодическая комплексная последовательность, рассматриваемая на том же интервале $J_{-N,N}$; $\tilde{\square}[J_N] = \{\tilde{q}^{(N)}[n]\}$ - множество всех таких последовательностей. Тогда наилучшая N -периодическая аппроксимация $\tilde{g}_0^{(N)}[n]$ для $g[n]$, доставляющая минимум в задаче

$$\tilde{g}_0^{(N)}[n]: \sum_{n=-(N-1)}^{N-1} (g[n] - \tilde{q}^{(N)}[n])^2 \rightarrow \min_{\tilde{q}^{(N)}[n] \in \tilde{\square}[J_N]}, \text{ описывается выражением:}$$

$$\tilde{g}_0^{(N)}[n] = (\tilde{g}^{(N)}[n] + \tilde{g}^{(N)*}[-n]) / 2. \quad (5)$$

Литература

1. Bolscei, H. and all (1999) Efficient design of OFDM/OQAM pulse shaping filter // Proceedings of IEEE International Conference on Communications (ICC 99), vol.1, p. 559-564.
2. Волчков В. П. (2007) Сигнальные базисы с хорошей частотно-временной локализацией // Журнал «Электросвязь», №2, С. 21-25.

Переключение состояний телекоммуникационных радиоканалов***Петрова Елена Александровна****стажер²**Центр информационных систем и технологий, физический факультет МГУ им. М.В.**Ломоносова**Email: elena_petrova@phys.msu.ru*

Использование радиоканалов в системах передачи данных предполагает разработку физических и логических методов контроля состояния узлов для исключения интерференции сигналов различных сеансов. Решение такой задачи для кабельных каналов выполняется либо на логическом уровне средствами статистического уплотнения, либо на физическом уровне расщеплением единого канала на множество лучей, а адресных ресурсов на подмножества регистров, отдаваемых отдельным приемопередающим узлам.

Ни первое, ни второе решения неприемлемы для радиоканалов с изменяющейся пространственной структурой. Одно из используемых решений – синхронизация состояний отдельных рабочих узлов и введение правил отбора передающих станций из множества потенциальных передатчиков [1]. На уровне физической структуры можно отобразить радиосеть передачи данных как множество подсетей, содержащих только один или несколько передатчиков и все остальные станции в режиме приема. Физическая и логическая реализация разбиения единой сети на элементы множества подсетей выполняется при генерации специального управляющего сигнала. При его регистрации каждый из получивших его узлов на заданный интервал времени блокирует работу своего передатчика и работает только в режиме приема [2].

Управляемое расщепление радиосистемы на подмножества не имеет универсального решения. Помимо собственных физических характеристик радиосети алгоритм расщепления необходимо согласовывать со структурой проводимых между станциями сеансов, допустимым уровнем потерь кадров в сеансах, разрешенными межкадровыми интервалами и временами ретрансляции [3].

Рассмотрены традиционные методы контроля состояния приемопередающих сетевых устройств и новые методы линейных и нелинейных зонд-потоков. В качестве линейного зонда использована последовательность кадров произвольной длины цуговой группировкой. Нелинейный зонд-поток образован на основе сеансов с обратной связью, чувствительных к вариации времени ретрансляции кадров. Были выполнены экспериментальные исследования спонтанных и индуцированных шумов в радиоканале, связанных с изменением состояния радиоканала, смоделировано с помощью системы дискретного моделирования поведение потока кадров в буфере передатчика, исследована связь наблюдаемых искажений с перекоммутацией состояний радиоканала.

Литература

1. Шахнович И. В. Современные технологии беспроводной связи. Издание второе, исправленное и дополненное. – М.: Техносфера, 2006.
2. Jagadeesan, S. Manoj, B.S. Murthy, C.S.R., Interleaved carrier sense multiple access: an efficient MAC protocol for ad hoc wireless networks, Communications, ICC '03. IEEE International Conference on Communications, vol.2, 2003, pp. 1124- 1128.
3. IEEE 802.11g – 54 Mbit/s, 2.4 GHz

² Работа автора проводится под научным руководством доцента Н.А. Сухаревой.

Моделирование волноводов, содержащих фрактальные вставки**Петухов Андрей Андреевич⁶**

студент

*Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова, Москва, Россия**E-mail: petukhov@physics.msu.ru*

Исследование волноведущих систем, как экспериментальное, так и теоретическое, является важной задачей современной физики. Волноводы составляют основу волоконной оптики, оптических систем передачи информации, а также имеют ряд других практических применений [1]. Одним из наиболее перспективных направлений в исследовании волноведущих систем является применение в них фрактальных распределений. Фрактальные структуры обладают уникальным свойством самоподобия, не присущим обычным физическим объектам, описываемым евклидовой геометрией [3]. Ожидается, что волноведущие системы, содержащие фрактальные (точнее, предфрактальные) вставки, также будут обладать рядом свойств, важных в научном и практическом отношении.

В простейшем случае рассматривается двумерная скалярная задача дифракции волны в регулярном волноводе, бесконечном по продольной координате и содержащем локальную вставку-неоднородность в ограниченной области пространства [2]. Поведение системы описывается уравнением Гельмгольца с граничными условиями Дирихле по поперечной координате. На открытых концах волновода ставятся парциальные условия излучения.

Численное решение задачи строится в области, где расположена неоднородность. Построение решения проводится с помощью метода Галеркина. К безусловным достоинствам данного метода можно отнести удобство записи парциальных условий излучения.

Создано программное обеспечение, моделирующее дифракцию скалярной волны на неоднородности в плоском волноводе. Исследованы различные типы вставок, в том числе одномерные периодические вставки и вставки, построенные на основе фрактала Кантора, а также некоторые двумерные фрактальные вставки. Проведено сравнение фотонных кристаллов, полученных на базе данных вставок. Результаты моделирования хорошо согласуются с результатами теоретических и экспериментальных исследований, представленных в [4]-[5].

В настоящее время ведутся работы по разработке алгоритмов расчета трехмерного волновода, а также осуществляется переход от скалярной к общей векторной постановке задачи.

Литература

1. Марков Г.Т., Васильев Е.Н. (1970) Математические методы прикладной электродинамики. М: Советское радио.
2. Ильинский А.С., Кравцов В.В., Свешников А.Г. (1991) Математические модели электродинамики. М: Высшая школа.
3. Яновский В. В. (2003) Фракталы. Возникновение новой парадигмы в физике // *Universitates*. №3 (www.universitates.kharkov.ua/arhiv/2003_3/janovskij.doc).
4. Monsoriu, J.A., Zapata-Rodriguez, C.J., Silvestre, E., Furlan, W.D. (2005) Cantor-like fractal photonic crystal waveguides // *Optics Communications*, №252, p. 46-51.
5. Боголюбов А.Н., Лавренова А.В. (2008) Математическое моделирование дифракции на неоднородности в волноводе с использованием метода смешанных конечных элементов // *Математическое моделирование*, т. 20, №2, с. 122-128.

⁶ Автор выражает признательность профессору, д.ф.-м.н. Боголюбову А.Н. и доценту, к.ф.-м.н. Шапкиной Н.Е. за помощь в подготовке тезисов

**Автоматизация проектирования и совершенствование расчетов
некоторых сложных технических систем**

Побегайло П.А

Ассистент горно-механического факультета

Уральский государственный горный университет, Екатеринбург, Россия

E-mail: petr214@yandex.ru

Третье тысячелетие, в которое вошло человечество, характеризуется явным замедлением научно-технического прогресса. Одной из причин этого является быстрый рост сложности создаваемых технических систем. Так при проектировании новых машин, в отличие от 50-х годов прошлого века, главный конструктор уже не способен «держать в голове» весь проект, а конкретный проектировщик – разрабатывающий конкретную подсистему машины – испытывает огромные трудности при попытке учесть как общие требования к машине, так и частные требования к его подсистеме, особенно предъявляемые его коллегами. Все это приводит к увеличению сроков проектирования, снижению его качества и росту его стоимости – разрабатываемые системы получаются далекими от своих оптимальных характеристик. Локально оптимизируемые подсистемы часто плохо работают в составе полной системы, а иногда делают ее неработоспособной.

Очевидно, что сейчас необходимо системное, целостное рассмотрение процесса проектирования всей машины, применение методов многокритериальной оптимизации и широкого применения компьютерных технологий.

Принято считать, что оптимизацию машин надо выполнять минимизируя приведенные затраты. При этом в практике проектирования существуют показатели вида: энергоемкость, материалоемкость и т.п. Однако полноценных и успешных примеров применения этих показателей очень мало. Есть мнение, что альтернативой этим показателям служат параметры, приближенные к конкретной машине, учитывающие заданные условия эксплуатации и производства, а именно – масса конструкции и мощность силовой установки. Этот подход также не универсален, хотя примеров его применения и больше. Однако, часто нужны новые подходы, основанные на системном подходе, включающие в себя многокритериальную оптимизацию.

Нами ранее предложено следующее условие совершенствования сложной технической системы (СТС):

$$S_i(M_i, C_i, K_i', T_i \dots) \rightarrow \text{Min}, \quad (1).$$

где S_i - мера совершенства СТС – ее энтропия; M_i - масса СТС; C_i - стоимость СТС; K_i' - коэффициент полезного действия СТС; T_i - время (например работы).

Однако, разрешение задачи совершенствования СТС по условию 1 требует большой предварительной работы. К тому же это условие затруднительно выписать в явном виде до создания СТС. Поэтому на первом этапе наших исследований предложим иной подход.

Для различных машин циклического действия (роботы-манипуляторы, экскаваторы, краны и пр.) мы считаем целесообразным, в качестве критерия совершенства, выдвинуть задачу минимизации времени цикла:

$$t_{\text{ц}} \rightarrow \text{Min}, \quad (2).$$

Ограничениями к условию 2 служат требования по скорости, ускорению, прочностным характеристикам и пр., в зависимости от конкретной СТС и физиологических особенностей оператора (если он есть).

Основой для современного расчета времени цикла СТС обычно служит т.н. циклограмма не совмещенных и совмещенных движений различных элементов машины. Следовательно, условие 2 можно понимать как требование к рациональному подбору этих движений (их набору и порядку).

Заметим, что в плоском рассмотрении перемещения элементов машин можно рассматривать как совокупность трех видов движений: поворот, параллельный перенос, симметрия. В пространстве перемещения сводятся к поступательному движению и вращению.

Итак, условие совершенства СТС циклического действия таково.

Необходимо найти оптимальную композицию рабочих движений СТС дающих минимальное время цикла при соблюдении определенных ограничений, которые зависят от конкретной СТС.

Перепишем условие 2 в виде:

$$t_y(v, a, P, J...) \rightarrow Min, \quad (3).$$

где v - ограничения на скорость, a - ограничения на ускорение, P - ограничения на прочность, J - ограничения на жесткость.

Оптимизация СТС, при таком ее рассмотрении, предусматривает применение методов многокритериальной оптимизации, например PSI-метод.

Однако, в этом методе не предусмотрено процедуры выбора оптимального варианта СТС. Здесь приходится пользоваться наработками школы академика Ларичева О.И. и др.

На сегодня указанный подход применяется нами при совершенствовании и разработке ряда машин (разработаны потребные математические модели, написаны соответствующие программы, выполнены необходимые расчеты), и внедрен на некоторых предприятиях в России.