

ОПЫТ ПРЕПОДАВАНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ «ЦИФРОВАЯ ОБРАБОТКА МНОГОМЕРНЫХ СИГНАЛОВ» ПРИ ПОДГОТОВКЕ ИНЖЕНЕРОВ-СИСТЕМОТЕХНИКОВ В МЭИ (ТУ)

Миронов¹ В.Г.

Московский энергетический институт (ТУ)
105835, ГСП, Москва Е-250, ул. Красноказарменная, д.17
Тел. 7-(095)-3627727
E-mail: tmk@vbk2.mpei.ac.ru

Рассматривается постановка дисциплины «Цифровая обработка многомерных сигналов» при подготовке инженеров - системотехников в МЭИ на кафедре Электрофизики.

Введение

В настоящее время можно говорить о новом научно-техническом направлении в области теории систем и технологий обработки сигналов. Это теория дискретных многомерных систем, обрабатывающих цифровые многомерные сигналы, развитие которых стимулируется важными практическими задачами. К таким задачам относятся обработка радио- и гидролокационных сигналов, геофизических и акустических полей, обработка изображений сигналов в телекоммуникационных системах, в космонавтике, ядерной физике, медицине и т.д. С этим научно-техническим направлением связаны новые теоретические и прикладные вопросы, которые традиционно не изучаются в вузах. Однако жизнь требует специалистов в данной предметной области. Поэтому в МЭИ для инженеров-системотехников, специализирующихся в области цифровой обработки сигналов, уже несколько лет введен в учебный план курс «Цифровая обработка многомерных сигналов».

Базовая профилирующая подготовка студентов

Студенты-системотехники, специализирующиеся в области цифровой обработки сигналов, довольно подробно (наряду с математикой и физикой) изучают базовые дисциплины, которые формируют необходимые знания для изучения специальных дисциплин. Это «Теоретические основы электротехники», «Микроэлектроника», «Частотно- избирательные системы» (при различном элементном базисе), «Цифровой обработки одномерных сигналов». Последний курс наиболее важен, в нем рассматриваются особенности одномерных систем и сигналов, вопросы аппроксимации цифровых фильтров, методы синтеза и анализа одномерных фильтров. Изучаются и другие вопросы обработки сигналов, например, расчет спектральных характеристик, в том числе с помощью быстрого преобразования Фурье, теорема Котельникова и т.д. Кроме того, приводятся особенности одномерной обработки сигналов в различных областях. Выполняются курсовые и лабораторные работы.

Элементная база современных устройств обработки сигналов изучается в отдельном курсе. Он посвящен изучению сигнальных процессоров, специализированных СБЧС, цифровых платформ. При этом студент может использовать литературу на русском языке [1 –3], а также некоторые оригинальные книги на английском языке. В настоящее время для обучения можно входить в Internet и практически найти любую информацию по интересующему вопросу.

Содержание курса «Цифровая обработки многомерных сигналов»

Во-первых, изучается состояние вопроса и необходимость такого курса. Опираясь на знания дисциплины «Цифровая обработки одномерных сигналов», это нетрудно сделать, показать сходства и отличия в таких фундаментальных понятиях, как аппроксимация и реализация, а также многих других. Здесь ярко прослеживаются качественные, принципиальные различия или только количественные [4].

Дисциплина «Цифровая обработки многомерных сигналов» изучается в 9 и 10-ом семестрах и состоит из лекций, практических занятий, курсовых работ и самостоятельной работы.

После введения излагаются вопросы теории многомерных сигналов и систем, их математическое описание. Начальные понятия связаны с понятиями линейности, инвариантности к сдвигу, каузальности, разделимости и устойчивости систем. Важнейший вопрос устойчивости системы здесь рассматривается кратко (ограниченный вход, ограниченный выход). Далее в курсе устойчивость рассматривается подробно. Особое внимание уделено системам, одновременно линейным и инвариантным к сдвигу (ЛИС-системам).

¹ Работа выполнена в рамках гранта № Т00-3.1-1251 и программы № 208.04.04.042 Минобразования России.

После рассмотрения основ теории систем (а частично и совместно) изучаются свойства многомерных сигналов, вопросы дискретизации непрерывных сигналов, многомерная теорема отсчетов. Вводятся понятия конечных (с конечной опорной областью) сигналов и периодических дискретных последовательностей. В качестве пространственных характеристик систем вводятся импульсные характеристики, свертки.

Подробно излагаются частотные характеристики многомерных систем, дискретные ряды Фурье, многомерное дискретное преобразование Фурье, быстрое преобразование Фурье по векторному основанию, рассматривается связь пространственных и частотных характеристик.

Основная по объему тема в 9-м семестре – это синтез нерекурсивных многомерных фильтров (КИХ- фильтров). Все известные на сегодня основные методы реализации и аппроксимации получили отражение в курсе [4]. Показано, что при аппроксимации приходится использовать численные методы ввиду неразделимости в общем случае передаточной функции. Уделяется внимание оптимизации решений.

После нерекурсивных фильтров изучается синтез рекурсивных (БИХ- фильтров). Сложности синтеза связаны с невозможностью в общем случае разделить полиномы числителя и знаменателя передаточной функции на сомножители. Синтез БИХ- фильтров базируется на представлении (как правило) передаточной функции в области z -преобразования. Поэтому излагается многомерное z -преобразование и вводятся многомерные разностные уравнения.

Рассматриваются классические схемы двумерных рекурсивных фильтров и соответствующие методы аппроксимации [4].

Особое внимание уделяется методу реализации рекурсивных фильтров в пространстве состояния. В этом пространстве можно говорить об управляемости, наблюдаемости, минимальной реализации и устойчивости по Ляпунову. Однако многомерный случай гораздо более сложен, чем одномерный, и возникают новые понятия локальной и глобальной управляемости и наблюдаемости и т.д. Нет простого решения и проблемы устойчивости, хотя, кроме первой известной модели Россера, излагаются и другие модели.

Вопросы устойчивости решаются на основе многомерных теорем об устойчивости. Рассматриваются трудности практического применения этих теорем, роль понятия двумерного комплексного кепстра и его вычисление.

В последнее время появились новые типы фильтров, методы аппроксимации и другие вопросы, связанные с обработкой многомерных сигналов. Можно отметить новые модели фильтров в пространстве состояний, аппроксимацию дробями Падэ, вэйвлет-преобразование, применяемое успешно как в одномерном, так и в многомерном случаях, многоскоростные системы. Эти вопросы постепенно вводятся в курс за счет изъятия более «старого» материала.

Значительная часть курса посвящена цифровой обработке изображений. Рассматривается значение этого вопроса для практики и его состояние как в плане теоретических методов, так и в плане практической реализации [5,7]. Излагаются методы формирования и регистрации изображения, дискретизации и квантования. Решаемые задачи - кодирование, реставрация, выделение признаков улучшения качества. Один из важнейших вопросов сегодня – сжатие информации для изображений.

Рассматриваются как линейные, так и нелинейные модели обработки, примеры представления изображений, их преобразования, кодирование посредством преобразований. Важный вопрос – реставрация оригинала при разных моделях и преобразованиях. Изучаются вопросы видео- и компьютерных изображений [6].

В связи с развитием теории и внедрением в практику вэйвлет-преобразования [7] актуальным становится вопрос о проектировании банков фильтров для анализа изображений. Вэйвлет-преобразование позволяет повысить разрешающую способность по какой-либо координате, анализировать изображения, преобразовывать их, воздействуя целенаправленно на нужные параметры преобразования. Это повышает качество реставрации изображений.

В заключении курса дается обзор методов обработки многомерных сигналов в других областях и новых разработок аппаратной базы.

Целью практических занятий являются закрепление теоретических положений курса – методов обработки сигналов, синтеза фильтров и др.

Новые методы обработки многомерных сигналов используются при выполнении бакалаврских работ и дипломных проектов. В настоящее время разрабатывается цикл лабораторных работ по курсу.

Заключение

Опыт преподавания рассмотренного курса в МЭИ, безусловно, положителен. Этот курс действительно актуален, отражает новейшие достижения науки и техники. Студенты проявляют к курсу определенный интерес.

Литература

1. Ланнэ А.А. Цифровой процессор обработки сигналов TMS32010 и его применение. Л., ВАС, 1990.
2. Марков С. Цифровые сигнальные процессоры. Книга 1. Ы., «Микроарт», 1996.
3. Сверхбольшие интегральные схемы и современная обработка сигналов. Под ред. С.Гуна, Х.Уайтхауса, Т.Кайлата. М., Радио и связь, 1989.
4. Даджион Д., Мерсеро Р. Цифровая обработка многомерных сигналов. М., Мир, 1988.
5. Обработка изображений и цифровая фильтрация. Под ред. Т.Хуанга. М., Мир, 1979.
6. Цифровая обработка телевизионных и компьютерных изображений. Под ред. Ю.Б.Зубарева и В.П. Дворковича. М., 1997
7. Добеши И, 10 лекций по вейвлету. Москва-Ижевск, 2001