

Учебная программа

Дисциплины «Дистанционное зондирование объектов окружающей среды»

магистерская программа «Информационные процессы и системы»

Автор программы Муякшин С.И.

Содержание разделов дисциплины

1. Введение

Экосистемы и биогеоценозы и их наблюдение. Экологические условия и ресурсы как объекты ДЗ. Температура, вода, течения, влажность, структура почвы, солнечное излучение, неорганические молекулы, загрязнения. Контактные и неконтактные измерения в физике. Общие принципы и классификация методов ДЗ. Активная и пассивная локация. Оптическая, радио- и акустическая локация. Сейсмическое зондирование. Фундаментальная роль взаимодействия вещества и излучения в ДЗ. Спектры излучения черного тела и реальных тел. Энергетический баланс в атмосфере Земли. Озоновый слой и парниковый эффект (глобальное потепление) как примеры глобальных экологических проблем. Актуальность ДЗ при решении экологических задач.

2. Рассеяние волн на статистических объектах.

2.1 Дискретные неоднородности

Рассеяние на сфере при различных соотношениях между длиной волны и диаметром сферы. Рассеяние Релея (молекулярное), Ми и «геометрическое». Понятие сечения рассеяния. Рассеяние волн на ансамбле малых случайных дискретных неоднородностей. Учет неидентичности рассеивателей и их распределения по скоростям. Многократное рассеяние. Условия применимости модели.

2.2 Непрерывно распределенные неоднородности

Турбулентность как пример непрерывного случайного поля. Модель «вмороженных» неоднородностей. Метод возмущений. Избирательный (резонансный) механизм рассеяния. Рассеяние ЭМ и акустических волн в атмосфере.

2.3 Неровная поверхность

Рассеяние на «малых» неровностях – метод возмущений. Избирательный (резонансный) механизм рассеяния. Рассеяние на крупномасштабных неровностях. Метод Кирхгофа. Двухмасштабная модель. Условия применимости приближений.

3. Обзор активных методов ДЗ, применяемых для решения экологических задач.

3.1 Общие принципы активной локации

Моностатические и бистатические схемы. Энергетическое описание процесса локации. Уравнение локации, физ. смысл его слагаемых. Сечение рассеяния одиночного объекта и совокупности случайно расположенных в пространстве точечных рассеивателей (см. также 2.1.). Распределенные объекты. Индикатриса рассеяния.

Постановка и методы решения задач обнаружения и оценки параметров объектов. Сигналы и их информационная емкость. Эффект Доплера для электромагнитных и акустических волн. Понятие функции неопределенности (ФН). Простые и сложные сигналы и их ФН. Принцип неопределенности в активной локации.

3.2 Электромагнитное (радиолокационное) ДЗ

Радиолокация, частотный диапазон. Непрерывная и импульсная локация. Антенные системы, способы обзора пространства, носители. Локация «на просвет». Локаторы бокового обзора. Синтезирование апертуры. Объекты зондирования: морская поверхность (возвышение, волнение, ледовый покров, проявление морфологии дна и ВВ на РЛ-изображениях морской поверхности), ледовые щиты континентов, атмосфера (профиль скорости ветра), гидрометеоры. Метеорадиолокация. Характеристики гидрометеоров: дождевые капли, град, аэрозоли. Интегрированные метеорологические системы (посещение метеорадиолокатора нижегор. гидрометцентра). Георадары. Примеры использования с демонстрацией реальных данных.

3.3 Оптическое (лазерное) ДЗ

Виды используемых лазеров. Поглощение и рассеяние света в атмосфере. Зондирование атмосферы на отражение и на просвет. Возможности измерения концентраций основных и малых газовых составляющих, аэрозолей и загрязнений. Лазерное зондирование водной поверхности. Флюориметрические методы (трактовка как нелинейных). Обнаружение и трассировка углеводородных (нефтяных) пленок, хлорофилла, взвесей, измерение глубины в прибрежных районах с авиационных/судовых носителей. ДЗ озонового слоя.

3.4 Акустическое ДЗ

3.4.1 ДЗ водной среды и граничных поверхностей.

Акустические характеристики водной среды. Стратификация, турбулентность, дискретные рассеиватели биологического происхождения, пузырьки (рассеяние, нелинейные свойства, генерация шумов), рассеивающие свойства дна и поверхности. Потери при распространении. Типы реверберации: объемная, от слоя, поверхностная. Электроакустические преобразователи. Гидролокация как исследовательский инструмент в океанологии и экологии. Доплеровские профилографы течений. Биоакустика океана. Механизмы генерации и восприятия звуков морскими животными. Его биологическое значение: ориентация, коммуникация, поиск пищи. Дальнее волноводное распространение в океане. Локация «на просвет». Акустическая томография. АТОС - эксперимент по долговременной акустической термометрии океана.

3.4.2 ДЗ атмосферы

Акустические параметры атмосферы и распространение звука. Измерение профиля ветра (доплеровский «содар»). Взаимодействие акустических и электромагнитных волн. Измерение профиля температуры с помощью радиоакустического ДЗ атмосферы.

3.4.3 Сейсмическое зондирование.

Сейсмопрофилирование на суше и на море. Взрывные (импульсные) и когерентные (синусоидальные) источники. Нелинейные эффекты в акустике и сейсмике, их применение в ДЗ. Параметрические эхолоты.

Лабораторный практикум

1. Доплеровский измеритель скорости потока жидкости.

Рекомендуемая литература

а) основная литература:

1. Бигон М., Харпер Д., Таусенд К. Экология. Особи, популяции, и сообщества. В 2-х т., -М.: Мир, 1989
2. Исимару А. Распространение и рассеяние волн в случайно-неоднородных средах. Теория и приложения. – ТИИЭР, т.65, N 7, 1977 г., с.46-82
3. Дистанционное зондирование в метеорологии, океанографии и гидрологии. Под ред. Крэнкелла. – М., Мир, 1984
4. Межерис Р. Лазерное дистанционное зондирование. –М, Мир, 1987
5. Клей, Медвин. Акустическая океанография
6. Басс, Фукс. Рассеяние волн на статистически неровной поверхности.
7. Татарский, Чернов. Рассеяние волн в турбулентной атмосфере
8. Красненко Н.П. Акустическое зондирование атмосферы. -Новосибирск, «Наука», 1986 г.
9. Каллистратова М.А., Кон Л.И. Радиоакустическое зондирование атмосферы. –М., «Наука», 1985 г.
10. Довиак Р., Зрнич Д. Доплеровские радиолокаторы и метеорологические наблюдения. – Л., «Гидрометеиздат», 1988 г.
11. Данилов А.Д., Кароль И.Л. Атмосферный озон: сенсации и реальность – Л., «Гидрометеиздат», 1991 г.
12. Ван Трис Г. Теория обнаружения, оценок и модуляции. Т.1.– М., «Сов.радио», 1972 г., 744 с.

б) дополнительная литература:

А.С.Гурвич, А.И.Кон, В.И.Татарский Рассеяние электромагнитных волн на звуке в связи с задачами зондирования атмосферы. – Изв.ВУЗов, Радиофизика, 1987, 30, 451-473

Вопросы для контроля

1. Понятие экосистемы и биогеоценоза. Физические поля (температура, концентрации различных химических веществ, солнечное излучение, течение, ветер и т.д.) как экологические условия и ресурсы. Понятие экологической ниши.
2. Спектральный состав солнечного излучения, влияние на него земной атмосферы. Энергетический баланс в атмосфере Земли.
3. Классификация методов дистанционного зондирования (ДЗ). ДЗ в живой природе.
4. Понятие сечения и индикатрисы рассеяния. Основные закономерности рассеяния акустических и электромагнитных волн на дискретных неоднородностях.
5. Понятие сечения и индикатрисы рассеяния. Основные закономерности рассеяния акустических и электромагнитных волн на непрерывно распределенных неоднородностях.
6. Понятие сечения и индикатрисы рассеяния. Основные закономерности рассеяния акустических и электромагнитных волн на шероховатой поверхности.
7. Моностатические и бистатические локационные схемы. Энергетическое описание процесса локации. Уравнение локации, физ. смысл его сомножителей.
8. Эффект Доплера для электромагнитных и акустических волн. Задачи обнаружения и оценки параметров объектов в активной локации. Разрешающая способность. Понятие функции неопределенности (ФН). Простые и сложные сигналы и их ФН. Принцип неопределенности в активной локации.
9. Структура волнового поля антенны с заполненной апертурой. Фазированные антенные решетки, электронное управление диаграммой направленности. Способы обзора пространства в ДЗ.
10. Объекты и методы акустического ДЗ океана. Примеры конкретных систем.
11. Механизмы восприятия гидродинамических и акустических возмущений водными организмами. Генерация звуков водными организмами и ее биологическое значение. Пассивное акустическое ДЗ океана: примеры.
12. Воздушные пузырьки, особенности их рассеивающих свойств. Воздушный пузырек как нелинейный элемент.
13. Радиолокационное ДЗ, частотные диапазоны и области их использования. Непрерывная и импульсная локация. Антенные системы, способы обзора пространства, носители. Локаторы бокового обзора с синтезированной апертурой.
14. Радиолокационное ДЗ морского волнения. Связь характеристик эхосигнала с параметрами волнения
15. Метеорадиолокация. Измеряемые параметры метеорологических процессов. Радиоакустическое зондирование атмосферы
16. Лазерное ДЗ. Принцип действия лазера. Свойства лазерного излучения. Виды лазеров, используемых в ДЗ.
17. Взаимодействие лазерного излучения с газами атмосферы и аэрозолями. Способы измерения концентраций основных и малых газовых составляющих (загрязнений) и аэрозолей.
18. Лазерное зондирование водной поверхности и приповерхностного слоя океана. Флуориметрические методы. Обнаружение и трассировка углеводородных (нефтяных) пленок, хлорофилла, взвесей, измерение глубины в прибрежных районах с авиационных/судовых носителей.