

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования
"Казанский (Приволжский) федеральный университет"
Институт физики



подписано электронно-цифровой подписью

Программа дисциплины
Компьютерное моделирование Б1.В.ОД.9

Специальность: 03.05.01 - Астрономия

Специализация: не предусмотрено

Квалификация выпускника: Астроном. Преподаватель

Форма обучения: очное

Язык обучения: русский

Автор(ы):

Колбин А.И.

Рецензент(ы):

Шиманский В.В.

СОГЛАСОВАНО:

Заведующий(ая) кафедрой: Бикмаев И. Ф.

Протокол заседания кафедры No _____ от "_____" _____ 201__ г

Учебно-методическая комиссия Института физики:

Протокол заседания УМК No _____ от "_____" _____ 201__ г

Регистрационный No 6169019

Содержание

1. Цели освоения дисциплины
2. Место дисциплины в структуре основной образовательной программы
3. Компетенции обучающегося, формируемые в результате освоения дисциплины /модуля
4. Структура и содержание дисциплины/ модуля
5. Образовательные технологии, включая интерактивные формы обучения
6. Оценочные средства для текущего контроля успеваемости, промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины и учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студентов
7. Литература
8. Интернет-ресурсы
9. Материально-техническое обеспечение дисциплины/модуля согласно утвержденному учебному плану

Программу дисциплины разработал(а)(и) научный сотрудник, к.н. Колбин А.И. НИЛ астрофотометрии и звездных атмосфер Кафедра астрономии и космической геодезии, AIKolbin@kpfu.ru

1. Цели освоения дисциплины

Получение навыков математического моделирования данных астрономических наблюдений.

2. Место дисциплины в структуре основной образовательной программы высшего профессионального образования

Данная учебная дисциплина включена в раздел "Б1.В.ОД.9 Дисциплины (модули)" основной образовательной программы 03.05.01 Астрономия и относится к обязательным дисциплинам. Осваивается на 5 курсе, 9 семестр.

Данная учебная дисциплина включена в раздел 'Б1.В.ОД.10 Дисциплины (модули)' основной профессиональной образовательной программы 03.05.01 'Астрономия (не предусмотрено)' и относится к обязательным дисциплинам вариативной части.

Осваивается на 5 курсе в 9 семестре.

3. Компетенции обучающегося, формируемые в результате освоения дисциплины /модуля

В результате освоения дисциплины формируются следующие компетенции:

Шифр компетенции	Расшифровка приобретаемой компетенции
ОК-7 (общекультурные компетенции)	- готовность к саморазвитию, самореализации, использованию творческого потенциала;
ПК-10 (профессиональные компетенции)	- способность ориентироваться в прикладных аспектах научных исследований, совершенствовать, углублять и развивать теорию и модели, лежащие в их основе;
ПК-2 (профессиональные компетенции)	- владение методами физического, математического и алгоритмического моделирования при анализе научных проблем астрономии и смежных наук.

В результате освоения дисциплины студент:

1. должен знать:

роль и место математических методов анализа пространственных данных на ЭВМ, современные программные комплексы математической обработки информации, принципы математического моделирования.

2. должен уметь:

создавать программы с использованием современных языков программирования и математических библиотек.

3. должен владеть:

навыками разработки компьютерных программ на каком-либо современном языке программирования.

4. должен демонстрировать способность и готовность:

разработки компьютерных программ математического анализа астрономических данных.

4. Структура и содержание дисциплины/ модуля

Общая трудоемкость дисциплины составляет 3 зачетных(ые) единиц(ы) 108 часа(ов).

Форма промежуточного контроля дисциплины: зачет в 9 семестре.

Суммарно по дисциплине можно получить 100 баллов, из них текущая работа оценивается в 50 баллов, итоговая форма контроля - в 50 баллов. Минимальное количество для допуска к зачету 28 баллов.

86 баллов и более - "отлично" (отл.);

71-85 баллов - "хорошо" (хор.);

55-70 баллов - "удовлетворительно" (удов.);

54 балла и менее - "неудовлетворительно" (неуд.).

4.1 Структура и содержание аудиторной работы по дисциплине/ модулю

Тематический план дисциплины/модуля

N	Раздел Дисциплины/ Модуля	Семестр	Неделя семестра	Виды и часы аудиторной работы, их трудоемкость (в часах)			Текущие формы контроля
				Лекции	Практи- ческие занятия	Лабора- торные работы	
1.	Тема 1. Линейные дискретные обратные задачи в астрофизике.	9		6	0	16	
2.	Тема 2. Нелинейные обратные задачи в астрофизике.	9		6	0	15	
3.	Тема 3. Линейные и нелинейные непрерывные обратные задачи.	9		6	0	15	
.	Тема . Итоговая форма контроля	9		0	0	0	Зачет
	Итого			18	0	46	

4.2 Содержание дисциплины

Тема 1. Линейные дискретные обратные задачи в астрофизике.

лекционное занятие (6 часа(ов)):

Понятие непрерывной обратной задачи. Интегральные уравнения Фредгольма, уравнения типа свертки. Неустойчивость обратных задач. Сингулярное разложение матриц, число обусловленности. Методы регуляризации Тихонова нулевого, первого, второго порядков. Метод максимума энтропии. TV-регуляризация и LASSO Тибширани. Критерии выбора параметра регуляризации: метод невязки, L-кривая, метод перекрестной проверки.

лабораторная работа (16 часа(ов)):

Написание программы тригонометрической аппроксимации фотометрического ряда наблюдений переменной звезды. Чистка кривой блеска от выбросов с использованием метода наименьших модулей и сигма-клиппинга. Определение периода переменности звезды и амплитуды изменения блеска.

Тема 2. Нелинейные обратные задачи в астрофизике.

лекционное занятие (6 часа(ов)):

Понятие непрерывной обратной задачи. Интегральные уравнения Фредгольма, уравнения типа свертки. Неустойчивость обратных задач. Сингулярное разложение матриц, число обусловленности. Методы регуляризации Тихонова нулевого, первого, второго порядков. Метод максимума энтропии. TV-регуляризация и LASSO Тибширани. Критерии выбора параметра регуляризации: метод невязки, L-кривая, метод перекрестной проверки.

лабораторная работа (15 часа(ов)):

Моделирование кривой лучевых скоростей спектрально-двойной звезды. Определение параметров двойной системы (эксцентриситета, функции масс, долготы периастра, времени прохождения периастра, гамма-скорости) на основе нелинейного метода наименьших квадратов. Оценка найденных параметров двойной системы методом Монте-Карло. Моделирование кривой блеска затменной переменной звезды. Определение параметров двойной системы (угла наклона орбитальной плоскости к лучу зрения, радиусов звезд и их относительных светимостей) при помощи нелинейного метода наименьших квадратов. Оценка ошибок определения параметров путем сравнения решений, полученных для разных фотометрических полос.

Тема 3. Линейные и нелинейные непрерывные обратные задачи.

лекционное занятие (6 часа(ов)):

Понятие непрерывной обратной задачи. Интегральные уравнения Фредгольма, уравнения типа свертки. Неустойчивость обратных задач. Сингулярное разложение матриц, число обусловленности. Методы регуляризации Тихонова нулевого, первого, второго порядков. Метод максимума энтропии. TV-регуляризация и LASSO Тибширани. Критерии выбора параметра регуляризации: метод невязки, L-кривая, метод перекрестной проверки.

лабораторная работа (15 часа(ов)):

Картирование поверхности запятанной звезды на основе ее кривой блеска с использованием алгоритмов регуляризации Тихонова и максимума энтропии. Определение оптимального значения параметра регуляризации на основе методов невязки и перекрестной проверки.

4.3 Структура и содержание самостоятельной работы дисциплины (модуля)

N	Раздел дисциплины	Семестр	Неделя семестра	Виды самостоятельной работы студентов	Трудоемкость (в часах)	Формы контроля самостоятельной работы
1.	Тема 1. Линейные дискретные обратные задачи в астрофизике.	9		Написание компьютерной программы.	14	Разбор программного кода.
2.	Тема 2. Нелинейные обратные задачи в астрофизике.	9		Написание компьютерной программы.	14	Разбор программного кода.
3.	Тема 3. Линейные и нелинейные непрерывные обратные задачи.	9		Написание компьютерной программы.	16	Разбор программного кода.
	Итого				44	

5. Образовательные технологии, включая интерактивные формы обучения

Компьютерные симуляции астрофизических процессов.

6. Оценочные средства для текущего контроля успеваемости, промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины и учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студентов

Тема 1. Линейные дискретные обратные задачи в астрофизике.

Разбор программного кода., примерные вопросы:

Оценка понимания студентом реализованного алгоритма, зависимости выходных результатов от входных параметров модели. Оценка эффективности реализованного алгоритма и корректности получаемых при помощи него результатов.

Тема 2. Нелинейные обратные задачи в астрофизике.

Разбор программного кода., примерные вопросы:

Оценка понимания студентом реализованного алгоритма, зависимости выходных результатов от входных параметров модели. Оценка эффективности реализованного алгоритма и корректности получаемых при помощи него результатов.

Тема 3. Линейные и нелинейные непрерывные обратные задачи.

Разбор программного кода., примерные вопросы:

Оценка понимания студентом реализованного алгоритма, зависимости выходных результатов от входных параметров модели. Оценка эффективности реализованного алгоритма и корректности получаемых при помощи него результатов.

Итоговая форма контроля

зачет (в 9 семестре)

Примерные вопросы к итоговой форме контроля

- 1) Определение прямых и обратных задач. Дискретные и непрерывные обратные задачи. Линейные и нелинейные обратные задачи. Некорректность обратных задач. Примеры дискретных и непрерывных обратных задач в астрофизике.
- 2) Линейная дискретная обратная задача. Метод наименьших квадратов и линейная регрессия. Система нормальных уравнений. Аппроксимация неравноточных измерений. Примеры линейной регрессии: аппроксимация алгебраическим и тригонометрическим полиномом. ?-клиппинг.
- 3) Статистические аспекты методов наименьших квадратов и наименьших модулей. Функция максимального правдоподобия. Нормальное распределение ошибок. Распределение Лапласа.
- 4) Нелинейные обратные задачи. Универсальные методы оптимизации: методы Нел-дера-Мида, наискорейшего спуска, Ньютона, гибридный метод. Методы оптимизации квадратичных функций: метод Гаусса-Ньютона, Ливенберга-Маквардта. Параметр регуляризации.
- 5) Метод наименьших модулей. Устойчивость метода к выбросам (пример оценки скалярной величины по ее прямым измерениям). Поиск решения методом IRLS.
- 6) Оценка погрешностей в линейной и нелинейной обратной задаче. Ковариационная матрица. Метод Монте-Карло для оценки ошибок в нелинейных обратных задачах.
- 7) Сингулярное разложение матриц (SVD-разложение). Свойства матриц U , S , V . Сингулярные числа. Псевдоинверсный оператор Мура-Пенроуза, псевдоинверсное решение. Неустойчивость обратных задач. Число обусловленности.
- 8) Решение неустойчивых обратных задач методом Тихонова. Функционал Тихонова. Параметр регуляризации. Поиск решения в случае линейной и нелинейной обратной задачи. Сравнение решения Тихонова с псевдоинверсным решением: фильтрующие множители. Методы Тихонова первого и второго порядков.
- 9) Критерии выбора параметра регуляризации: метод невязки, L-кривая, метод обобщенной перекрестной проверки.

10) Другие методы регуляризации: итерационные методы (Ландвебера, Качмажа), TV-регуляризация, LASSO Тибширани, метод максимума энтропии.

7.1. Основная литература:

1. Засов, А.В. Астрономия [Электронный ресурс]: учебное пособие / А.В. Засов, Э.В. Кононович. - Электрон. дан. - Москва: Физматлит, 2011. - 256 с. - Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/2370>
2. Сурдин В.Г. Звезды. 2-е изд., исп. и доп. М.: ФИЗМАТЛИТ, 2009, 48 с. - Режим доступа: http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_id=2332
3. Черепашук, А.М. Тесные двойные звезды. В 2 ч. Часть I [Электронный ресурс]: монография / А.М. Черепашук. - Электрон. дан. - Москва: Физматлит, 2013. - 560 с. - Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/59647>
4. Черепашук, А.М. Тесные двойные звезды. Часть II [Электронный ресурс] : монография / А.М. Черепашук. - Электрон. дан. - Москва: Физматлит, 2013. - 572 с. - Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/59685>

7.2. Дополнительная литература:

1. Засов А.А. Общая астрофизика: учебное пособие для студентов вузов / А. В. Засов, К. А. Постнов. - Фрязино: Век 2, 2006. - 496 с.: ил. (107 экз.)
2. Сахибуллин Н.А. 'Методы моделирования в астрофизике. Том 2. Определение фундаментальных параметров звезд', Казань, изд 'ФЭН', 2003 г. - 388 с. -(фонд кафедры астрономии- 30 экз.).
3. Сахибуллин Н.А. 'Методы моделирования в астрофизике. Том 1. Звездные атмосферы', Казань, изд 'ФЭН', 1997. - 328 с. (фонд кафедры - 30 экз.).
4. Гусейханов, М.К. Основы астрофизики [Электронный ресурс]: учеб. пособие / М.К. Гусейханов. - Электрон. дан. - Санкт-Петербург: Лань, 2017. - 208 с. - Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/93593>
5. Аболмасов, П.К. Аккреционные процессы в астрофизике. [Электронный ресурс] / П.К. Аболмасов, В.В. Журавлев, А.Ю. Кочеткова, Г.В. Липунова. - Электрон. дан. - М.: Физматлит, 2016. - 416 с. - Режим доступа: <http://e.lanbook.com/book/91161>

7.3. Интернет-ресурсы:

Официальный сайт Python - www.python.org

Сайт ИНТУИТ - www.intuit.ru

Сайт проекта Anaconda - www.anaconda.com

сайт российской Астрономической сети - www.astronet.ru

сайт электронной библиотеки по физике и астрономии - adsabs.harvard.edu/

8. Материально-техническое обеспечение дисциплины(модуля)

Освоение дисциплины "Компьютерное моделирование" предполагает использование следующего материально-технического обеспечения:

Мультимедийная аудитория, вместимостью более 60 человек. Мультимедийная аудитория состоит из интегрированных инженерных систем с единой системой управления, оснащенная современными средствами воспроизведения и визуализации любой видео и аудио информации, получения и передачи электронных документов. Типовая комплектация мультимедийной аудитории состоит из: мультимедийного проектора, автоматизированного проекционного экрана, акустической системы, а также интерактивной трибуны преподавателя, включающей тач-скрин монитор с диагональю не менее 22 дюймов, персональный компьютер (с техническими характеристиками не ниже Intel Core i3-2100, DDR3 4096Mb, 500Gb), конференц-микрофон, беспроводной микрофон, блок управления оборудованием, интерфейсы подключения: USB, audio, HDMI. Интерактивная трибуна преподавателя является ключевым элементом управления, объединяющим все устройства в единую систему, и служит полноценным рабочим местом преподавателя. Преподаватель имеет возможность легко управлять всей системой, не отходя от трибуны, что позволяет проводить лекции, практические занятия, презентации, вебинары, конференции и другие виды аудиторной нагрузки обучающихся в удобной и доступной для них форме с применением современных интерактивных средств обучения, в том числе с использованием в процессе обучения всех корпоративных ресурсов. Мультимедийная аудитория также оснащена широкополосным доступом в сеть интернет. Компьютерное оборудование имеет соответствующее лицензионное программное обеспечение.

Компьютерный класс, представляющий собой рабочее место преподавателя и не менее 15 рабочих мест студентов, включающих компьютерный стол, стул, персональный компьютер, лицензионное программное обеспечение. Каждый компьютер имеет широкополосный доступ в сеть Интернет. Все компьютеры подключены к корпоративной компьютерной сети КФУ и находятся в едином домене.

Учебно-методическая литература для данной дисциплины имеется в наличии в электронно-библиотечной системе "ZNANIUM.COM", доступ к которой предоставлен студентам. ЭБС "ZNANIUM.COM" содержит произведения крупнейших российских учёных, руководителей государственных органов, преподавателей ведущих вузов страны, высококвалифицированных специалистов в различных сферах бизнеса. Фонд библиотеки сформирован с учетом всех изменений образовательных стандартов и включает учебники, учебные пособия, УМК, монографии, авторефераты, диссертации, энциклопедии, словари и справочники, законодательно-нормативные документы, специальные периодические издания и издания, выпускаемые издательствами вузов. В настоящее время ЭБС ZNANIUM.COM соответствует всем требованиям федеральных государственных образовательных стандартов высшего профессионального образования (ФГОС ВПО) нового поколения.

Учебно-методическая литература для данной дисциплины имеется в наличии в электронно-библиотечной системе Издательства "Лань", доступ к которой предоставлен студентам. ЭБС Издательства "Лань" включает в себя электронные версии книг издательства "Лань" и других ведущих издательств учебной литературы, а также электронные версии периодических изданий по естественным, техническим и гуманитарным наукам. ЭБС Издательства "Лань" обеспечивает доступ к научной, учебной литературе и научным периодическим изданиям по максимальному количеству профильных направлений с соблюдением всех авторских и смежных прав.

Мультимедийный проектор с ноутбуком, ПК (ноутбуки) для лабораторных и самостоятельных занятий студентов с возможностью выхода в интернет.

Программа составлена в соответствии с требованиями ФГОС ВПО и учебным планом по специальности: 03.05.01 "Астрономия" и специализации не предусмотрено.

Автор(ы):

Колбин А.И. _____

"__" _____ 201__ г.

Рецензент(ы):

Шиманский В.В. _____

"__" _____ 201__ г.