

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
**Федеральное государственное автономное
образовательное учреждение высшего образования
«Национальный исследовательский Нижегородский государственный университет им.
Н.И. Лобачевского»**

Институт информационных технологий, математики и механики
(факультет / институт / филиал)

УТВЕРЖДЕНО
решением Ученого совет ННГУ
протокол от
«30» ноября 2022 г. № 13

**Рабочая программа дисциплины
Научное программирование**

Уровень высшего образования
магистратура

Направление подготовки
01.04.02 Прикладная математика и информатика

Направленность образовательной программы
**Математическое моделирование динамики систем и процессов
управления**

Форма обучения
очная

Нижний Новгород
2023

1. Место и цели дисциплины в структуре ООП

Место дисциплины в структуре ООП

Данная дисциплина (Б1.О.07) читается в 3 семестре магистратуры, относится к обязательной части. Дисциплина опирается на базовые знания студентов по языкам и методам программирования, алгоритмам и структурам данных, теории вероятностей, математической статистике.

№ варианта	Место дисциплины в учебном плане образовательной программы	Стандартный текст для автоматического заполнения в конструкторе РПД
	Блок 1. Дисциплины (модули) Обязательная часть	Дисциплина Б1.О.07. «Научное программирование» относится к обязательной части ООП направления подготовки направления подготовки 01.04.02 Прикладная математика и информатика.

Цель освоения дисциплины

Цель данной дисциплины состоит в изучении продвинутого уровня языка программирования Python и его приложений в научных задачах в объеме, достаточном для успешного начала работ в области научного программирования. Излагаемый набор знаний и умений составляет теоретическую основу для методов разработки решений задач, возникающих в ходе научных исследований и их программной реализации. Изучение курса поддерживается лабораторным практикумом.

2. Планируемые результаты обучения по дисциплине, соотнесенные с планируемыми результатами освоения образовательной программы (компетенциями и индикаторами достижения компетенций)

Формируемые компетенции (код, содержание компетенции)	Планируемые результаты обучения по дисциплине (модулю), в соответствии с индикатором достижения компетенции		Наименование оценочного средства
	Индикатор достижения компетенции (код, содержание индикатора)	Результаты обучения по дисциплине	
ОПК-1 Способность решать актуальные задачи фундаментальной и прикладной математики	ОПК-1.1. Знает современные методы решения задач фундаментальной и прикладной математики	<u>Знать:</u> Методику разработки программ на языке Python, анализа их эффективности и подходы к ее повышению для решения задач научной деятельности.	Собеседование
	ОПК-1.2. Умеет использовать фундаментальные знания и практический опыт в профессиональной деятельности	<u>Уметь:</u> Применять на практике технологии Scipy, Numpy, Pandas, Matplotlib для разработки программ для решения задач научной деятельности.	Лабораторная работа (текущий контроль)
	ОПК-1.3. Имеет навыки решения актуальных и значимых проблем фундаментальной	<u>Владеть:</u> Навыками настройки PyCharm для разработки программ, использования технологий Scipy,	Лабораторная работа (текущий контроль)

	и прикладной математики	Numpy, Pandas, Matplotlib для решения задач научной деятельности.	
ОПК-3 Способность разрабатывать математические модели и проводить их анализ при решении задач в области профессиональной деятельности	ОПК-3.1. Знает современные методы анализа математических моделей при решении задач в области профессиональной деятельности	<u>Знать:</u> Методику разработки программ на языке Python, анализа их эффективности и подходы к ее повышению для решения задач производственно-технологической деятельности.	Собеседование
	ОПК-3.2. Умеет разрабатывать математические модели и проводить их анализ при решении задач в области профессиональной деятельности	<u>Уметь:</u> Применять на практике технологии Scipy, Numpy, Pandas, Matplotlib для разработки программ для решения задач производственно-технологической деятельности.	Лабораторная работа (текущий контроль)
	ОПК-3.3. Имеет навыки разработки новых математических моделей при решении задач в области профессиональной деятельности	<u>Владеть:</u> Навыками настройки PyCharm для разработки программ на языке Python, использования технологий Scipy, Numpy, Pandas, Matplotlib для решения задач производственно-технологической деятельности.	Лабораторная работа (текущий контроль)
ПК-1. Способен разрабатывать и анализировать концептуальные и теоретические модели решаемых проблем и задач в области профессиональной деятельности	ПК-1.1. Знает методы разработки и анализа концептуальных и теоретических моделей решаемых проблем и задач в области профессиональной деятельности	<u>Знать:</u> методы разработки и анализа концептуальных и теоретических моделей решаемых проблем и задач в области профессиональной деятельности	Собеседование
	ПК-1.2. Умеет применять методы разработки и анализа концептуальных и теоретических моделей решаемых проблем и задач в области профессиональной деятельности	<u>Уметь:</u> применять методы разработки и анализа концептуальных и теоретических моделей решаемых проблем и задач в области профессиональной деятельности	Собеседование
	ПК-1.3. Имеет опыт применения методов разработки и анализа концептуальных и	<u>Владеть:</u> опытом применения методов разработки и анализа концептуальных и теоретических моделей решаемых проблем и задач в области	Собеседование

	<i>теоретических моделей решаемых проблем и задач в области профессиональной деятельности</i>	<i>профессиональной деятельности</i>	
--	---	--------------------------------------	--

3. Структура и содержание дисциплины

3.1. Трудоемкость дисциплины

	Очная форма обучения
Общая трудоемкость	5 ЗЕТ
Часов по учебному плану	180
в том числе	
аудиторные занятия (контактная работа):	66
– занятия лекционного типа	32
– занятия семинарского типа	0
– занятия лабораторного типа	32
– текущий контроль (КСР)	2
самостоятельная работа	78
Промежуточная аттестация: экзамен	36

3.2. Содержание дисциплины

Наименование и краткое содержание разделов и тем дисциплины	Всего (часы)	в том числе				Самостоятельная работа обучающегося, часы
		Контактная работа (работа во взаимодействии с преподавателем), часы				
		Занятия лекционного типа	Занятия семинарского типа	Занятия лабораторного типа	Всего контактных часов	
Основы программирования на Python в Python Notebook. Введение в программирование с использованием формул, циклов, списков, функций, массивов (библиотека NumPy), строк, словарей. Введение в классы и ООП. Разработка модульных приложений в среде PyCharm.	27	6		6	12	15
Различные способы представления и визуализации научных данных с использованием Matplotlib и NumPy. Генерация случайных чисел. Методы Монте-Карло. Символьные вычисления с использованием SymPy.	27	6		6	12	15
Обзор возможностей NumPy, SciPy, Pandas. Применение машинного обучения к научным задачам. Кластеризация, классификация, регрессионный анализ. Использование статистических возможностей библиотек для анализа данных.	27	6		6	12	15
Обработка изображений (SciPy). Анализ графов (библиотека igraph). Использование матричных	27	6		6	12	15

вычислений. Преобразование Фурье.						
Разработка параллельных приложений. Задачи оптимизации и дифференциального исчисления. Аппроксимация функций. Кроссвалидация. Анализ эффективности разработанного кода. Алгоритмы и структуры данных. Регулярные выражения.	34	8		8	16	18
Текущий контроль (КСР)	2				2	
Промежуточная аттестация – экзамен	36					
Итого	180	32		32	66	78

Текущий контроль успеваемости реализуется в форме проверки работ на занятиях лабораторного типа.

Лабораторные занятия организуются, в том числе в форме практической подготовки, которая предусматривает участие обучающихся в выполнении отдельных элементов работ, связанных с будущей профессиональной деятельностью.

Практическая подготовка предусматривает решение прикладной задачи с использованием изученных методов и представление полученных результатов в форме отчета.

На проведение практических занятий (семинарских занятий) в форме практической подготовки отводится 32 часа.

Практическая подготовка направлена на формирование и развитие:

- способности решать актуальные задачи фундаментальной и прикладной математики команды (компетенция **ОПК-1**)
 - умения разрабатывать математические модели и проводить их анализ при решении задач в области профессиональной деятельности (**ОПК-3**)
 - умения разрабатывать и анализировать концептуальные и теоретические модели решаемых проблем и задач в области профессиональной деятельности (**ПК-1**)
- Промежуточная аттестация проходит в форме экзамена.

4. Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы обучающихся

Самостоятельная работа студентов подразделяется на следующие категории:

- Изучение учебной литературы (см. перечень образовательных материалов).
- Выполнение лабораторных работ на следующие темы: настройка среды разработки и проекта в PyCharm и Anaconda для запуска пакетов scikit-learn, numpy, pandas, matplotlib, решение систем линейных уравнений, визуализация научных данных, аппроксимация функций, численное решение дифференциальных уравнений, решение задач оптимизации, применение машинного обучения для классификации и регрессии фенотипов пациентов с синдромом Дауна, статистический анализ характеристик кальциевых событий, построение и анализ паренклитических графов, частотный анализ кальциевых событий, автоматическая разметка медицинских данных, симуляция хемотаксиса бактерий.

Для обеспечения самостоятельной работы обучающихся используется электронный курс «Научное программирование», созданный в системе электронного обучения ННГУ - <https://e-learning.unn.ru/>.

<https://e-learning.unn.ru/enrol/index.php?id=5121>

Задания для проведения текущего контроля и промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины приведены в п. 5.2.

5. Фонд оценочных средств для промежуточной аттестации по дисциплине, включающий:

5.1. Описание шкал оценивания результатов обучения по дисциплине

Уровень сформированности компетенций (индикатора достижения компетенций)	Шкала оценивания сформированности компетенций						
	плохо	неудовлетворительно	удовлетворительно	хорошо	очень хорошо	отлично	превосходно
	Не зачтено		Зачтено				
<u>Знания</u>	Отсутствие знаний теоретического материала. Невозможность оценить полноту знаний вследствие отказа обучающегося от ответа	Уровень знаний ниже минимальных требований. Имели место грубые ошибки.	Минимально допустимый уровень знаний. Допущено много негрубых ошибок.	Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки. Допущено несколько негрубых ошибок	Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки. Допущено несколько незначительных ошибок	Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки, без ошибок.	Уровень знаний в объеме, превышающем программу подготовки.
<u>Умения</u>	Отсутствие минимальных умений. Невозможность оценить наличие умений вследствие отказа обучающегося от ответа	При решении стандартных задач не продемонстрированы основные умения. Имели место грубые ошибки.	Продemonстрированы основные умения. Решены типовые задачи с негрубыми ошибками. Выполнены все задания, но не в полном объеме.	Продemonстрированы все основные умения. Решены все основные задачи с негрубыми ошибками. Выполнены все задания, в полном объеме, но некоторые с недочетами.	Продemonстрированы все основные умения. Решены все основные задачи. Выполнены все задания, в полном объеме, но некоторые с недочетами.	Продemonстрированы все основные умения, решены все основные задачи с отдельными незначительными недочетами, выполнены все задания в полном объеме.	Продemonстрированы все основные умения, решены все основные задачи. Выполнены все задания, в полном объеме без недочетов
<u>Навыки</u>	Отсутствия владения материалом. Невозможность оценить наличие навыков вследствие отказа обучающегося от ответа	При решении стандартных задач не продемонстрированы базовые навыки. Имели место грубые ошибки.	Имеется минимальный набор навыков для решения стандартных задач с некоторыми недочетами.	Продemonстрированы базовые навыки при решении стандартных задач с некоторыми недочетами	Продemonстрированы базовые навыки при решении стандартных задач без ошибок и недочетов.	Продemonстрированы навыки при решении нестандартных задач без ошибок и недочетов.	Продemonстрирован творческий подход к решению нестандартных задач.

Шкала оценки при промежуточной аттестации

Оценка	Уровень подготовки
--------	--------------------

Зачтено	Превосходно	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «превосходно»
	Отлично	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «отлично», при этом хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «отлично»
	Очень хорошо	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «очень хорошо», при этом хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «очень хорошо»
	Хорошо	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «хорошо», при этом хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «хорошо»
	Удовлетворительно	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «удовлетворительно», при этом хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «удовлетворительно»
Не зачтено	Неудовлетворительно	Хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «неудовлетворительно», ни одна из компетенций не сформирована на уровне «плохо»
	Плохо	Хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «плохо»

5.2. Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки результатов обучения

5.2.1. Контрольные вопросы

Вопрос	Код компетенции
1. Способы представления и визуализации научных данных	ОПК-1
2. Использование объектов array и matrix. Решение задач матричной алгебры.	ОПК-1
3. Примеры использования списков, словарей, строк	ОПК-1
4. Основные операторы Python, использование функций в Python, рекурсия, передача и возврат функций в качестве параметров, обработка последовательностей и итераторы, генераторы	ОПК-1
5. Возможности библиотеки igraph для анализа графов. Примеры задач	ОПК-1
6. Методы повышения эффективности работы программ, разработанных на Python	ОПК-1
7. Способы организации параллельных вычислений в Python	ОПК-3
8. Алгоритмы машинного обучения библиотеки SciPy. Примеры задач	ОПК-3
9. Методы аппроксимации функций в библиотеке SciPy	ОПК-3
10. Разбор регулярными выражениями текста в Python	ОПК-3
11. Обработка изображений с помощью SciPy	ПК-1
12. Алгоритмы кроссвалидации	ПК-1

5.2.2. Типовые темы лабораторных работ для оценки сформированности компетенции ОПК-1, ПК-1

- 1) Применение метода Ньютона для решения уравнений.
- 2) Аппроксимация данных суммой трёх экспонент.
- 3) Найти параметры модели светимости сверхновой звезды типа I нелинейным методом наименьших квадратов.
- 4) Подобрать модель, аппроксимирующую данные солнечной активности.
- 5) Укладка без пересечений n конгруэнтных кругов в единичный круг с максимальным радиусом.

5.2.3. Типовые темы лабораторных работ для оценки сформированности компетенции ОПК-3

- 1) Вычислить сумму первых n членов ряда Тейлора для заданной функции.
- 2) Используя правило прямоугольников, трапеций и Симпсона с помощью вычисления значения интеграла найти приближение числа Π .
- 3) Построение полиномиальной интерполяции искусственно сгенерированных данных.
- 4) Провести серию экспериментов, тестирующую функции `linalg.solve` и `linalg.cond` на матрицах специального вида.
- 5) Сравнить алгоритм Штрассена и обычный алгоритм умножения матриц.
- 6) Экспериментально найти все качественно различные фазовые траектории в модели Вольтерра-Лотке простой экосистемы.
- 7) Смоделируйте полёт камня Робин Гуда, бросающего его через бойницу крепостной стены в открытое окно, стоящего за ней замка.

6. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

а) основная литература:

- Лутц М. Изучаем Python. — 3-е изд. — СПб: Символ-плюс, 2009. — 848 с. (2000 экз.) — ISBN 978-5-93286-138-7
- Лутц М. Программирование на Python. — 2-е изд. — СПб: Символ-плюс, 2002. — 1136 с. (2000 экз.) — ISBN 5-93286-036-7
- Magnus Lie Hetland Beginning Python: From Novice to Professional. — Apress, 2005. — ISBN 1-59059-519-X

б) дополнительная литература:

- Hans Petter Langtangen A Primer on Scientific Programming with Python. — Springer, 2009. — ISBN 978-3-642-02474-0
- Sandro Tosi Matplotlib for Python Developers. — Packt Publishing, 2009. — ISBN 978-1-847197-90-0
- Jaan Kuisalaas Numerical Methods in Engineering with Python. — Cambridge University Press, 2005. — ISBN 978-0-521-85287-6
- Robert Johansson, Numerical Python: Scientific Computing and Data Science Applications with Numpy, SciPy and Matplotlib. Apress L. P. (2018)

в) программное обеспечение и Интернет-ресурсы (в соответствии с содержанием дисциплины):

1. Научная электронная библиотека <http://e-library/>

- 2. Федеральное хранилище «Единая коллекция цифровых образовательных ресурсов / <http://scholl-collection.edu.ru/>

7. Материально-техническое обеспечение дисциплины

Помещения представляют собой учебные аудитории для проведения учебных занятий, предусмотренных программой (лекционного и лабораторного типа), оснащенные оборудованием и техническими средствами обучения.

Помещения для самостоятельной работы обучающихся оснащены компьютерной техникой с возможностью подключения к сети "Интернет" и обеспечены доступом в электронную информационно-образовательную среду.

Программа составлена в соответствии с требованиями ОС ННГУ по направлению подготовки 01.04.02 «Прикладная математика и информатика»

Автор: М.И. Кривоносов

Рецензент: _____

Заведующий кафедрой д.ф-м.н., проф. М.В. Иванченко

Программа одобрена на заседании методической комиссии института информационных технологий, математики и механики от 30 ноября 2022 года, протокол № 3.