

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

УТВЕРЖДЕНО
президиумом Ученого совета ННГУ
протокол от
«30» ноября 2022 г. № 13

Рабочая программа дисциплины

Анализ производительности и оптимизация ПО

Уровень высшего образования

Магистратура

Направление подготовки

02.04.02 «Фундаментальная информатика и информационные технологии»

Направленность образовательной программы

Искусственный интеллект

Форма обучения

Очная

Нижний Новгород
2023

1. Место дисциплины в структуре ОПОП

Дисциплина Б1.В.03 «Анализ производительности и оптимизация ПО» относится к части, формируемой участниками образовательных отношений Блока 1 «Дисциплины (модули)» направления подготовки 02.04.02 «Фундаментальная информатика и информационные технологии», направленность «Искусственный интеллект». Дисциплина преподается в 1 семестре. .

№ Варианта	Место дисциплины в учебном плане образовательной программы	Стандартный текст для автоматического заполнения в конструкторе РПД
1	Блок 1. Дисциплины (модули) Часть, формируемая участниками образовательных отношений	Дисциплина Б1.В.03 «Анализ производительности и оптимизация ПО» относится к части ООП направления подготовки 02.04.02 Фундаментальная информатика и информационные технологии, формируемой участниками образовательных отношений.

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	
ПК-10. Способен конвертировать результаты научно-исследовательских и/или опытно-конструкторских работ в требования ИТ-проекта, и обратно: способен обеспечить ИТ-проект необходимым исследованием и опытно-конструкторскими работами	ПК-10.1. Знает инструменты и методы конвертации результатов научно-исследовательских и/или опытно-конструкторских работ в требования ИТ-проекта, и обратно.	<i>ЗНАЕТ</i> Методику анализа производительности и оптимизации по скорости программного обеспечения, включая роль и место современных программных инструментальных средств для решения задач научной деятельности.	Собеседование (зачет)
	ПК-10.2. Умеет конвертировать результаты научно-исследовательских и/или опытно-конструкторских работ в требования ИТ-проекта, и обратно	<i>УМЕЕТ</i> Применять на практике методику анализа производительности и оптимизации по скорости программного обеспечения для решения задач научной деятельности.	Проект (текущий контроль)
	ПК-10.3. Имеет практический опыт конвертации результатов научно-исследовательских	<i>ВЛАДЕЕТ</i> Навыками использования современного системного программного обеспечения для	Проект (текущий контроль)

	и/или опытно-конструкторских работ в требования ИТ-проекта, и обратно.	профилировки и оптимизации программ: пакет Intel Parallel Studio XE, включая оптимизирующий компилятор, профилировщик, специализированные библиотеки, – для решения задач научной деятельности.	
--	--	---	--

3. Структура и содержание дисциплины

3.1. Трудоемкость дисциплины

Общая трудоемкость	2 ЗЕТ
Часов по учебному плану	72
в том числе:	
аудиторные занятия (контактная работа):	33
- занятия лекционного типа	16
- занятия семинарского типа	16
- занятия лабораторного типа	
- текущий контроль (КСР)	1
самостоятельная работа	39
Промежуточная аттестация - зачет	

3.2 Содержание дисциплины

Наименование и краткое содержание разделов и тем дисциплины, форма промежуточной аттестации по дисциплине	Всего (часы)	в том числе				
		контактная работа (работа во взаимодействии с преподавателем), часы				Самостоятельная работа студента, часы
		из них				
		Занятия лекционного типа	Занятия семинарского типа	Занятия лабораторного типа	Всего контактных часов	
Введение в оптимизацию программ.	5	2			2	3
Анализ эффективности алгоритмов и алгоритмическая оптимизация.	14	4	2		6	8
Оптимизация структур данных.	12	2	2		4	8
Архитектура ЭВМ: механизмы, влияющие на производительность.	5	2			2	3
Векторизация вычислений.	9	2	2		4	5

Использование специализированного ПО для оптимизации.	12	2	4		6	6
Программная оптимизация на примерах.	14	2	6		8	6
Текущий контроль (КСР)	1				1	
Промежуточная аттестация - зачет						
Итого	72	16	16	0	33	39

Практические занятия (семинарские 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: разработка оптимизированных программ с применением пакета программ Intel Parallel Studio XE (компилятор, профилировщик) с использованием технологий параллельного программирования OpenMP, Cilk Plus, TBB.

На проведение практических занятий (семинарских занятий /лабораторных работ) в форме практической подготовки отводится 16 часов.

Практическая подготовка направлена на формирование и развитие:

- практических навыков в соответствии с профилем ОП: Разработка, тестирование, оптимизация программного обеспечения (ПО). Разработка технической документации на продукцию в сфере ИТ.
- компетенций – ПК-10: Способен конвертировать результаты научно- исследовательских и/или опытно-конструкторских работ в требования ИТ-проекта, и обратно: способен обеспечить ИТ-проект необходимым исследованием и опытно-конструкторскими работами. (ПК-10.3: Имеет практический опыт конвертации результатов научно-исследовательских и/или опытно-конструкторских работ в требования ИТ-проекта, и обратно).

Текущий контроль успеваемости реализуется в формах опросов на занятиях семинарского типа. Промежуточная аттестация проходит в традиционных формах (зачет).

4. Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы обучающихся

Самостоятельная работа обучающихся осуществляется в виде работы с рекомендованной обязательной и дополнительной литературой, подготовке к семинарским занятиям, подготовке к лекциям. Контрольные вопросы и 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 несущественных 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 несущественными 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>	Отсутствие 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 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 к зачету

Вопрос	Код формируемой компетенции
1. Оптимизация программ. Цели, задачи, принципы, критерии, правила, примеры.	ПК-10
2. Основные критерии оптимизации программ. Взаимодействие критериев.	ПК-10
3. Понятие бенчмарка. Выбор бенчмарка. Требования к бенчмарку. Методика измерения времени при проведении серии экспериментов для оценивания производительности.	ПК-10
4. Виды оптимизации программ. Примеры.	ПК-10
5. Элементы теории сложности. Оценки сложности. Примеры.	ПК-10
6. Алгоритмическая оптимизация на примере одного из классических разделов	ПК-10

курса «Алгоритмы и структуры данных» по выбору студента.	
7. Архитектурные механизмы, влияющие на производительность.	ПК-10
8. Программная оптимизация. Примеры.	ПК-10
9. Оптимизация вычислений с плавающей запятой. Использование математических функций. Вопросы точности и производительности.	ПК-10
10. Оптимизация производительности в параллельных программах. Особенности оптимизации, связь с эффективностью масштабируемости.	ПК-10
11. Использование оптимизирующих компиляторов. Управление современными оптимизирующими компиляторами на примере Intel C/C++ Compiler.	ПК-10
12. Использование специализированных высокопроизводительных библиотек на примере Intel Math Kernel Library. Пример (по выбору студента).	ПК-10
13. Оптимизация вычислений в задаче матричного умножения.	ПК-10
14. Современные метрики для оценивания производительности. Roofline-модель.	ПК-10

5.2.2. Типовые темы проектов для оценки сформированности компетенции ПК-10

Задание проекта	Код формируемой компетенции
<p><i>Лабораторная работа (проект) «Алгоритмы умножения плотных матриц».</i></p> <p>Требуется разработать программу для умножения плотных квадратных матриц. Элементами матриц являются числа с плавающей запятой двойной точности. Результатом работы программы является плотная матрица. Оценивание результатов выполняется в смысле а) работоспособности программы – малое отклонение результата от эталона; б) производительности программы – время, затраченное на выполнение умножения.</p> <p>Программная реализация выполняется на языках C или C++. Допускается использование технологий параллельного программирования OpenMP, Cilk Plus, TBB. Используется пакет программ Intel Parallel Studio XE (компилятор, профилировщик). Целевая архитектура выбирается исходя из текущих технических возможностей суперкомпьютера ННГУ «Лобачевский».</p> <p>Подробные технические требования и спецификации передаются студентам в начале семестра. Данное задание может быть выдано студентам в разных формулировках (пример: прямоугольные матрицы, целочисленные значения, одинарная точность и т.д. – не менее четырех разновидностей).</p>	ПК-10
<p><i>Лабораторная работа (проект) «Алгоритмы сортировки».</i></p> <p>Требуется разработать программу для сортировки массивов по возрастанию (убыванию). Элементами массива являются числа с плавающей запятой двойной точности. Результатом работы программы отсортированный массив. Оценивание результатов выполняется в смысле а) работоспособности программы – совпадение результата с эталоном; б) производительности программы – время, затраченное на выполнение сортировки.</p> <p>Программная реализация выполняется на языках C или C++. Допускается использование технологий параллельного программирования OpenMP, Cilk Plus, TBB. Используется пакет программ Intel Parallel Studio XE (компилятор, профилировщик). Целевая архитектура выбирается исходя из текущих технических возможностей суперкомпьютера ННГУ «Лобачевский».</p> <p>Подробные технические требования и спецификации передаются студентам в начале семестра. Данное задание может быть выдано студентам в разных формулировках (целые числа, числа с плавающей запятой одинарной точности, числа с плавающей запятой двойной точности – не менее трех</p>	ПК-10

постановок).	
<p><i>Лабораторная работа (проект) «Алгоритмы умножения разреженных матриц».</i></p> <p>Требуется разработать программу для умножения разреженных квадратных матриц в формате Compressed Sparse Rows. Элементами матриц являются числа с плавающей запятой двойной точности. Результатом работы программы является разреженная матрица. Оценивание результатов выполняется в смысле а) работоспособности программы – малое отклонение результата от эталона; б) производительности программы – время, затраченное на выполнение умножения.</p> <p>Программная реализация выполняется на языках С или С++. Допускается использование технологий параллельного программирования OpenMP, Cilk Plus, TBB. Используется пакет программ Intel Parallel Studio XE (компилятор, профилировщик). Целевая архитектура выбирается исходя из текущих технических возможностей суперкомпьютера ННГУ «Лобачевский».</p> <p>Подробные технические требования и спецификации передаются студентам в начале семестра. Данное задание может быть выдано студентам в разных формулировках (пример: прямоугольные матрицы, целочисленные значения, одинарная точность, разные форматы хранения т.д. – не менее 10 разновидностей).</p>	ПК-10

6. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

а) основная литература:

1. Технопарк Mail.ru Group. Курс «Алгоритмы и структуры данных».
<http://www.intuit.ru/studies/courses/3496/738/info>
2. Школа Анализа Данных (Яндекс). Курс «Алгоритмы и структуры данных поиска».
<http://www.intuit.ru/studies/courses/13848/1245/info>

б) дополнительная литература:

3. Учебные курсы Академии Интел. <http://www.intuit.ru/academies/companiesn/41/info>

7. Материально-техническое обеспечение дисциплины (модуля)

Помещения представляют собой учебные аудитории для проведения учебных занятий, предусмотренных программой, оснащенные оборудованием и техническими средствами обучения: компьютерный класс, проектор, экран.

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

Учебная и научная литература, учебно-методические материалы, представленные в библиотечном фонде, в электронных библиотеках и на кафедре Математического обеспечения и суперкомпьютерных технологий.

Используемое лицензионное программное обеспечение:

- Операционные системы семейства Microsoft Windows, лицензия по подписке Microsoft Imagine.
- Среда разработки семейства Microsoft Visual Studio, лицензия по подписке Microsoft Imagine.

Программа составлена в соответствии с требованиями ОС ННГУ по направлению 02.04.02 «Фундаментальная информатика и информационные технологии».

Автор: И. Б. Мееров

Заведующий кафедрой Р. Г. Стронгин

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