

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

решением президиума Ученого совета ННГУ

протокол № 1 от 16.01.2024 г.

Рабочая программа дисциплины

Оптимизация производительности программ

Уровень высшего образования

Бакалавриат

Направление подготовки / специальность

02.03.02 - Фундаментальная информатика и информационные технологии

Направленность образовательной программы

Инженерия программного обеспечения

Форма обучения

очная

г. Нижний Новгород

2024 год начала подготовки

1. Место дисциплины в структуре ОПОП

Дисциплина Б1.В.ДВ.02.05 Оптимизация производительности программ относится к части, формируемой участниками образовательных отношений образовательной программы.

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 | Для текущего контроля успеваемости | Для промежуточной аттестации |
| ПК-3: Способен создавать и исследовать новые математические модели в естественных науках, промышленности и бизнесе, с учетом возможностей современных информационных технологий и программирования и компьютерной техники | ПК-3.1: Знает методы анализа и исследования математических моделей в области фундаментальной информатики и информационных технологий. ПК-3.2: Умеет определять ключевые свойства и ограничения системы. | ПК-3.1: Знать модели анализа производительности программ. Знать методику анализа производительности и оптимизации программ. ПК-3.2: Уметь применять на практике методы и программный инструментарий для анализа производительности и оптимизации программ. | Задания Собеседование | Зачёт: Задачи |

3. Структура и содержание дисциплины

3.1 Трудоемкость дисциплины

| | |
|--|--------------|
| | очная |
| Общая трудоемкость, з.е. | 3 |
| Часов по учебному плану | 108 |
| в том числе | |
| аудиторные занятия (контактная работа): | |
| - занятия лекционного типа | 16 |
| - занятия семинарского типа (практические занятия / лабораторные работы) | 16 |
| - КСР | 1 |
| самостоятельная работа | 75 |
| Промежуточная аттестация | 0 Зачёт |

3.2. Содержание дисциплины

(структурированное по темам (разделам) с указанием отведенного на них количества академических часов и виды учебных занятий)

| Наименование разделов и тем дисциплины | Всего (часы) | в том числе | | | |
|---|-----------------|--|--|-------------|---|
| | | Контактная работа (работа во взаимодействии с преподавателем), часы из них | | | Самостоятельная работа обучающегося, часы |
| | | Занятия лекционного типа | Занятия семинарского типа (практические занятия/лабораторные работы), часы | Всего | |
| | о ф о | о ф о | о ф о | о ф о | о ф о |
| Раздел I. Введение в предмет. | 30 | 5 | 5 | 10 | 20 |
| Раздел II. Оптимизация программ: алгоритмы и структуры данных . | 30 | 5 | 5 | 10 | 20 |
| Раздел III. Программная оптимизация на примерах . | 47 | 6 | 6 | 12 | 35 |
| Аттестация | 0 | | | | |
| КСР | 1 | | | 1 | |
| Итого | 108 | 16 | 16 | 33 | 75 |

Содержание разделов и тем дисциплины

Раздел I. Введение в предмет.

1.1. Анализ производительности и оптимизация программ: введение в предмет (суть, цели, задачи, основные принципы, критерии, примеры, структура курса).

1.2. Архитектурные механизмы, влияющие на производительность. Уровни параллелизма.

1.3. Основные метрики, методика их сбора и анализа.

1.4. Практическое использование Intel C++ Compiler в среде разработки Microsoft Visual Studio.

Компиляция и сборка из командной строки.

Раздел II. Оптимизация программ: алгоритмы и структуры данных.

2.1. Алгоритмическая оптимизация. Вычислительная сложность, практические аспекты.

2.2. Алгоритмическая оптимизация при реализации алгоритмов сортировки.

2.3. Оптимизация структур данных при работе с разреженными матрицами.

Раздел III. Программная оптимизация на примерах.

3.1. Векторизация циклов. Общие принципы и использование компилятора.

3.1.5. Инструменты для анализа производительности Intel VTune и Intel Advisor. Общее введение.

3.2. Векторизация циклов. Использование транслятора Intel Compiler и помощника Intel Advisor.

3.3. Рациональное использование иерархии памяти на примере задачи об умножении матриц.

Использование профилировщика Intel VTune.

3.4. Оптимизация вычислений, аспекты параллелизма, балансировка нагрузки. Задача о вычислении простых чисел.

3.5. Пошаговая оптимизация программ в практических приложениях: вычисление формулы Блэка-Шоулса (векторизация, параллелизм, понижение точности, эквивалентные вычисления, NUMA).

3.6. Пошаговая оптимизация программ в практических приложениях: численное интегрирование (векторизация, параллелизм, работа с памятью + MKL).

4. Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы обучающихся

Самостоятельная работа обучающихся включает в себя подготовку к контрольным вопросам и заданиям для текущего контроля и промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины приведенным в п. 5.

- Гергель В.П. Курс «Основы параллельных вычислений».
<http://www.intuit.ru/studies/courses/1091/293/info>
- Гергель В.П. Курс «Теория и практика параллельных вычислений».
<https://intuit.ru/studies/courses/1156/190/info>
- Немнюгин С. Курс «Основы параллельного программирования с использованием MPI».
<http://www.intuit.ru/studies/courses/1090/294/info>
- Бахтин В. Курс «Параллельное программирование с OpenMP».
<http://www.intuit.ru/studies/courses/1111/295/info>
- Баркалов К.А. и др. Курс «Intel Parallel Programming Professional»
<https://intuit.ru/studies/courses/4447/983/info>
- Ануфриенко А., Идрисов Р. Курс «Введение в оптимизацию производительности приложений с использованием компиляторов Интел» <https://intuit.ru/studies/courses/707/563/info>

5. Фонд оценочных средств для текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации по дисциплине (модулю)

5.1 Типовые задания, необходимые для оценки результатов обучения при проведении текущего контроля успеваемости с указанием критериев их оценивания:

5.1.1 Типовые задания (оценочное средство - Задания) для оценки сформированности компетенции ПК-3:

1. Умножение плотных матриц. Блочный алгоритм.
2. Алгоритмы умножения разреженных матриц.
3. Алгоритм быстрой сортировки и его оптимизация по скорости.

Критерии оценивания (оценочное средство - Задания)

| Оценка | Критерии оценивания |
|------------|--|
| зачтено | Выполнена основная часть задания, возможно с незначительными недочетами. |
| не зачтено | Выполнено менее половины задания, есть существенные недочеты. |

5.1.2 Типовые задания (оценочное средство - Собеседование) для оценки сформированности компетенции ПК-3:

1. Архитектурные механизмы, влияющие на производительность программ.
2. Цели и задачи оптимизации программ.
3. Критерии оптимизации программ
4. Алгоритмическая оптимизация и ее роль. Примеры
5. Оптимизация структур данных и ее роль. Примеры.
6. Программная оптимизация и ее роль. Примеры.

7. Векторизация и ее роль. Примеры.
8. Оптимизация параллельных программ. Примеры.
9. Оптимизация работы с памятью. Примеры.

Критерии оценивания (оценочное средство - Собеседование)

| Оценка | Критерии оценивания |
|------------|---|
| зачтено | Студент дал развернутый ответ на все вопросы без существенных ошибок. |
| не зачтено | При ответе студент допускает грубые ошибки в основном материале. |

5.2. Описание шкал оценивания результатов обучения по дисциплине при промежуточной аттестации

Шкала оценивания сформированности компетенций

| Уровень сформированности компетенций (индикатора достижения 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. Ошибок нет. | 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 отдельным и 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 базовых | При решении стандартных | Имеется минимальн | Продemonстрированы | Продemonстрированы | Продemonстрированы | Продemonстрированы |

| | | | | | | | |
|--|--|---|--|---|--|---|--|
| | навыков. Невозможность оценить наличие навыков вследствие отказа обучающегося от ответа | задач не продемонстрир ованы базовые навыки. Имели место грубые ошибки | ый набор навыков для решения стандартны х задач с некоторым и недочетами | базовые навыки при решении стандартны х задач с некоторым и недочетами | базовые навыки при решении стандартны х задач без ошибок и недочетов | навыки при решении нестандарт ных задач без ошибок и недочетов | творческий подход к решению нестандартны х задач |
|--|--|---|--|---|--|---|--|

Шкала оценивания при промежуточной аттестации

| Оценка | | Уровень подготовки |
|------------|-------------------------|--|
| зачтено | превосходно | Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «превосходно», продемонстрированы знания, умения, владения по соответствующим компетенциям на уровне выше предусмотренного программой |
| | отлично | Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «отлично». |
| | очень хорошо | Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «очень хорошо» |
| | хорошо | Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «хорошо». |
| | удовлетворитель но | 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 | неудовлетворите льно | Хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «неудовлетворительно». |
| | плохо | Хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «плохо» |

5.3 Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки результатов обучения на промежуточной аттестации с указанием критериев их оценивания:

5.3.1 Типовые задания (оценочное средство - Задачи) для оценки сформированности компетенции ПК-3

1. Разработка примера программы, в которой наблюдается проблема производительности «отсутствие векторизации кода» с последующим устранением описанной проблемы.
2. Разработка примера программы, в которой наблюдается проблема производительности «неэффективное распараллеливание» (дисбаланс вычислительной нагрузки) с последующим устранением описанной проблемы.

Критерии оценивания (оценочное средство - Задачи)

| Оценка | Критерии оценивания |
|---------|---|
| зачтено | Выполнены все или большая часть этапов решения задачи или задача решена с |

| Оценка | Критерии оценивания |
|------------|--|
| | незначительными недочетами. Результаты работы представлены преподавателю в срок. |
| не зачтено | Выполнены не все практические задания или выполнены не в полном объеме (представлено не полное описание этапов выполнения заданий, получен неверный ответ, результаты работы не представлены преподавателю). |

6. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины (модуля)

Основная литература:

1. Теория и практика параллельных вычислений / Гегель В.П. - Москва : ИНТУИТ, 2016., <https://e-lib.unn.ru/MegaPro/UserEntry?Action=FindDocs&ids=663423&idb=0>.

Дополнительная литература:

1. Параллельное программирование с использованием OpenMP / Левин М.П. - Москва : ИНТУИТ, 2016., <https://e-lib.unn.ru/MegaPro/UserEntry?Action=FindDocs&ids=663520&idb=0>.

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

- <https://intuit.ru/>

7. Материально-техническое обеспечение дисциплины (модуля)

Учебные аудитории для проведения учебных занятий, предусмотренных образовательной программой, оснащены мультимедийным оборудованием (проектор, экран), техническими средствами обучения, компьютерами.

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 02.03.02 - Фундаментальная информатика и информационные технологии.

Автор(ы): Мееров Иосиф Борисович, кандидат технических наук, доцент.

Заведующий кафедрой: Мееров Иосиф Борисович, кандидат технических наук.

Программа одобрена на заседании методической комиссии от 13.12.2023, протокол № 3.