

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**

Анализ производительности и оптимизация программного обеспечения

Уровень высшего образования  
Магистратура

---

Направление подготовки / специальность  
09.04.04 - Программная инженерия

---

Направленность образовательной программы  
Технологии цифровой трансформации

---

Форма обучения  
очная

---

г. Нижний Новгород

2024 год начала подготовки

## 1. Место дисциплины в структуре ОПОП

Дисциплина Б1.В.04 Анализ производительности и оптимизация программного обеспечения 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-12: Владеет методами поддержки разработки архитектуры ИС	ПК-12.1: Знает инструменты и методы проектирования архитектуры ИС ПК-12.2: Умеет проектировать архитектуры ИС ПК-12.3: Имеет практический опыт проверки (верификации) архитектуры ИС	ПК-12.1: Владеет методами поддержки разработки архитектуры ИС  ПК-12.2: Владеет методами поддержки разработки архитектуры ИС  ПК-12.3: Владеет методами поддержки разработки архитектуры ИС	Практическое задание	Зачёт: Контрольные вопросы

## 3. Структура и содержание дисциплины

### 3.1 Трудоемкость дисциплины

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

### 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/лабора торные работы), часы	Всего	
	о ф о	о ф о	о ф о	о ф о	о ф о
Введение в оптимизацию программ.	15	2	2	4	11
Анализ эффективности алгоритмов и алгоритмическая оптимизация.	17	3	3	6	11
Оптимизация структур данных.	15	2	2	4	11
Архитектура ЭВМ: механизмы, влияющие на производительность.	15	2	2	4	11
Векторизация вычислений.	15	2	2	4	11
Использование специализированного ПО для оптимизации.	14	2	2	4	10
Программная оптимизация на примерах.	16	3	3	6	10
Аттестация	0				
КСР	1			1	
Итого	108	16	16	33	75

#### Содержание разделов и тем дисциплины

Введение в оптимизацию программ.

Анализ эффективности алгоритмов и алгоритмическая оптимизация.

Оптимизация структур данных.

Архитектура ЭВМ: механизмы, влияющие на производительность.

Векторизация вычислений.

Использование специализированного ПО для оптимизации.

Программная оптимизация на примерах.

#### 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.

Для обеспечения самостоятельной работы обучающихся используются:

- электронный курс "Анализ производительности и оптимизация программ" (<https://e-learning.unn.ru/course/view.php?id=6080>).

Иные учебно-методические материалы: а) основная литература:

1)Голдштейн С., Оптимизация приложений на платформе .NET [Электронный ресурс]. - М. :

ДМК Пресс, 2014. - 524 с. - Режим доступа:  
<http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785940749448.html>

б) дополнительная литература:

2) Во Х., Оптимизация производительности приложений для iOS. - М.: ДМК Пресс, 2013. - 320 с.: ил. [Электронный ресурс] - Режим доступа:  
<http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785940748564.html>

## **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 - Практическое задание) для оценки сформированности компетенции ПК-12:**

- 1) *Лабораторная работа (проект) «Алгоритмы умножения плотных матриц».*

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.

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».

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).

- 2) *Лабораторная работа (проект) «Алгоритмы умножения разреженных матриц».*

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.

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».

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).

### Критерии оценивания (оценочное средство - Практическое задание)

Оценка	Критерии оценивания
зачтено	Выполнены все или большая часть этапов решения задачи или задача решена с незначительными недочетами. Код и результаты работы представлены преподавателю в срок.
не зачтено	Выполнены не все лабораторные работы или выполнены не в полном объеме (представлено не полное описание этапов выполнения заданий, код работает некорректно, результаты работы не представлены преподавателю).

## 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	При решении стандартных	Продемонстрированы	Продемонстрированы	Продемонстрированы	Продемонстрированы	Продемонстрированы все

	умений. Невозможность оценить наличие умений вследствие отказа обучающегося от ответа	задач не продемонстрированы основные умения. Имели место грубые ошибки	основные умения. Решены типовые задачи с негрубыми ошибками. Выполнены все задания, но не в полном объеме	все основные умения. Решены все основные задачи с негрубыми ошибками. Выполнены все задания в полном объеме, но некоторые с недочетами	все основные умения. Решены все основные задачи. Выполнены все задания в полном объеме, но некоторые с недочетами	все основные умения. Решены все основные задачи с отдельными и несущественными недочетами, выполнены все задания в полном объеме	основные умения. Решены все основные задачи. Выполнены все задания, в полном объеме без недочетов
<u>Навыки</u>	Отсутствие базовых навыков. 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 некоторым и недочетами	Продемонстрированы базовые навыки при решении стандартных задач с некоторым и недочетами	Продемонстрированы базовые навыки при решении стандартных задач без ошибок и недочетов	Продемонстрированы навыки при решении нестандартных задач без ошибок и недочетов	Продемонстрирован творческий подход к решению нестандартных 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».
	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».
	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 - Контрольные вопросы) для оценки сформированности компетенции ПК-12

1. Оптимизация программ. Цели, задачи, принципы, критерии, правила, примеры.
2. Основные критерии оптимизации программ. Взаимодействие критериев.
3. Понятие бенчмарка. Выбор бенчмарка. Требования к бенчмарку. Методика измерения времени при проведении серии экспериментов для оценивания производительности.
4. Виды оптимизации программ. Примеры.
5. Элементы теории сложности. Оценки сложности. Примеры.
6. Алгоритмическая оптимизация на примере одного из классических разделов курса «Алгоритмы и структуры данных» по выбору студента.
7. Архитектурные механизмы, влияющие на производительность.
8. Программная оптимизация. Примеры.
9. Оптимизация вычислений с плавающей запятой. Использование математических функций. Вопросы точности и производительности.
10. Оптимизация производительности в параллельных программах. Особенности оптимизации, связь с эффективностью масштабируемости.
11. Использование оптимизирующих компиляторов. Управление современными оптимизирующими компиляторами на примере Intel C/C++ Compiler.
12. Использование специализированных высокопроизводительных библиотек на примере Intel Math Kernel Library. Пример (по выбору студента).
13. Оптимизация вычислений в задаче матричного умножения.
14. Современные метрики для оценивания производительности. Roofline-модель.

#### Критерии оценивания (оценочное средство - Контрольные вопросы)

Оценка	Критерии оценивания
зачтено	Студент дает полный ответ на все теоретические вопросы, возможно с незначительными неточностями в определении понятий, процессов и т.п. Студент работал на практических занятиях и выполнил все задания для текущего контроля успеваемости как минимум на 80%.
не зачтено	Студент дает ошибочные ответы, как на теоретические вопросы, так и на наводящие вопросы экзаменатора. Студент пропустил большую часть практических занятий и не выполнил задания для текущего контроля успеваемости.

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

Основная литература:

1. Голдштейн С. Оптимизация приложений на платформе .NET : монография / Голдштейн С.; Зурбалева Д.; Флатов И. - Москва : ДМК-пресс, 2017. - 524 с. - ISBN 978-5-97060-487-8., <https://e->

[lib.unn.ru/MegaPro/UserEntry?Action=FindDocs&ids=868533&idb=0](http://lib.unn.ru/MegaPro/UserEntry?Action=FindDocs&ids=868533&idb=0).

Дополнительная литература:

1. Оптимизация производительности приложений для iOS / Во Х. - Москва : ДМК-пресс, 2013., <https://e-lib.unn.ru/MegaPro/UserEntry?Action=FindDocs&ids=647030&idb=0>.

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

1. Учебные курсы Академии Интел. <http://www.intuit.ru/academies/companiesn/41/info>
2. Операционные системы семейства Microsoft Windows, лицензия по подписке Microsoft Imagine.
3. Среда разработки семейства Microsoft Visual Studio, лицензия по подписке Microsoft Imagine.

## **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 09.04.04 - Программная инженерия.

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.