

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

Эволюционно-генетические алгоритмы

Уровень высшего образования

Бакалавриат

Направление подготовки / специальность

09.03.03 - Прикладная информатика

Направленность образовательной программы

Прикладная информатика в области принятия решений

Форма обучения

очная

г. Нижний Новгород

2024 год начала подготовки

1. Место дисциплины в структуре ОПОП

Дисциплина Б1.В.ДВ.01.01 Эволюционно-генетические алгоритмы 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-9: Способен моделировать прикладные (бизнес) процессы и объекты предметной области	<p>ПК-9.1: Демонстрирует знание методических основ моделирования процессов и объектов предметной области.</p> <p>ПК-9.2: Демонстрирует умение применения знаний к моделированию прикладных процессов и объектов предметной области при разработке программного обеспечения ИС.</p> <p>ПК-9.3: Имеет практический опыт моделирования процессов и объектов на примере конкретной предметной области</p>	<p>ПК-9.1: Знает основные понятия, связанные с задачами дискретной оптимизации и эволюционно-генетическим алгоритмом (ЭГ</p> <p>ПК-9.2: Уметь построить математическую модель задачи</p> <p>ПК-9.3: Владеть методами решения оптимизационной задачи в виде ЭГА</p>	Отчет по лабораторным работам Тест	Экзамен: Тест Контрольные вопросы

3. Структура и содержание дисциплины

3.1 Трудоемкость дисциплины

	очная
Общая трудоемкость, з.е.	4
Часов по учебному плану	144
в том числе	
аудиторные занятия (контактная работа):	
- занятия лекционного типа	32
- занятия семинарского типа (практические занятия / лабораторные работы)	32
- КСР	2
самостоятельная работа	42
Промежуточная аттестация	36

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	
	0 ф 0	0 ф 0	0 ф 0	0 ф 0	0 ф 0
Математическая модель принятия оптимальных решений. Критерии сравнения. Задача однокритериального выбора. Задачи переборного типа. Классы сложности задач однокритериального выбора. Комбинаторные задачи оптимизации	8	2	2	4	4
Переход от задачи оптимизации к задаче поиска. Кодирование решений. Бинарное кодирование, коды Грея (понятие близости решений и соответствующих кодировок). Функции кодирования и декодирования. Функция приспособленности. Задача поиска. Диаграмма связи задач. Преобразование непрерывной задачи оптимизации в задачу поиска (метод целочисленного кодирования). Кодирование дискретных задач оптимизации на примере задачи о ранце, задачи коммивояжера	12	4	4	8	4
Пространство поиска и ландшафты приспособленности. Одномутантные соседи конкретных строковых кодировок. Локальный и глобальный оптимумы. Методы «слепого» поиска. Эволюционные стратегии. Эволюционно-генетических алгоритмы. Принципы неодарвинизма, аналогии в эволюционно-генетических алгоритмах	12	4	4	8	4
Генетические алгоритмы и их основные свойства. Схема эволюционно-генетических алгоритмов. Репродукция (схемы скрещивания, кроссоверы, мутация), стратегии формирования следующего поколения популяции, схемы селекции	12	4	4	8	4
Уравнение жизни, рождения и смерти, уравнение экспоненциального роста высоко приспособленных особей. Алгоритмы селекции, реализующие принципы естественного отбора. Статистические оценки этих алгоритмов	8	2	2	4	4
Особенности решения комбинаторных задач на примере задачи о ранце и задачи коммивояжера. Кодирование решений, операторы кроссовера и мутации, обработка ограничений	10	3	3	6	4
Причины, требующие масштабирования. Линейное динамическое масштабирование	7	2	2	4	3
Шаблоны сходства. Интерпретация шаблонов сходства в пространстве поиска. Статистические характеристики шаблонов сходства	8	2	2	4	4
Фундаментальная теорема эволюционно-генетических алгоритмов. Теорема о неявном параллелизме. Принцип минимальных алфавитов	10	3	3	6	4
Изменение пропорции аллелей во времени, оценки времени сходимости и захвата	9	3	3	6	3
Исследование эволюционно-генетических алгоритмов с помощью цепей Маркова. Основные понятия марковской цепи. Моделирование эволюционно-генетических алгоритмов при помощи цепи Маркова. Сходимость классического и элитарного эволюционно-генетических	10	3	3	6	4

алгоритмов к оптимальному решению					
Аттестация	36				
КСР	2			2	
Итого	144	32	32	66	42

Содержание разделов и тем дисциплины

Математическая модель принятия оптимальных решений. Критерии сравнения. Задача однокритериального выбора. Задачи переборного типа. Классы сложности задач однокритериального выбора. Комбинаторные задачи оптимизации

Переход от задачи оптимизации к задаче поиска. Кодирование решений. Бинарное кодирование, коды Грея (понятие близости решений и соответствующих кодировок). Функции кодирования и декодирования. Функция приспособленности. Задача поиска. Диаграмма связи задач. Преобразование непрерывной задачи оптимизации в задачу поиска (метод целочисленного кодирования). Кодирование дискретных задач оптимизации на примере задачи о ранце, задачи коммивояжера.

Пространство поиска и ландшафты приспособленности. Одномутантные соседи конкретных строковых кодировок. Локальный и глобальный оптимумы. Методы «слепого» поиска. Эволюционные стратегии. Эволюционно-генетических алгоритмы. Принципы неодарвинизма, аналогии в эволюционно-генетических алгоритмах

Генетические алгоритмы и их основные свойства. Схема эволюционно-генетических алгоритмов. Репродукция (схемы скрещивания, кроссоверы, мутация), стратегии формирования следующего поколения популяции, схемы селекции.

Уравнение жизни, рождения и смерти, уравнение экспоненциального роста высоко приспособленных особей. Алгоритмы селекции, реализующие принципы естественного отбора. Статистические оценки этих алгоритмов..

Особенности решения комбинаторных задач на примере задачи о ранце и задачи коммивояжера. Кодирование решений, операторы кроссовера и мутации, обработка ограничений.

Причины, требующие масштабирования. Линейное динамическое масштабирование

Шаблоны сходства. Интерпретация шаблонов сходства в пространстве поиска. Статистические характеристики шаблонов сходства.

Фундаментальная теорема эволюционно-генетических алгоритмов. Теорема о неявном параллелизме. Принцип минимальных алфавитов.

Изменение пропорции аллелей во времени, оценки времени сходимости и захвата

Исследование эволюционно-генетических алгоритмов с помощью цепей Маркова. Основные понятия марковской цепи. Моделирование эволюционно-генетических алгоритмов при помощи цепи Маркова. Сходимость классического и элитарного эволюционно-генетических алгоритмов к оптимальному решению.

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 "Эволюционно-генетические алгоритмы"
(<https://e-learning.unn.ru/course/view.php?id=1937>).

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 - Отчет по лабораторным работам) для оценки сформированности компетенции ПК-9:

Выполнить 10 лабораторных работ согласно требованиям, представленных в учебно-методическом пособии по курсу, в работах требуется реализовать следующие оптимизационные алгоритмы:

1. Метод Монте-Карло
2. Метод восхождения на холм в глубину
3. Метод восхождения на холм в ширину
4. Комбинированный метод множественного запуска
5. Метод ближайшего города
6. Метод Ближайшего соседа
7. Жадный метод
8. Жадный метод на основании принципа Данцига
9. Вероятностная схема на основе выбранного жадного метода
10. Эволюционно-генетический алгоритм

Критерии оценивания (оценочное средство - Отчет по лабораторным работам)

Оценка	Критерии оценивания
зачтено	Выполнены все лабораторные работы (10 штук) каждая задача решена с незначительными недочетами. Код и результаты работы соответствуют требованиям и 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, частично или полностью не соответствует требованиям, результаты работы не представлены преподавателю).

5.1.2 Типовые задания (оценочное средство - Тест) для оценки сформированности компетенции ПК-9:

1. Сформулируйте фундаментальную теорему генетических алгоритмов
2. Жадные алгоритмы (выберите правильное): **Выберите один или несколько**
ОТВЕТОВ: Слепого поиска; Детерминированный; Точный; Случайный

Критерии оценивания (оценочное средство - Тест)

Оценка	Критерии оценивания
зачтено	Набрано 50% и более из общего количества баллов

Оценка	Критерии оценивания
не зачтено	набрано менее 50% из общего количества баллов

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 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 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 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-9

1. Однокритериальная задача оптимизации.
2. Задачи дискретной оптимизации
3. Сведение задачи оптимизации к задаче поиска.
4. Кодирование решений дискретных задач оптимизации, способы кодирования.
5. Кодирование решений непрерывной задачи оптимизации путем сведения к дискретной задаче.
6. Пространство поиска. Ландшафт приспособленности.
7. Методы слепого поиска.
8. Эволюционные стратегии: $(m+1), (m+l), (m, l)$.
9. Репродукционно-популяционные алгоритмы. Их основные черты.
10. Структура генетического алгоритма. Основные параметры, операторы.
11. Репродукция: схемы скрещивания, кроссовер.
12. Репродукция: кроссовер, мутация.
13. Стратегии формирования следующего поколения. Уравнение роста особей.
14. Селекция: цели и методы.
15. Реализации схем селекции.
16. Шаблоны сходства. Основные характеристики.
17. Интерпретация шаблонов сходства в пространстве поиска. Статистические характеристики.
18. Конкурирующие шаблоны. Ожидаемое число примеров шаблона.

19. Фундаментальная теорема.
20. Моделирование генетического алгоритма при помощи цепей Маркова. Генетический дрейф.
21. Распределение пропорции аллелей в генетическом алгоритме. Оценки времени сходимости и захвата при различных начальных распределениях.
22. Кодирование решений и операторы для задачи о ранце.
23. Кодирование решений и операторы для задачи коммивояжера.
24. Методы обработки ограничений при генетическом поиске.
25. Масштабирование, причины требующие масштабирования.
26. Преждевременная сходимость.
27. Гипотеза строительных блоков. Неявный параллелизм генетического алгоритма.
28. Сходимость генетического алгоритма как случайного процесса.
29. No free lunch теорема, подбор параметров в генетическом алгоритме.

Критерии оценивания (оценочное средство - Контрольные вопросы)

Оценка	Критерии оценивания
превосходно	Студент дал развернутый ответ на все вопросы и при этом продемонстрировал знание дополнительного материала.
отлично	Студент дал развернутый ответ на все вопрос
очень хорошо	Студент дал ответ на все вопросы, возможно с незначительными недочетами
хорошо	Студент ответил на большую часть вопросов с незначительными недочетами
удовлетворительно	Студент ответил на большую часть вопросов с существенными недочетами
неудовлетворительно	При ответе студент допускает грубые ошибки в основном материале
плохо	Отсутствие знаний материала

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

Основная литература:

1. Батищев Дмитрий Иванович. Применение генетических алгоритмов к решению задач дискретной оптимизации : учеб. пособие для студентов, обучающихся по направлению 510200 "Прикладная математика и информатика" и по специальности 010200 "Прикладная математика и информатика" / ННГУ. - Н. Новгород : Изд-во Нижегород. гос. ун-та, 2006. - 136 с. - В надзаг.: Нац. проект "Образование". Инновац. образоват. программа Нижегород. ун-та. - ISBN 5-85746-940-6 : 16.00., 4 экз.

Дополнительная литература:

1. Решение дискретных задач с помощью эволюционно-генетических алгоритмов : учеб. пособие для студентов ННГУ, обучающихся по направлению подготовки 010400 "Приклад. математика и

информатика" и специальности 230700 "Приклад. информатика" / Нижегородский государственный университет им. Н. И. Лобачевского. - Н. Новгород : Изд-во ННГУ, 2011. - 199 с. - ISBN 978-5-91326-119-9 : 692.19., 2 экз.

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

не требуется

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/специальности 09.03.03 - Прикладная информатика.

Автор(ы): Неймарк Елена Александровна, кандидат технических наук, доцент.

Заведующий кафедрой: Прилуцкий Михаил Хаимович, доктор технических наук.

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