

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ»
Обнинский институт атомной энергетики –
филиал федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования
«Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ»
(ИАТЭ НИЯУ МИФИ)

Одобрено на заседании УМС
ИАТЭ НИЯУ МИФИ Протокол
от 30.08.2022 № 2-8/2022

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

ЭВОЛЮЦИОННЫЕ АЛГОРИТМЫ

название дисциплины

для студентов специальности/направления подготовки

09.04.01 Информатика и вычислительная техника

специализация/профиль:

Большие данные и машинное обучение в задачах атомной энергетики

Форма обучения: очная

г. Обнинск 2020 г.

Программа составлена в соответствии с требованиями Федерального государственного образовательного стандарта высшего профессионального образования по направлению подготовки (специальности) 09.04.01 «Информатика и вычислительная техника».

Программу составил: _____ профессор, д.ф.-м.н. С.О. Старков
(ученое звание, степень, фамилия, инициалы)

Рецензент: _____ зав.каф. КСТ Калужского филиала МГТУ им. Н.Э.Баумана, канд. физ.-мат. наук И.В. Чухраев

Программа рассмотрена на заседании ОИКС
(протокол № _____ от «_____» _____ 20__ г.)

Руководитель направления подготовки
090401 «Информатика и
вычислительная техника»

_____ Старков С.О.

«_____» _____ 2019 г.

2. Место дисциплины в структуре ООП магистратуры

Дисциплина реализуется в рамках вариативной части.

Для освоения дисциплины необходимы компетенции, сформированные в рамках изучения следующих дисциплин: «Искусственные нейронные сети. Глубокое обучение», «Дополнительные главы теории вероятностей и методов математической статистики», «Обработка и статистический анализ больших данных», «Технологии программирования для Больших данных».

Дисциплина изучается на 2 курсе магистратуры в 3 семестре.

3. Объем дисциплины в зачетных единицах с указанием количества академических часов, выделенных на контактную работу обучающихся с преподавателем (по видам занятий) и на самостоятельную работу обучающихся

Общая трудоемкость (объем) дисциплины составляет 5 зачетных единиц (з.е.), 180 академических часов.

3.1. Объем дисциплины по видам учебных занятий (в часах)

Вид учебной работы	Всего часов	Семестры			
		3			
Аудиторные занятия (всего)	48	48			
<i>В том числе:</i>	-	-	-	-	-
Практические занятия	16	16			
Семинары	-	-			
Лабораторные работы	16	16			
<i>В том числе:</i>	-	-	-	-	-
интерактивные формы обучения (лекции)	16	16			
интерактивные формы обучения (практические занятия/семинары)	16	16			
Самостоятельная работа (всего)	96	96			
<i>В том числе:</i>	-	-	-	-	-
Учебный проект (работа)	-	-			
Расчетно-графические работы	-	-			
Реферат	-	-			
Вид промежуточной аттестации (зачет, экзамен)	Экзамен	Экзамен			
ОБЩАЯ ТРУДОЕМКОСТЬ					
час	180	180			
зач.ед.	5	5			

4. Содержание дисциплины, структурированное по темам (разделам) с указанием отведенного на них количества академических часов и видов учебных занятий

4.1. Разделы дисциплины и трудоемкость по видам учебных занятий (в академических часах)

Раздел, тема программы учебной дисциплины	Трудоемкость (час)			
	Всего	в том числе по видам учебных занятий		
		лекции	семинары, практические занятия	лабораторные занятия
1	2	3	4	5
Тема 1. Введение в генетические алгоритмы. Биологические аспекты и аналогии. Основы теории генетических алгоритмов	4	4	-	-
Тема 2. Генетические алгоритмы для задач комбинаторной оптимизации	4	2	-	16
Тема 3. Основные операторы генетических алгоритмов. Модификации генетических алгоритмов	8	6	-	16
Тема 4. Многокритериальная оптимизация на основе генетических алгоритмов	6	2	-	-
Тема 5. Роевые и муравьиные алгоритмы	6	2	-	-

Раздел, тема программы учебной дисциплины	Трудоемкость (час)			
	Всего	в том числе по видам учебных занятий		
		лекции	семинары, практические занятия	лабораторные занятия
1	2	3	4	5
Итого часов	48	16	16	16
<i>Аудиторных часов</i>	48	Формы рубежного (итогового) контроля знаний очной /заочной формы обучения – защита учебного, экзамен		
<i>Внеаудиторная самостоятельная работа</i>	96			
<i>Количество часов на выполнение учебного проекта</i>	-			
<i>Количество часов на подготовку</i>	8			

Раздел, тема программы учебной дисциплины	Трудоемкость (час)			
	Всего	в том числе по видам учебных занятий		
		лекции	семинары, практические занятия	лабораторные занятия
1	2	3	4	5
<i>к зачету/экзамену</i>				
Всего часов на освоение учебного материала	180			

4.2. Содержание дисциплины, структурированное по разделам (темам)

№ п/п	Наименование раздела	Содержание раздела
1.	Тема 1. Введение в генетические алгоритмы. Биологические аспекты и аналогии. Основы теории генетических алгоритмов	Генетика в биологии. Некоторые генетические биологические аспекты. Теория развития видов и ее основные положения. История вопроса. Простой генетический алгоритм. Генетические операторы. Репродукция. Оператор кроссинговера (скрещивания). Мутация. Представление вещественных решений в двоичной форме. Использование кода Грея в ГА. Фитнесс-функция. Фундаментальная теорема ГА. Влияние репродукции. Влияние кроссинговера.. Влияние мутации. Параметры генетических алгоритмов. Преимущества и недостатки генетических алгоритмов.
2.	Тема 2. Генетические алгоритмы для задач комбинаторной оптимизации	Задача о покрытии. Задача коммивояжера: Упорядоченное представление. Представление соседства. Представление путей. Матричное представление. Матрица смежности. Матрица предшествования Сокращение диагностической информации

№ п/п	Наименование раздела	Содержание раздела
3.	Тема 3. Основные операторы генетических алгоритмов. Модификации генетических алгоритмов .	Создание исходной популяции Отбор родителей (селекция) Операторы рекомбинации (скрещивания, кроссинговера) Оператор мутации Сокращение промежуточной популяции Асинхронные генетические алгоритмы Генетические микроалгоритмы Генетические алгоритмы с изменяемой мощностью популяции Гибридные генетические алгоритмы
4.	Тема 4. Многокритериальная оптимизация на основе генетических алгоритмов	Концепция доминирования Парето. Векторная оценка. Ранжирование по Парето. Метод взвешенной функции: Генетический алгоритм со случайными весами. Эволюционный алгоритм на основе "силы" Парето. Генетический алгоритм с адаптивными весами. Недоминируемый ГА на основе сортировки. Интерактивный ГА с адаптивными весами. Меры качества решений.

№ п/п	Наименование раздела	Содержание раздела
5.	Тема 5. Роевые и муравьиные алгоритмы	<p>Роевые алгоритмы</p> <p>Основной роевой алгоритм</p> <p>Локальный роевой алгоритм</p> <p>Основные аспекты роевых алгоритмов</p> <p>Основные параметры роевых алгоритмов</p> <p>Основные модификации РА</p> <p>Сравнение роевых и генетических алгоритмов</p> <p>Биологический прототип и простейшие модели</p> <p>Простой муравьиный алгоритм</p> <p>Муравьиная система</p> <p>Система муравьиных колоний</p> <p>Максиминная муравьиная система</p> <p>Antabu</p> <p>Ранговая МС</p> <p>Муравьи (ANTS)</p> <p>Параметры муравьиных алгоритмов</p> <p>Применение муравьиных алгоритмов</p>

Практические занятия (семинары)

Не предусмотрены.

Лабораторные занятия (как этапы выполнения учебных проектов)

№ п/п	№ раздела дисциплины	Наименование лабораторных работ	Трудо-емкость (час.)
1.	Тема 2. Генетические алгоритмы для задач комбинаторной оптимизации	<u>Лабораторная работа 1 .</u> Реализовать программное решение целочисленного диофантового уравнения (варианты уравнений индивидуальны) <u>Лабораторная работа 2 .</u> Реализовать оптимизационную задачу «Укладки» («Раскроя»)	16
2.	Тема 3. Основные операторы генетических алгоритмов. Модификации генетических алгоритмов	<u>Лабораторная работа 3.</u> Реализовать с использованием генетических алгоритмов решение задачи коммивояжера по индивидуальному заданию согласно номеру варианта <u>Лабораторная работа 4.</u> Использовать генетический алгоритм для обучения глубокой нейронной сети для распознавания текстовых рубрик (с использованием фрейворков на Python)	16

5. Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине

5.1. Основная литература:

1. Рутковская, Д. Нейронные сети, генетические алгоритмы и нечеткие системы / Д. Рутковская, М. Пилиньский, Л. Рутковский ; пер. с пол. И. Д. Рудинского. - Москва: Горячая линия - Телеком, 2007. – 452 с.
2. Дьяконов А. П. MATLAB 6.5 SP1/7/7 SP1/7 SP2+Simulink 5/6. Инструменты искусственного интеллекта и биоинформатики / Дьяконов А. П., Круглов В. В. – М.: СОЛОН-Пресс, 2006. – 456 с. Вороновский, Г.К. Генетические алгоритмы, искусственные нейронные сети и проблемы виртуальной реальности / Г.К. Вороновский, К.В. Махотило, С.Н. Петрашев, С.А. Сергеев. – Харьков: ОСНОВА, 1997. – 112 с.
3. Букатова И.Л., Эволюционное моделирование и его приложения. М.: Наука, 1979.
4. Букатова И.Л., Михеев Ю.И., Шаров А.М., Эвоинформатика: теория и практика эволюционного моделирования. М.: Наука. -1991.-206с.
5. 11. В.М.Курейчик. Генетические алгоритмы. Тагарог:Изд-во ТРТУ,1998.
6. 12. Гладков Л.А., Курейчик В.В., Курейчик В.М, Генетические алгоритмы. М.: Физматлит,2006.
7. 13. Курейчик В.В., Курейчик В.М., Родзин С.И. Теория эволюционных вычислений. М.: Физматлит,2013.
8. 14. Скобцов Ю.А. Основы эволюционных вычислений. Донецк: ДонНТУ, 2008.- 326с.
9. 15. Michalevich Z. Genetic Algorithms + data structures=Evolution Programs. Springer.-1999.
- 10.17. Deepa S.N., Sivanandam S.N. Introduction to genetic algorithms.
11. Berlin, Heidelberg: Springer- Verlag, 2008.

Дополнительная литература:

1. А.Б. Барский. Нейронные сети: распознавание, управление, принятие решений. – М.: Финансы и статистика, 2004. – 176 с.
2. Усков А. А. Интеллектуальные технологии управления. Искусственные нейронные сети и нечеткая логика / А. А. Усков, А. В. Кузьмин. - М.: Горячая линия - Телеком, 2004. – 143 с.
3. Галушкин А.И. Теория нейронных сетей. Кн.1: Учеб. пособие для вузов / Общая ред. А.И. Галушкина. – М.: ИПРЖР, 2000. – 416 с.
4. Исаев С.А. Популярно о генетических алгоритмах (<http://algotlist.manual.ru/ai/ga/ga1.php>).
5. <http://www.gotai.net/> - сайт по ИИ.
6. <http://neuronet.alo.ru/>

7. <http://www.neuroproject.ru/> – сайт компании, которая занимается разработкой программного обеспечения с использованием генетических алгоритмов и нейронных сетей.
8. Holland J. H. *Adaptation in natural and artificial systems. An introductory analysis with application to biology, control, and artificial intelligence.*— London: Bradford book edition, 1994 —211 p.
9. De Jong K.A. *An analysis of the behavior of a class of genetic adaptive systems.* Unpublished PhD thesis. University of Michigan, Ann Arbor, 1975. (Also University Microfilms No. 76-9381).
10. De Jong K.A., Spears W.M. *An Analysis of the Interacting Roles of Population Size and Crossover // Proceedings of the International Workshop «Parallel Problems Solving from Nature» (PPSN'90), 1990.*
11. De Jong K.A., Spears W.M. *A formal analysis of the role of multi-point crossover in genetic algorithms. // Annals of Mathematics and Artificial Intelligence, no. 5(1), 1992.*
12. Darrel Whitley *"A Genetic Algorithm Tutorial", 1993.*
13. Darrel Whitley, *A Genetic Algorithm Tutorial, Statistics and Computing (4), 1994.*
14. Darrel Whitley, *An Overview of Evolutionary Algorithms: Practical Issues and Common Pitfalls, Journal of Information and Software Technology, 2001.*
15. Mitchell M. *An Introduction to Genetic Algorithms.* Cambridge, MA: The MIT Press, 1996.
16. K. Deb, S. Agrawal, *Understanding Interactions Among Genetic Algorithm Parameters, 1998.*
17. Robin Biesbroek *"Genetic Algorithm Tutorial. 4.1 Mathematical foundations", 1999.*
18. Soraya Rana *"Examining the Role of Local Optima and Schema Processing in Genetic Search", 1999.*
19. David E. Goldberg, Kumara Sastry *"A Practical Schema Theorem for Genetic Algorithm Design and Tuning", 2001.*
20. Koza, John R. *Genetic programming: on the programming of computers by means of natural selection, A Bradford book, The MIT Press, London, 1992.*

5.3. Программное обеспечение

1. Образовательный портал «Кафедра онлайн» <http://x.obninsk.ru>
2. Инструмент Python–разработчика JetBrains PyCharm
3. Облачная платформа Google Cloud
4. Облачная платформа Google App Engine

5.4. Электронные ресурсы:

1. Образовательный портал «Кафедра онлайн»: <http://vt.obninsk.ru>.
2. Компонент «Облачный кабинет» образовательного портала «Кафедра онлайн»: <http://vt.obninsk.ru/cloud/>.

Материалы учебно-методического комплекса дисциплины в полном объеме доступны на образовательном портале «Кафедра онлайн».

6. Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине

6.1. Паспорт фонда оценочных средств по дисциплине

№ п/п	Контролируемые модули, разделы (темы) дисциплины	Код контролируемой компетенции (или ее части)	Наименование оценочного средства
1	Темы 1-8.	ПК-1 СПК-1	Лабораторный практикум. Самостоятельная работа, экзамен.

Примеры заданий (контрольных вопросов) для оценки качества освоения дисциплины, уровня учебных достижений

Вопросы для самоконтроля:

1. Назовите целесообразные области применения метода генетических алгоритмов.
2. Поясните, почему для кодирования информации использован код Грея.
3. Перечислите основные генетические операции.
4. Поясните понятие «приспособленность».
5. Поясните, как определить длину хромосомы в битах.
6. При решении каких задач комбинаторной оптимизации может быть использован простой ГА с двоичным кодированием хромосом?
7. Какие модификации необходимы для эффективного использования простого ГА для решения задачи укладки рюкзака?
8. Какие виды штрафных функций могут быть использованы в фитнес-функции при решении задачи укладки рюкзака?
9. Выполните программную реализацию простого ГА на одном из языков программирования для решения задачи укладки рюкзака с введением в фитнес-функцию штрафной функции. Исследуйте эффективность ГА в зависимости от вида штрафной функции.

10. В чем суть алгоритма восстановления при решении задачи укладки рюкзака?
11. Выполните программную реализацию простого ГА на одном из языков программирования для решения задачи укладки рюкзака с использованием алгоритма восстановления.
12. Выполните программную реализацию простого ГА на одном из языков программирования для решения задачи укладки рюкзака с использованием алгоритма декодирования.
13. Как может быть использован простой ГА с двоичным кодированием хромосом для решения задачи о покрытии?
14. Почему неэффективно двоичное кодирование хромосомы при решении задачи коммивояжера?
15. Опишите основные виды недвоичного представления хромосомы для задачи коммивояжера.
16. Опишите "представление соседства" и проблемно-ориентированные операторы кроссинговера: обмен ребер, обмен туров, эвристический кроссинговер.
17. Как может быть выполнен оператор мутации на представлении соседства?
18. Опишите "упорядоченное представление" и укажите какой тип оператора кроссинговера может на нем использоваться.
19. Опишите "представление путей" и проблемно-ориентированные операторы кроссинговера: частично соответствующей ОК (PMX), упорядоченный ОК (OX), циклический ОК (CX).
20. Какие двоичные матрицы можно использовать для представления тура?
21. Опишите соответствующие операторы кроссинговера для матрицы смежности.
22. Какие методы применяются для генерации начальной популяции?
23. Какая информация используется при отборе родителей?
24. Какие недостатки имеет "метод рулетки"?
25. Чем отличается ранжирование от пропорционального отбора?
26. Что такое локальный отбор?
27. Опишите метод турнирного отбора.
28. Как используется метод Больцмана при отборе особей?
29. Опишите методы отбора пар для скрещивания.
30. Что такое неявные методы отбора?
31. Опишите двоичную рекомбинацию.
32. Чем отличается многоточечный кроссинговер от классического?
33. Что такое однородный кроссинговер?
34. Чем отличается рекомбинация действительных чисел от классического кроссинговера?
35. Что такое дискретная рекомбинация?

36. Опишите промежуточную рекомбинацию.
37. Чем отличается линейная рекомбинация от промежуточной?
38. Что такое инверсия?
39. Как выполняется мутация над вещественными числами?
40. Чем отличается неоднородная мутация от обычной?
41. Какие существуют методы сокращения популяции?
42. В каких случаях целесообразно применять генетический микроалгоритм?
43. Опишите нестационарный ГА.
44. Чем заменяется отбор родителей в нестационарном ГА?
45. Какие методы определения сроков жизни вы знаете?
46. Что такое ниши в ГА?
47. Чем эволюция Ламарка отличается от эволюции Дарвина?
48. Опишите гибридный ГА на основе эволюции Ламарка.
49. В чем заключается адаптация в ГА?
50. Как изменяются вероятности кроссинговера и мутации при адаптации?
51. Какие виды адаптации ГА вы знаете?
52. Как можно выполнить адаптацию числа особей популяции?
53. Как представляется потенциальное решение в РА?
54. Как производится коррекция скорости частицы?
55. Что такое когнитивная составляющая?
56. Что такое социальная составляющая?
57. Опишите глобальный РА.
58. Чем отличаются глобальный и локальный РА?
59. Какие используются социальные структуры?
60. Опишите локальный РА.
61. Как представляется потенциальное решение задачи в МА?
62. Опишите простой МА.

6.3. Индивидуальные задания для реализации лабораторных работ по дисциплине

Лабораторная работа 1 .

Реализовать программно решение целочисленного диофантового уравнения (варианты уравнений индивидуальны).

Лабораторная работа 2 .

Реализовать оптимизационную задачу «Укладки» («Раскрой»)

Лабораторная работа 3.

Реализовать с использованием генетических алгоритмов решение задачи коммивояжера по индивидуальному заданию согласно номеру варианта

Лабораторная работа 4.

Использовать генетический алгоритм для обучения глубокой нейронной сети для распознавания текстовых рубрик (с использованием фрейворков на Python)

6.4. Критерии оценивания компетенций (результатов):

Успешно освоившими дисциплину считаются студенты, отчитавшиеся по всем формам контроля (два ИДЗ, контрольная работа). Общая оценка за экзамен складывается из баллов за две точки промежуточного контроля в течение семестра и баллов итогового контроля в соответствии с университетской системой рейтингового контроля.

Описание шкалы оценивания:

За успешное выполнение ИДЗ студент получает в соответствии с рейтинговой системой до 30 баллов. Максимальная оценка достигается при полном выполнении задания с демонстрацией работающей программы и контрольными тестами работоспособности самой программы, а также при наличии письменного отчета по работе.

Подробный ответ на вопросы КР на каждый вопрос (всего три вопроса в билете) оценивается в 10% . Дополнительные баллы до 10% выставляются за активность на лекциях и семинарах.

Полученные проценты проставляются в рейтинг. Максимальная оценка составляет 100 баллов.

7. Описание материально-технической базы, необходимой для осуществления образовательного процесса по дисциплине

Специализированные компьютерные классы, ауд. 2-510, 2-521 аудиторного фонда ИАТЭ НИЯУ МИФИ.

20 компьютеризованных рабочих мест в ауд. 2-521 ИАТЭ НИЯУ МИФИ.

8. Иные сведения и (или) материалы

9. Формы организации самостоятельной работы обучающихся (темы, выносимые для самостоятельного изучения; вопросы для самоконтроля; типовые задания для самопроверки)

Список вопросов для самостоятельной работы

1. Эволюционное моделирование и генетические алгоритмы
2. Моделирование искусственной жизни
3. Игровые автоматы на основе эволюционных моделей
4. ГА для обучения нейронных сетей
5. Программные библиотеки, реализующие ГА