МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Акционерное общество «Научно-производственное предприятие «Радар ммс»

УТВЕРЖДАЮ
Заместитель генерального конструктора по
программно-целевому развитию,
директор научно-образовательного комплекса,
д.т.н., профессор

_____ В.М. Балашов

«14» ____01_____ 2019 г.

Утверждена решением НТС
№ 01-02/19 от 24.01.2019 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАМА ДИСЦИПЛИНЫ

МЯГКИЕ И ГИБРИДНЫЕ ВЫЧИСЛЕНИЯ

Укрупненная группа направлений подготовки и специальностей:	09.00.00 Информатика и вычислительная техника
Направление подготовки:	09.06.01 Информатика и вычислительная техника
Направленность:	Системный анализ, управление и обработка информации
Уровень высшего образования:	Подготовка научно-педагогических кадров высшей квалификации в аспирантуре
Квалификация:	Исследователь. Преподаватель-исследователь
Форма обучения:	Очная

СПб, 2019 г.

Аннотация

Дисциплина «Мягкие и гибридные вычисления» является обязательной дисциплиной вариативной части Блока 1 программы подготовки аспирантов по направлению 09.06.01 - Информатика и вычислительная техника. Дисциплина реализуется центром подготовки кадров высшей квалификации - аспирантурой АО «Научно-производственное предприятие «Радар ммс».

Дисциплина нацелена на формирование следующих компетенций аспиранта:

универсальных компетенций:

- *готовность участвовать в работе российских исследовательских коллективов по решению научных и научно-образовательных задач* ***(УК-3).***

общепрофессиональных компетенций:

- *владение культурой научного исследования, в том числе и с использованием новейших информационно-коммуникационных технологий* ***(ОПК-2)***;

- *способность к разработке новых методов исследования и их применению в самостоятельной научно-исследовательской деятельности в области профессиональной деятельности* ***(ОПК-3).***

профессиональных компетенций:

- *способность применять перспективные методы исследования и решения профессиональных задач на основе знания мировых тенденций развития методов системного анализа и обработки информации* ***(ПК-1)***;

- *способность составлять математические модели, выбирать методы и разрабатывать алгоритмы решения задач управления и обработки информации* ***(ПК-4)***;

- *способность анализировать результаты теоретических и экспериментальных исследований, разрабатывать задания и проектировать системы обработки информации* ***(ПК-5)***.

Содержание дисциплины охватывает круг вопросов, связанных с формированием знаний в области проектирования современных интеллектуальных систем обработки разного рода информации, основанных на «мягких вычислениях».

Преподавание дисциплины предусматривает следующие формы организации учебного процесса: *лекции, лабораторные работы, самостоятельная работа аспиранта.*

Программой дисциплины предусмотрены следующие виды контроля: текущий контроль успеваемости в форме приема отчетов по лабораторным работам, тестирования по окончании изучения разделов и промежуточный контроль в форме дифференцированного зачета.

Общая трудоемкость освоения дисциплины составляет 4 зачетных единицы, 144 часа.

Программой дисциплины предусмотрены 72 лекционных часа, 40 часов лабораторных занятий, 32 часа самостоятельной работы аспиранта.

1. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине

1.1 Цели и задачи освоения дисциплины

Целью освоения дисциплины является ознакомление аспирантов с методами вычислительного интеллекта - мягкими и гибридными вычислениями, включающими нечеткие системы, нейронные сети и генетические алгоритмы, способы построения экспертных систем и извлечения экспертных знаний.

Для достижения поставленной цели выделяются следующие задачи дисциплины:

- знакомство с современными направлениями проектирования систем интеллектуального управления;
- изучение теоретических (математических) основ «мягких вычислений»;
- изучение моделей представления неопределенных знаний;
- изучение современных нейросетевых технологий и эволюционных вычислений;
- освоение методов проектирования мягких систем;
- изучение методов построения баз знаний, экспертных систем и извлечения знаний.

1.2 Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с планируемыми результатами освоения ООП

В результате освоения дисциплины аспирант должен:

Знать: *современные методы и подходы мягких и гибридных вычислений как основы вычислительного интеллекта, способы их применения для решения практических задач управления в технических системах:*

- основные понятия и базовый математический аппарат нечеткой логики и построения нечетких систем;
- основные понятия и принципы работы искусственных нейронных сетей;
- основные разновидности эволюционных алгоритмов;
- способы гибридизации методов вычислительного интеллекта с использованием традиционных методов оптимизации и распознавания образов;
- примеры применения методов вычислительного интеллекта для решения задач управления в технических системах
- методы построения экспертных систем.

Уметь: *ставить задачу и разрабатывать алгоритм ее решения с использованием*

методов мягких и гибридных вычислений, проводить анализ научных литературных источников, осуществлять анализ полученных решений:

- выполнять грамотную постановку задач, возникающих в практической деятельности, для их решения с помощью методов вычислительного интеллекта;
- проводить анализ задачи для выбора наилучшего гибридного метода, подходящего для конкретной задачи;
- проводить анализ работы методов мягких вычислений с выявлением их сильных и слабых сторон;
- проводить анализ настройки параметров нейронных сетей, эволюционных алгоритмов и нечетких методов;

Владеть: *технологией применения методов мягких и гибридных вычислений для решения практических задач, навыками создания и тестирования искусственных нейронных сетей, эволюционных алгоритмов и нечетких методов на одном из языков программирования высокого уровня.*

Результат обучения: по окончанию изучения дисциплины аспирант должен **уметь** выполнять комплексные инженерные проекты по созданию базовых и прикладных информационных технологий и средств их реализации (информационных, методических, математических, алгоритмических, технических и программных).

В процессе освоения дисциплины у аспирантов должны сформироваться следующие **компетенции**:

универсальные:

- *готовность участвовать в работе российских исследовательских коллективов по решению научных и научно-образовательных задач* ***(УК-3).***

общепрофессиональные:

- *владение культурой научного исследования, в том числе и с использованием новейших информационно-коммуникационных технологий* ***(ОПК-2)***;
- *способность к разработке новых методов исследования и их применению в самостоятельной научно-исследовательской деятельности в области профессиональной деятельности* ***(ОПК-3).***

профессиональные:

- *способность применять перспективные методы исследования и решения профессиональных задач на основе знания мировых тенденций развития методов системного анализа и обработки информации* ***(ПК-1)****;*
- *способность составлять математические модели, выбирать методы и разрабатывать алгоритмы решения задач управления и обработки информации* ***(ПК-4)****;*

- *способность анализировать результаты теоретических и экспериментальных исследований, разрабатывать задания и проектировать системы обработки информации* ***(ПК-5)***.

В результате освоения дисциплины аспирант осваивает следующие профессиональные компетенции **(Таблица 1).**

Таблица 1. Профессиональные компетенции, приобретаемые при изучении дисциплины

Компетенция	**Код**	**Основные признаки освоения (показатели достижения результата)**	**Формы и методы обучения, способствующие формированию и развитию компетенции**
Способность применять перспективные методы исследования и решения профессиональных задач на основе знания мировых тенденций развития методов системного анализа и обработки информации	**ПК-1**	**Знает** теорию нечеткого представления информации. Способен разработать нечеткий регулятор, системы нечеткого управления в технических системах. **Знает** задачи и алгоритмы нейронных сетей и эволюционных вычислений, область применения и эффективность однослойной и многослойной нейронной сети. **Знает** историю создания и современный опыт развития экспертных систем	Лекции, лабораторные работы, самостоятельная работа
Способность составлять математические модели, выбирать методы и разрабатывать алгоритмы решения задач управления и обработки информации	**ПК-4**	**Владеет** моделями представления нечеткой информации, методами нечеткого вывода, способен разрабатывать системы принятия решений, использующих методы нечеткой логики, нейросетевых технологий и гибридные сети с архитектурой ANFIS.	Лекции, лабораторные работы, самостоятельная работа
Способность анализировать результаты теоретических и экспериментальных исследований, разрабатывать задания и проектировать системы обработки информации	**ПК-5**	**Владеет** навыками работы с пакетами автоматизации процедур «мягких вычислений». Используя эти средства, способен разрабатывать алгоритмическое и программное обеспечение для нечетких моделей управления, систем прогнозирования, принятия решений и экспертных систем.	Лекции, лабораторные работы, самостоятельная работа

2. Место дисциплины в структуре ООП.

Дисциплина «Мягкие и гибридные вычисления» является обязательной дисциплиной вариативной части Блока 1 программы подготовки аспирантов по направлению 09.06.01 - Информатика и вычислительная техника, направленность - Системный анализ, управление и обработка информации.

Для её успешного усвоения необходимы знания базовых понятий математического анализа, линсйной алгебры и аналитической геометрии, дискретной математики, математи-

ческой логики, информатики, программирования, вычислительной математики, теории вероятностей, математической статистики, теории оптимизации, систем искусственного интеллекта.

Компетенции, полученные при изучении материала данной дисциплины, направлены на использование при разработке и применению методов вычислительного интеллекта, способам создания гибридных подходов и методам анализа результатов работы алгоритмов и программ и умения применять полученные знания для решения практических задач из области анализа данных, оптимизации и принятия решений.

3. Объем дисциплины

Данные об общем объеме дисциплины, трудоемкости отдельных видов учебной работы по дисциплине (распределение этих трудоемкостей по семестрам) представлены в **Таблице 2.**

Таблица 2. Объем дисциплины и виды учебной работы

Вид учебной работы	**Направление 09.06.01, форма обучения - очная**		
	Всего	**Трудоемкость по семестрам**	
		6 семестр	**7 семестр**
Общая трудоемкость дисциплины, ЗЕ/(час)	**4/144**	2/72	2/72
Аудиторные занятия, всего час.			
в том числе:			
Лекции (Л), (час)	**72**	42	30
Лабораторные работы (ЛР), (час)	**40**	12	28
Самостоятельная работа, всего (час)	**32**	18	14
Вид итогового контроля: зачет, дифференцированный зачет		зачет	дифференцированный зачет

4. Содержание разделов дисциплины

4.1 Содержание разделов дисциплины

1. Нечеткие системы. Модели и методы принятия решений при нечеткой информации. Лингвистическая переменная. Нечеткие множества. Функция принадлежности. Основные определения и операции над нечеткими множествами. Основные операции и отношения нечеткой логики. Схема приближенного логического вывода, задача интерполяции. Алгоритмы нечеткого вывода Мамдани и Сугено. Нечеткие базы данных. Вычисления символьных переменных. Сравнение нечетких и вероятностных систем. Нечеткое моделирование. Задачи математического программирования при нечетких исходных условиях. Модификация нечеткой импликации для практических применений. Комбинирование условий. Накопление результатов и дефазификация. Агрегация результатов нескольких правил. Введение в задачу нечеткого управления. Задача оптимизации на нечетком множестве допустимых условий. Задача достижения нечетко определенной цели. Нечеткое

математическое программирование с нечетким отображением. Постановки задач на основе различных принципов оптимальности. Принятие решений при нечетком отношении предпочтений на множестве альтернатив. Принятие решений при нескольких отношениях предпочтения.

2. Искусственные нейронные сети. Искусственные нейронные сети (ИНС). Обучающиеся и самообучающиеся ИНС. Биологический и формальный нейрон. Архитектура нейронных сетей. Классификация нейронных сетей. Основные принципы обучения нейронных сетей. Персептрон и многослойная нейронная сеть. Переобучение сети. Способы вычисления выходного сигнала ИНС. Нейронные сети с обратными связями. Сети Хопфилда. Карты Кохонена. Радиально-базисные нейронные сети. Сети регрессии, вероятностные нейронные сети. Многослойные нелинейные нейронные сети. Алгоритм обратного распространения ошибки. Эффективность аппарата нейросетей. Общие сведения о применении нейронных сетей для решения задач классификации, аппроксимации, моделирования и управления. Обработка сигналов с помощью ИНС. Распознавание сигналов и образов объектов с помощью ИНС. Особенности практического применения нейронных сетей.

3. Эволюционные алгоритмы. Эволюционный алгоритм. Виды эволюционных алгоритмов. Функция приспособленности. Целочисленное и вещественное кодирование информации. Основные операторы эволюционного поиска и их разновидности. Применение эволюционных алгоритмов для решения оптимизационных задач. Параметры и адаптация параметров. Теорема об отсутствии бесплатных обедов. Эволюционные стратегии. Алгоритмы оценки распределений. Системы классификаторов. Генетическое программирование. Алгоритм дифференциальной эволюции. Особенности практического применения эволюционных вычислений.

4. Гибридные методы. Нейроэволюционные алгоритмы. Нечеткие нейронные сети. Преимущества аппарата нечетких нейронных сетей. Понятие нечеткой нейросети. Структуры гибридных систем. Нечеткий нейронный контроллер. Алгоритмы обучения для нечеткой нейронной сети контроллера. Нечеткие нейронные сети с генетической настройкой. Определение нечеткой системы с генетической настройкой. Нечеткое управление генетической системой. Системы генетического проектирования нечетких нейронных систем.

5. Принятие решений и экспертные системы. Решение задач классификации, аппроксимации, кластеризации, управления. Открытые библиотеки и программы для методов вычислительного интеллекта. Постановка задач принятия решений. Классификация задач

принятия решений. Этапы решения задач.

Экспертные процедуры. Задачи оценивания. Алгоритм экспертизы. Методы получения экспертной информации. Шкалы измерений, методы экспертных измерений. Методы опроса экспертов, характеристики экспертов. Методы обработки экспертной информации, оценка компетентности экспертов, оценка согласованности мнений экспертов.

Мягкая экспертная система. Мягкая экспертная система проектирования стендов контроля радиоэлектронной аппаратуры.

4.2 Структура дисциплины по разделам и формам организации обучения

Таблица 3. Распределение трудоемкости дисциплины по разделам и видам занятий

Название раздела/темы	**Аудиторная работа (час)**		**СРА (час)**	**Итого**
	Лекции	**Лаб. зан.**		
1.Нечеткие системы	18	12	8	**38**
2.Искусственные нейронные сети	18	6	6	**30**
3.Эволюционные алгоритмы	12	6	6	**24**
4.Гибридные методы	14	12	6	**32**
5.Принятие решений и экспертные системы	10	4	6	**20**
Итого	**72**	**40**	**32**	**144**

4.3 Практических и семинарских занятий не предусмотрено.

4.4 Лабораторные занятия.

Тематика лабораторных занятий и их трудоемкость приведены в **Таблице 4.**

Таблица 4. Лабораторные занятия и их трудоемкость

№ п/п	**Наименование лабораторных работ**	**Трудоемкость, (час)**	**Номер раздела дисциплины**
Семестр 6			
1	Нечеткие множества и операции над ними	4	1. Нечеткие системы
2	Проектирование нечетких систем Мамдани и Сугэно	4	1. Нечеткие системы
3	Нечеткая кластеризация	4	1. Нечеткие системы
Семестр 7			
4	Изучение свойств линейного нейрона и линейной нейронной сети	**2**	2. Искусственные нейронные сети

№ п/п	Наименование лабораторных работ	Трудоемкость, (час)	Номер раздела дисциплины
5	Изучение многослойного нелинейного перцептрона и алгоритма обратного распространения ошибки	2	2. Искусственные нейронные сети
6	Изучение радиальных базисных, вероятностных нейронных сетей, сетей регрессии	2	2. Искусственные нейронные сети
7	Основные элементарные функции генетических вычислений	2	3.Эволюционные алгоритмы
8	Интегральные функции генетических вычислений	2	3.Эволюционные алгоритмы
9	Прикладные оптимизационные задачи	2	3.Эволюционные алгоритмы
10	Базовые функции проектирования гибридных систем	4	4. Гибридные методы
11	Интегральные функции реализации нечеткой нейронной сети	4	4. Гибридные методы
12	Задачи разработки инструментария гибридных систем	8	4. Гибридные методы
	Итого:	**40**	

4.5 Курсовое проектирование не предусмотрено.

4.6 Самостоятельная работа аспирантов

Тематика и трудоемкость самостоятельной работы аспирантов представлены в **Таблице 5**.

Таблица 5. Самостоятельная работа аспирантов

Вид самостоятельной работы	Всего (час)	Семестр 6 (час)	Семестр 7 (час)
Изучение теоретического материала дисциплины	**14**	8	6
Подготовка к текущему контролю	**8**	4	4
Отчеты по лабораторным работам	**10**	2	8

Содержание самостоятельной работы студентов по дисциплине:

- Применение нейронных сетей для обработки изображений;
- Применение нейронных сетей для распознавания речи;
- Применение нечеткой логики для анализа текстов;
- Применение нечеткой логики для решения задач классификации и распознавания образов;
- Математические модели эволюционных алгоритмов и операторов;

- Эволюционная стратегия с адаптацией матрицы ковариации;
- Нейронные сети и нелинейная динамика;
- Теория адаптивного резонанса;
- Глубокое обучение (deep learning);
- Коэволюционная оптимизация;
- Параллельная реализация эволюционных алгоритмов;
- Нечеткие системы управления;
- Нечеткая кластеризация;
- Методы многокритериальной оценки альтернатив.
- Методы нормализации критериев;
- Характеристики приоритета критериев;
- Постулируемые принципы оптимальности (равномерности, справедливой уступки, главного критерия, лексикографический);
- Методы аппроксимации функции полезности;
- Деревья решений. Методы компенсации. Методы аналитической иерархии. Методы порогов несравнимости. Диалоговые методы принятия решений. Качественные методы принятия решений (вербальный анализ);
- Принятие решений в условиях неопределенности. Статистические модели принятия решений. Методы глобального критерия.

5. Фонд оценочных средств для проведения аттестации обучающихся по дисциплине

В зависимости от видов промежуточной аттестации при изучении дисциплины предусматриваются следующие перечни оценочных средств, приведенных в **Таблице 6.**

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

Вид промежуточной аттестации	Перечень оценочных средств
Дифференцированный зачёт	Список вопросов. Лабораторные работы
Зачет	Список вопросов. Тесты. Лабораторные работы

Примерный перечень вопросов к зачету

1. Теория нечетких множеств. Нечеткое множество. Способы представления нечетких множеств.
2. Методы построения функций принадлежности нечётких множеств.
3. Логические операции над нечёткими множествами.
4. Алгебраические операции над нечёткими множествами.
5. Нечёткая и лингвистическая переменные.
6. Нечёткие числа.
7. Операции над нечёткими числами.
8. Нечёткие числа (L-R)-типа.
9. Нечёткие отношения.
10. Нечёткие выводы.
11. Алгоритм Mamdani.
12. Алгоритм Tsukamoto.
13. Алгоритм Sugeno.
14. Алгоритм Larsen.
15. Упрощённый алгоритм нечёткого вывода.
16. Методы приведения к чёткости.
17. Нисходящие нечёткие выводы.
18. Нечёткий регулятор.
19. Эффективность систем принятия решений, использующих методы нечёткой логики.
20. Построение нечеткой модели предметной области.

Примерный перечень вопросов к дифференцированному зачету:

1. Алгоритмы обучения: однослойной нейронной сети, по дельта правилу, однослойных НС с нелинейной функцией активации, алгоритм «победитель получает все».
2. Радиально-базисные сети. Сети регрессии. Вероятностные НС.
3. Многослойные нелинейные нейронные сети.
4. Решение задачи распознавания изображений с помощью нейронной сети.
5. Достоинства и недостатки нейронных сетей. Алгоритм прямого распространения.
6. Алгоритм обратного распространения ошибки.
7. Задача многофакторной оптимизации и нейронные сети.
8. Стандартный генетический алгоритм.

9. Вычислительная эффективность применения генетического алгоритма.
10. Разновидности генетических алгоритмов.
11. Решение задачи поиска кратчайшего пути с помощью генетических алгоритмов.
12. Эволюционная стратегия.
13. Генетическое программирование.
14. Обучение нейрона с помощью генетических алгоритмов.
15. Эволюционный алгоритм.
16. Кластерный анализ.
17. Постановка задач принятия решений.
18. Классификация систем поддержки принятия решений.
19. Этапы решения задач.
20. Экспертные процедуры. Задачи оценивания. Алгоритм экспертизы.
21. Основные этапы разработки экспертных систем. Трудоемкость этапов разработки экспертных систем.
22. Методы получения экспертной информации. Шкалы измерений, методы экспертных измерений. Методы опроса экспертов, характеристики экспертов.
23. Диалоговая компонента экспертной системы.

6. Перечень основной и дополнительной литературы

Основная литература (локальная сеть Предприятия)

1. Ярушкина Н.Г. Прикладные интеллектуальные системы, основанные на мягких вычислениях. - М., Финансы и статистика, 2009, -319 с.
2. ЯхъяеваГ.Э. Нечеткие множества и нейронные сети. - М.: Интернет-Университет Информационных технологий, 2008. - 316 с.
3. Круглов В.В., Дли М.И., Голунов Р.Ю. Нечеткая логика и искусственные нейронные сети. -М.: Издательство Физико-математической литературы, 2001. – 224 с.
4. Штовба С.Д. Проектирование нечетких систем средствами MATLAB. .- М.: Горячая линия - Телеком, 2007. - 288 с.
5. Леоненков А.В. Нечёткое моделирование в среде MATLAB и fuzzyTECH. - СПб.: БХВ-Петербург, 2003.
6. Прикладные нечёткие системы / Под ред. Т. Тэрано, К. Асаи, М. Сугэно. - М.: Мир, 1993. - 368 с.

Дополнительная литература (локальная сеть Предприятия)

1. Рассел С., Норвиг П. Искусственный интеллект: современный подход. - М.: Издательский дом «Вильямс», 2006.- 1408 с.

2. Борисов В.В., Круглов В.В., Федулов А.С. Нечеткие модели и сети. - М.: Горячая линия - Телеком, 2007. - 284 с.

3. Галушкин А. И. Нейронные сети. Основы теории. -М: Горячая Линия - Телеком, 2010. -496 с.

4. Барский А.Б. Логические нейронные сети. - М.: Интернет-Университет Информационных технологий, 2007. - 352 с.

5. Матвеев М.Г. Модели и методы искусственного интеллекта. Применение в экономике. - М.: Финансы и статистика; ИНФРА-М, 2008. - 448 с.

7. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети ИНТЕРНЕТ, необходимых для освоения дисциплины

1. Neural Computati on Journal. http://www.mitpressiournals.org/loi/neco.
2. Evolutionary Computation Journal. http://www.mitpressiournals.org/loi/evco.
3. Электронный журнал «Нейроинформатика». http://www.niisi.ru/iont/ni/Journal/.
4. Электронный журнал «Нечеткие системы и мягкие вычисления». http://fuzzy.tversu.ru/.
5. Neural Networks Research Group. http://nn.cs.utexas.edu/
6. Evolutionary Complexity Research Group (EPlex): http://eplex.cs.ucf.edu/
7. Российская ассоциация нейроинформатики: http://ni.iont.ru/
8. Российская ассоциация искусственного интеллекта: http://www.raai.org/

8. Материально-техническая база, необходимая для осуществления образовательного процесса по дисциплине

1) Предметная аудитория, оснащена мультимедийным проектором и экраном, ПК преподавателя - 1 шт.

2) Персональные компьютеры (15 шт.), локальная сеть, компьютер с выходом в Интернет - 1 шт.

3) Microsoft Windows (№ СТР - 20/01/10 от 20.01.2010)

4) Microsoft Office (№ СТР 20/01/10 от 20.01.2010)

5) Microsoft Visio (№ СТР 20/01/10 от 20.01.2010)