

Федеральное государственное бюджетное учреждение науки
Институт проблем машиноведения
Российской академии наук
(ИПМаш РАН)

Одобрено на Ученом совете
ИПМаш РАН
Протокол № 10/22
«13» декабря 2022 г.



УТВЕРЖДАЮ

Директор ИПМаш РАН, д.т.н.

В.А. Полянский
«13» декабря 2022 г.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА
УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ
«ВВЕДЕНИЕ В КИБЕРНЕТИКУ И ИСКУССТВЕННЫЙ ИНТЕЛЛЕКТ»**

Образовательная программа

«МАТЕМАТИЧЕСКАЯ РОБОТОТЕХНИКА И ИСКУССТВЕННЫЙ ИНТЕЛЛЕКТ»

Научные специальности:

- 1.2.1. Искусственный интеллект и машинное обучение
- 2.3.1. Системный анализ, управление и обработка информации, статистика
- 2.2.11. Информационно-измерительные и управляющие системы
- 2.5.4. Роботы, мехатроника и робототехнические системы

Программу разработал: д.т.н., профессор А.Л. Фрадков

Форма обучения:

очная

Санкт-Петербург

2022

АННОТАЦИЯ

«Введение в кибернетику и искусственный интеллект» реализуется в рамках элективной (обязательной) дисциплины основной профессиональной образовательной программы высшего образования – программы подготовки научных и научно-педагогических кадров в аспирантуре Федерального государственного бюджетного учреждения науки Института проблем машиноведения Российской академии наук (ИПМаш РАН) для аспирантов очной формы обучения по образовательной программе «Математическая робототехника и искусственный интеллект», научные специальности: 1.2.1. Искусственный интеллект и машинное обучение; 2.3.1. Системный анализ, управление и обработка информации, статистика; 2.2.11. Информационно-измерительные и управляющие системы; 2.5.4. Роботы, мехатроника и робототехнические системы.

Рабочая программа разработана в соответствии с «Положением о подготовке научных и научно-педагогических кадров в аспирантуре (адъюнктуре)» (утверждено Постановлением Правительства Российской Федерации от 30.11.2021 № 2122) и «Федеральными государственными требованиями к структуре программ подготовки научных и научно-педагогических кадров в аспирантуре, условиям их реализации, срокам освоения этих программ с учетом различных форм обучения, образовательных технологий и особенностей отдельных категорий аспирантов» (утверждены приказом Министерства науки и высшего образования Российской Федерации 20.10.2021 № 951), и учебным планом программы подготовки научных и научно-педагогических кадров в аспирантуре по образовательной программе «Математическая робототехника и искусственный интеллект» по научным специальностям: 1.2.1. Искусственный интеллект и машинное обучение; 2.3.1. Системный анализ, управление и обработка информации, статистика; 2.2.11. Информационно-измерительные и управляющие системы; 2.5.4. Роботы, мехатроника и робототехнические системы.

Программа дисциплины «Введение в кибернетику и искусственный интеллект» по учебному плану предусматривает: лекции; практические (семинарские) занятия, в том числе аудиторные занятия в интерактивной форме; самостоятельную работу, в том числе творческую проблемно-ориентированную самостоятельную работу. Текущая аттестация проводится в соответствии с заданиями и формами контроля, предусмотренными настоящей программой. Промежуточная аттестация осуществляется в период зачетно-экзаменационной сессии в форме зачёта. Зачет проводится в 3-ем семестре.

Дисциплина «Введение в кибернетику и искусственный интеллект» реализуется на втором курсе.

1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ДИСЦИПЛИНЫ

Цель изучения дисциплины «Введение в кибернетику и искусственный интеллект» - обеспечить широту профессиональной подготовки аспирантов и сформировать

представление об актуальных прикладных проблемах в области математики и компьютерных наук.

Дисциплина рассчитана на аспирантов, изучавших алгебру, математический анализ, функциональный анализ, дифференциальные уравнения, теорию вероятностей, а также основные дисциплины по компьютерным наукам программы «Математика и компьютерные науки».

Курс «Введение в кибернетику и искусственный интеллект» формирует у аспиранта следующие навыки:

- Знает роль и значение фундаментальной математики в развитии кибернетики и искусственного интеллекта на основных этапах истории их развития.
- Способен раскрыть генетическую и концептуальную связь между фундаментальной математикой, с одной стороны, и исследованиями в области кибернетики и искусственного интеллекта, с другой стороны, и использовать эти знания в профессиональной деятельности.
- Знает историю эволюции основных принципов кибернетики и искусственного интеллекта и основные итоги эволюции в эру информационных технологий. Умеет применять знания эволюционного развития и текущего состояния этих областей при выборе подходов к решению проблемы.
- Имеет представление о основных результатах математических и естественных наук, а также методах программирования и информационных технологиях, применяемых в исследованиях по кибернетике и искусственному интеллекту. Умеет аргументировать используемые подходы.
- Знает основные подходы к математическому моделированию и исследованию модели, применяемые в области кибернетики и искусственного интеллекта. Умеет выбирать подход к моделированию и исследованию, адекватный поставленной задаче.
- Имеет начальное представление о базовых современных методах разработки и реализации основных алгоритмов, применяемых в области кибернетики и искусственного интеллекта, а также о некоторых опорных пакетах соответствующих программ. Умеет выбирать и применять методы разработки алгоритмов и пакеты программ.

2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОПОП

2.1. Учебная дисциплина «Введение в кибернетику и искусственный интеллект» входит в элективную (обязательную) часть ОП «Математическая робототехника и искусственный интеллект» по направлению подготовки научных и научно-педагогических кадров в аспирантуре по научным специальностям, реализуемым ИПМаш РАН.

2.2. Для изучения данной дисциплины необходимы знания, умения и навыки в области математики, сформированные у обучающихся в процессе освоения программы в магистратуре или специалитете.

2.3. Дисциплина «Введение в кибернетику и искусственный интеллект» служит основой для написания выпускной квалификационной работы (диссертации), а также для осуществления дальнейшей профессиональной деятельности.

3. РЕЗУЛЬТАТЫ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Результаты освоения дисциплины «Введение в кибернетику и искусственный интеллект»:

Аспирант:

- Дает аргументированную презентацию связей фундаментальной математики с кибернетикой и искусственным интеллектом;
- Намечает общие подходы к решению проблем в области кибернетики и искусственного интеллекта;
- Делает аргументированные презентации применяемых решений и подходов;
- Выбирает и аргументирует подходы к моделированию и исследованию;
- Программно реализует алгоритмы, связанные с решением задач в области кибернетики и искусственного интеллекта.

4. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

Дисциплина «Введение в кибернетику и искусственный интеллект» осваивается на 2ом курсе обучения.

Виды учебной работы
Лекции
Практические занятия, семинары
в том числе аудиторные занятия в интерактивной форме
Самостоятельная работа
в том числе творческая проблемно-ориентированная самостоятельная работа
Зачёт (подготовка, сдача)

Разделы дисциплины

Наименование разделов и тем:
Тема 1. Возникновение и развитие кибернетики и искусственного интеллекта (зарождение кибернетики и ИИ, распознавание образов, адаптивные системы и нейронные сети, кибернетика и информатика, нелинейные кибернетические системы, единая теория управления информации и вычислений, глубокое обучение и новая эра ИИ).
Тема 2. Основы теории кибернетических систем.
Тема 3. Методы анализа нелинейных динамических эффектов в кибернетических и сетевых системах.
Тема 4. Методы оптимизации и оптимальной настройки кибернетических систем, связь с классической теорией экстремальных задач.
Тема 5. Алгоритмы адаптации и машинного обучения (Градиентные методы, метод скоростного градиента, метод рекуррентных целевых неравенств, стохастическая аппроксимация, обучение с подкреплением, обучение без преподавателя).
Тема 6. ИИ и киберфизические системы (роботы и ИИ, интернет вещей, умные дома и умные города, интеллектуальные системы управления).

Тема 7. Нейронные сети и глубокое обучение (байесовские сети, сверточные сети, состязательные сети; глубокие автоэнкодеры; генеративные модели, рекуррентные сети; контролируемые глубокие сети).
Тема 8. Когнитивные науки и гибридный интеллект (моделирование нейронных сетей, интерфейс мозг-компьютер, нейрообратная связь, нейроуправление и нейротехнологии).
Тема 9. Социальные аспекты кибернетики и ИИ (этика ИИ, безопасность роботов и ИИ, справедливость и ответственность ИИ; конфиденциальность ИИ).
Вид контроля: зачёт

5. ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

В преподавании дисциплины используются преимущественно традиционные образовательные технологии:

- лекции по теоретическому материалу;
- практические занятия с решением тестовых расчетных заданий;
- самостоятельная работа с рекомендованной учебной и научной литературой.

Обсуждение изучаемых результатов, самостоятельный разбор примеров по их применению с последующим совместным обсуждением, зачет в конце семестра. Интерактивное общение преподавателя с аспирантами on-line - постоянно.

Самостоятельная работа аспиранта

Самостоятельная работа аспирантов направлена на закрепление и углубление освоения учебного материала и развитие практических умений. Традиционная самостоятельная работа аспирантов включает такие виды самостоятельной работы, как

- работа с лекционным материалом и рекомендованной учебной литературой;
- выполнение домашних заданий.

Творческая проблемно-ориентированная самостоятельная работа аспирантов направлена на развитие комплекса интеллектуальных универсальных (общекультурных) и профессиональных умений, повышение творческого потенциала аспирантов.

Вид самостоятельной работы
Работа с лекционным материалом, с учебной литературой
Выполнение заданий для самостоятельной работы
Творческая проблемно-ориентированная СР:

При освоении разделов дисциплины рекомендуется использовать специализированную литературу и другие информационные источники (см. раздел Информационное обеспечение), электронные дополнительные материалы, выполнять задания для самостоятельной работы. Обучающиеся обеспечиваются учебниками и учебными пособиями и материалами в доступных обучающимся Интернет-ресурсах.

Самостоятельная работа обеспечивает приобретение устойчивых навыков для решения прикладных задач, на которые ориентирована данная дисциплина.

Аспирантам рекомендуется: использовать указанную литературу, учебные пособия, а также информационные источники сети Интернет для более основательного усвоения учебного материала, представленного на лекциях, а также для изучения материала, планируемого к самостоятельной работе; выполнение заданий для самостоятельной работы по основным темам курса, предложенным преподавателем; при подготовке к зачету особое внимание следует уделять основным понятиям и содержанию основных результатов учебной дисциплины, их взаимосвязи, содержанию рассматриваемых задач, а также методов и алгоритмов их решения.

При организации обучения по дисциплине преподаватель должен уделять особое внимание организации лекций и самостоятельной работы аспирантов.

Самостоятельные домашние задания проверяются преподавателем в течение семестра. Оценки самостоятельной работы учитываются при зачете.

Интерактивные методы могут быть использованы для части учебной работы: занятий в малых группах, групповых дискуссиях (презентация самостоятельно выполненных заданий, коллективное обсуждение подходов к решению и полученных результатов, анализ вариантов решения заданий, проверка понимания материала непосредственно во время занятий). При проведении аттестации аспирантов важно помнить, что систематичность, объективность и аргументация являются основными принципами, на которых базируются контроль и оценка знаний аспирантов. Тестирование, контроль и оценка знаний аспиранта требуют учета его индивидуального стиля в осуществлении учебной деятельности. Знание критериев оценки знаний является обязательным для преподавателя и аспиранта.

Методическое обеспечение самостоятельной работы:

- общие методические рекомендации и указания по самостоятельной работе;
- задания для иллюстрации основных теоретических положений учебной дисциплины, которые помогают формированию знаний, навыков и умений обучающихся согласно требованиям.
- Материалы для самостоятельного изучения и указания по их использованию.

Учебно-методические средства, используемые для руководства самостоятельной работой аспирантов, включают образцы выполнения заданий аспирантами, тексты заданий для самостоятельной работы, рекомендации основной и дополнительной литературы по заданию, рекомендации по самостоятельному поиску релевантных материалов в ресурсах сети Интернет, использование рекомендованных критериев для самооценки выполненной работы.

Часть материалов для самостоятельного изучения и указания по их использованию доступна на сайте <http://tcyber.ru>.

Самостоятельная работа представляет собой индивидуальную работу, состоящую в изучении и реферировании литературы и решении практических задач, по итогам которой предоставляется письменный отчет.

На лекциях краткие опросы по материалу предшествующих тем проводятся преимущественно в форме дискуссионного обсуждения, в котором обучающимся предлагается высказать мнение о различных аспектах пройденного материала (например, краткое сравнение методов, их сильные и слабые стороны, сфера основного применения, целесообразность применения и результат работы в сценарии, предложенном преподавателем, и т.п.) Результаты опроса-дискуссии могут быть использованы для коррекции текущего контроля работы аспиранта, а также используются как форма обратной связи преподавателя с аудиторией для адаптивной настройки стиля изложения материала исходя из выявленной степени и структуры усвоения предшествующих тем, выявления причин возможных проблем в усвоении материала, выработки и принятия оперативных мер по устранению этих проблем и поддержанию постоянной и равномерной работы аспирантов в течение семестра.

При выполнении задания для самостоятельной работы оцениваются: исчерпывающее изложение (реферат) содержания предложенных материалов, правильное решение с указанием методики решения, ее обоснованием и подробным описанием хода вычислений с фиксацией итогового результата и полным ответом на поставленные в задании вопросы. Недочеты - неполное или неверное изложение, неверный выбор метода, ошибки в его реализации, отсутствие части решения, ошибки в вычислениях или программном коде, неверная трактовка результата и т.п.

Примеры заданий-рефератов для самостоятельной работы:

1. Н. Винер: математик - "отец кибернетики".
2. Теория графов и проблемы в области нейронных и коммуникационных сетей.
3. Методы теории экстремальных задач в машинном обучении.
4. Современные проблемы нейрообратной связи.
5. Синхронизация и самосинхронизация в сетевых системах
6. Метод Малооземова-Демьянова-Митчелла, с простейшей программной реализацией и тестированием.
7. Исследования Брегмана и их роль в алгоритмах машинного обучения, с простейшей программной реализацией и тестированием.
8. Метод рекуррентных целевых неравенств, с простейшей программной реализацией и тестированием.

Примерный список тем для вопросов для зачета:

1. Рождение кибернетики и искусственного интеллекта.
2. Кибернетика и информатика
3. Алгоритмы адаптации и машинного обучения: градиентные методы
4. Алгоритмы адаптации и машинного обучения: метод рекуррентных целевых неравенств,
5. Методы обучения с подкреплением
6. Методы обучения без преподавателя (самообучения)
7. Виды нейронных сетей: сверточные сети, рекуррентные сети
8. Виды нейронных сетей: генеративно- состязательные сети;
9. Глубокое обучение и новая эра искусственного интеллекта
10. Моделирование биологических нейронных сетей: задачи анализа и синтеза
11. Интерфейс мозг-компьютер и нейрообратная связь

12. Синхронизация в сетевых системах, основные примеры.
13. Фазовая синхронизация и математические подходы к ее изучению
14. Методы анализа нелинейных динамических эффектов в кибернетических и сетевых системах.
15. Теория информации и кибернетические системы
16. Методы оптимизации и оптимальной настройки кибернетических систем.
17. Искусственный интеллект и киберфизические системы
18. Когнитивные науки и гибридный интеллект.
19. Социальные аспекты кибернетики и систем с искусственным интеллектом

Информационное обеспечение

Список обязательной литературы

1. Николенко С. И., Кадуринов А. А., Архангельская Е. О. Глубокое обучение. Погружение в мир нейронных сетей. Руководство. СПб: Изд-во Питер, 2018;
2. Гудфеллоу Я.; Бенджио И.; Курвилль А.. Глубокое обучение / пер. с англ. А. А. Слинкина. – 2-е изд., испр. – М.: Издательство "ДМК Пресс" 2018 652 стр. Language: Russian, База данных: ЭБС СПбГУ (электронная книга)

Список дополнительной литературы

1. Фомин В.Н., Фрадков А.Л., Якубович В.А.. Адаптивное управление динамическими объектами. М.: Наука, гл. Ред. Физ-мат литературы, 1981. — 448 с.
2. Андриевский Б.Р., А.С.Матвеев, А.Л.Фрадков. Управление и оценивание при информационных ограничениях: к единой теории управления, вычислений и связи. Автоматика и Телемеханика, 2010, 4, С.34–99.
3. Danda B. Rawat, Joel J.P.C. Rodrigues, Ivan Stojmenovic. Cyber-Physical Systems: From Theory to Practice. CRC Press, 2015. (электронное издание)
4. H. Song, D. Rawat, S. Jeschke, C. Brecher. Cyber-Physical Systems : Foundations, Principles and Applications. London : Academic Press. 2017 (электронная книга)

Перечень иных информационных источников

- Перечень электронных ресурсов, находящихся в доступе СПбГУ: <http://cufts.library.spbu.ru/CRDB/SPBGU/>
- Труды международной конференции по нейрообработке информации (Neural Information Processing Systems - NeurIPS-2019, NeurIPS-2020) <https://proceedings.neurips.cc/> (Дата обращения 7 июня 2021 г.)
- Искусственный интеллект. <https://iot.ru/wiki/iskusstvennyy-intellekt> (Дата обращения 23.10.2021)
- Сайт кафедры теоретической кибернетики СПбГУ <http://tcyber.ru>