

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ

Учебно-методическое объединение по образованию
в области информатики и радиоэлектроники

УТВЕРЖДАЮ

Первый заместитель Министра образования
Республики Беларусь

_____ И.А. Старовойтова

Регистрационный № ТД-_____/тип.

МАТЕМАТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫХ СИСТЕМ

**Типовая учебная программа по учебной дисциплине
для специальности**

1-40 03 01 Искусственный интеллект

СОГЛАСОВАНО

Председатель Учебно-методического
объединения по образованию в
области информатики и
радиоэлектроники

_____ В.А. Богуш

СОГЛАСОВАНО

Начальник Главного управления
профессионального образования
Министерства образования
Республики Беларусь

_____ С.А. Касперович

СОГЛАСОВАНО

Проректор по научно-методической
работе Государственного учреждения
образования «Республиканский
институт высшей школы»

_____ И.В. Титович

Эксперт-нормоконтролер

Минск 2022

СОСТАВИТЕЛИ:

В.В.Голенков, профессор кафедры интеллектуальных информационных технологий учреждения образования «Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники», доктор технических наук, профессор;

М.В.Ковалев, ассистент кафедры интеллектуальных информационных технологий учреждения образования «Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники», магистр технических наук;

Д.В.Шункевич, заведующий кафедрой интеллектуальных информационных технологий учреждения образования «Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники», кандидат технических наук, доцент

РЕЦЕНЗЕНТЫ:

Кафедра интеллектуальных систем Белорусского государственного университета (протокол № 2 от 08.09.2022);

О.А.Капцевич, заместитель директора по научной работе общества с ограниченной ответственностью «ИнноТехСолюшнс», кандидат технических наук

РЕКОМЕНДОВАНА К УТВЕРЖДЕНИЮ В КАЧЕСТВЕ ПРИМЕРНОЙ:

Кафедрой интеллектуальных информационных технологий учреждения образования «Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники» (протокол № 7 от 24.10.2022);

Научно-методическим советом учреждения образования «Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники» (протокол № ___ от _____);

Научно-методическим советом по разработке программного обеспечения и информационно-коммуникационным технологиям Учебно-методического объединения по образованию в области информатики и радиоэлектроники (протокол № ___ от _____)

ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА

ХАРАКТЕРИСТИКА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

Типовая учебная программа по учебной дисциплине «Математические основы интеллектуальных систем» разработана для студентов учреждений высшего образования, обучающихся по специальности 1-40 03 01 Искусственный интеллект в соответствии с требованиями образовательного стандарта высшего образования первой ступени и типового учебного плана вышеуказанной специальности.

Учебная дисциплина «Математические основы интеллектуальных систем» является одной из дисциплин начального цикла подготовки студентов по специальности 1-40 03 01 Искусственный интеллект, имеет четкую современную практическую направленность. Назначение учебной программы учреждения образования «Математические основы интеллектуальных систем» – изучение общей архитектуры математики и тех ее областей, которые составляют математический фундамент искусственного интеллекта.

В рамках образовательного процесса по учебной дисциплине «Математические основы интеллектуальных систем» студент должен приобрести не только теоретические и практические знания, умения и навыки по специальности, но и развить свой ценностно-личностный, духовный потенциал, сформировать качества патриота и гражданина, готового к активному участию в экономической, производственной, социально-культурной и общественной жизни страны.

ЦЕЛЬ, ЗАДАЧИ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

Цель учебной дисциплины: изучение основных видов математических конструкций, используемых для представления знаний в интеллектуальных системах, основных алгоритмических и логических моделей переработки информации, а также приобретение навыков формального представления знаний различных предметных областей.

Задачи учебной дисциплины:

приобретение знаний об основных математических структурах и понятиях, используемых для представления знаний, о моделях представления и обработки знаний;

освоение навыков работы с современными языками и инструментальными программными средствами представления и обработки знаний;

изучение принципов представления знаний различных предметных областей с использованием моделей представления знаний;

овладение методами формализации знаний и создания баз знаний различных предметных областей.

Базовой учебной дисциплиной для учебной дисциплины «Математические основы интеллектуальных систем» является «Теоретико-множественные основы интеллектуальных систем». В свою очередь учебная дисциплина «Математические основы интеллектуальных систем» является базой для такой учебной дисциплины как «Проектирование баз знаний».

ТРЕБОВАНИЯ К УРОВНЮ ОСВОЕНИЯ СОДЕРЖАНИЯ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

В результате изучения учебной дисциплины «Математические основы интеллектуальных систем» формируются следующие компетенции:

универсальные:

владеть основами исследовательской деятельности, осуществлять поиск, анализ и синтез информации;

обладать навыками саморазвития и самосовершенствования в профессиональной деятельности;

проявлять инициативу и адаптироваться к изменениям в профессиональной деятельности;

базовые профессиональные:

применять фундаментальные математические, общесистемные и аппаратные принципы организации интеллектуальных систем при их проектировании, реализации и внедрении

В результате изучения учебной дисциплины обучающийся должен:

знать:

основные математические структуры и понятия, используемые для представления знаний;

модели представления и обработки знаний;

технологии формализации знаний;

уметь:

представлять знания различных предметных областей с использованием моделей представления знаний;

создавать алгоритмы обработки знаний для различных моделей представления знаний;

владеть:

технологией формализации знаний и создавать базы знаний различных предметных областей;

современными языками и инструментальными программными средствами представления и обработки знаний.

Типовая учебная программа рассчитана на 258 учебных часов, из них – 132 аудиторных. Примерное распределение аудиторных часов по видам занятий: лекции – 60 часов, лабораторные занятия – 72 часа.

ПРИМЕРНЫЙ ТЕМАТИЧЕСКИЙ ПЛАН

Наименование раздела, темы	Всего аудиторных часов	Лекции	Лабораторные занятия
Раздел 1. Представление основных математических конструкций в базах знаний	72	28	44
Тема 1. Основные положения курса	2	2	-
Тема 2. Базовый язык представления знаний	2	2	-
Тема 3. Внешние информационные конструкции	4	4	-
Тема 4. Внешние языки представления информации	2	2	-
Тема 5. Представление в базе знаний множеств и операций над ними	2	2	-
Тема 6. Представление в базе знаний отношений и их свойств	2	2	-
Тема 7. Представление в базе знаний параметров и величин	14	2	12
Тема 8. Представление структур и семантических окрестностей в базе знаний	14	2	12
Тема 9. Представление логических знаний	16	4	12
Тема 10. Представление в базе знаний соответствий	2	2	-
Тема 11. Базовый язык программирования для обработки баз знаний	12	4	8
Раздел 2. Принципы проектирования и структуризации баз знаний	18	14	4
Тема 12. Представление в базе знаний предметных областей	6	2	4
Тема 13. Представление в базе знаний онтологий	2	2	-
Тема 14. Основные принципы разработки семантических моделей баз знаний	4	4	-
Тема 15. Структуризация баз знаний на основе иерархии онтологий	2	2	-
Тема 16. Методика коллективной разработки баз знаний	4	4	-
Раздел 3. Представление процедурных знаний	42	18	24
Тема 17. Представление в базе знаний временных сущностей	4	4	-

Наименование раздела, темы	Всего аудиторных часов	Лекции	Лабораторные занятия
Тема 18. Представление в базе знаний процессов и действий	10	2	8
Тема 19. Представление в базе знаний задач и их решений	12	4	8
Тема 20. Представление в базе знаний методов и навыков	2	2	-
Тема 21. Понятие решателя задач	2	2	-
Тема 22. Принципы многоагентной обработки баз знаний	2	2	-
Тема 23. Принципы решения задач в интеллектуальных компьютерных системах нового поколения	10	2	8
Итого:	132	60	72

СОДЕРЖАНИЕ УЧЕБНОГО МАТЕРИАЛА

Раздел 1. ПРЕДСТАВЛЕНИЕ ОСНОВНЫХ МАТЕМАТИЧЕСКИХ КОНСТРУКЦИЙ В БАЗАХ ЗНАНИЙ

Тема 1. ОСНОВНЫЕ ПОЛОЖЕНИЯ КУРСА

Основные положения семантической технологии проектирования интеллектуальных компьютерных систем нового поколения. Основные компоненты указанной технологии. Понятие информационной конструкции, формального языка, знака, синтаксиса, семантики. Понятие семантической памяти.

Тема 2. БАЗОВЫЙ ЯЗЫК ПРЕДСТАВЛЕНИЯ ЗНАНИЙ

Основные положения базового языка представления знаний в интеллектуальных системах. Алфавит, синтаксис, базовая денотационная семантика базового языка. Синтаксическая и семантическая классификация базового языка.

Тема 3. ВНЕШНИЕ ИНФОРМАЦИОННЫЕ КОНСТРУКЦИИ

Понятие внешней информационной конструкции, классификация. Понятие внутреннего файла базы знаний, классификация. Понятие идентификатора, типология идентификаторов. Примеры формализации идентификаторов.

Тема 4. ВНЕШНИЕ ЯЗЫКИ ПРЕДСТАВЛЕНИЯ ИНФОРМАЦИИ

Графический язык внешнего представления конструкций базового языка представления знаний в интеллектуальных системах, его синтаксис и денотационная семантика. Линейный язык внешнего представления конструкций базового языка представления знаний в интеллектуальных системах, его синтаксис и денотационная семантика. Структурированный гипертекстовый язык внешнего представления конструкций базового языка представления знаний в интеллектуальных системах, его синтаксис и денотационная семантика.

Тема 5. ПРЕДСТАВЛЕНИЕ В БАЗЕ ЗНАНИЙ МНОЖЕСТВ И ОПЕРАЦИЙ НАД НИМИ

Типология множеств, рефлексивное множество. Ориентированное множество, декартово произведение множеств. Атрибуты, кортежи и классические кортежи. Мощность, бесконечные и конечные множества (без представления в базе знаний). Отношения над множествами, равенство. Операции над канторовскими множествами. Операции над мультимножествами. Булеан множества, его мощность, представление в базе знаний.

Тема 6. ПРЕДСТАВЛЕНИЕ В БАЗЕ ЗНАНИЙ ОТНОШЕНИЙ И ИХ СВОЙСТВ

Бинарное отношение и способы его задания. Рефлексивное и арефлексивное бинарное отношение. Симметричное и антисимметричное бинарное отношение. Транзитивное бинарное отношение. Отношения строгого

и нестрогого порядка. Отношения полного (линейного) и частичного порядка. Отношения эквивалентности и толерантности. Квазибинарное отношение. парное отношение, схема отношения. Область определения отношения, домен. Операции над отношениями (проекция, соединение, композиция). Метаотношения: примеры, представление в базе знаний.

Тема 7. ПРЕДСТАВЛЕНИЕ В БАЗЕ ЗНАНИЙ ПАРАМЕТРОВ И ВЕЛИЧИН

Понятие шкалы, величины и параметра. Измеряемые и неизмеряемые параметры. Точные, неточные и интервальные величины. Связь с понятием мощности множества, бесконечного и конечного множества.

Тема 8. ПРЕДСТАВЛЕНИЕ СТРУКТУР И СЕМАНТИЧЕСКИХ ОКРЕСТНОСТЕЙ В БАЗЕ ЗНАНИЙ

Понятие структуры как фрагмента базы знаний. Типология структур, роли элементов структуры. Отношения на структурах. Представление в базе знаний метаинформационных конструкций. Понятие семантической окрестности, типология семантических окрестностей.

Тема 9. ПРЕДСТАВЛЕНИЕ ЛОГИЧЕСКИХ ЗНАНИЙ

Формальные логические языки. Алфавит и синтаксис языка SCL. Предикаты и булевы функции. Логические связки (операторы), таблицы истинности. Логическая формула, равносильные логические формулы, логические законы. Классы логических формул. Кванторы, законы двойственности. Связанные и свободные переменные. Открытые и замкнутые формулы, представление в базе знаний.

Тема 10. ПРЕДСТАВЛЕНИЕ В БАЗЕ ЗНАНИЙ СООТВЕТСТВИЙ

Типология соответствий. Однозначные и неоднозначные соответствия. Область определения и область значений соответствия, образ и прообраз. Отображения и биективные соответствия. Соответствия на структурах. Гомоморфизмы, изоморфизмы, автоморфизмы, их представление в базе знаний.

Тема 11. БАЗОВЫЙ ЯЗЫК ПРОГРАММИРОВАНИЯ ДЛЯ ОБРАБОТКИ БАЗ ЗНАНИЙ

Базовые принципы обработки знаний в интеллектуальных системах. Классификация хранимых в базе знаний конструкций с точки зрения процесса их обработки. Произвольные конструкции, поиск и генерация по образцу. Основные положения базового языка программирования для обработки баз знаний. Понятие программы, процесса, оператора базового языка. Понятие операнда базового языка, классификация операндов, статические и динамические операнды. Классификация операторов базового языка. Организация условных и безусловных переходов, циклов. Реализация подпрограмм. Агентная программы.

Раздел 2. ПРИНЦИПЫ ПРОЕКТИРОВАНИЯ И СТРУКТУРИЗАЦИИ БАЗ ЗНАНИЙ

Тема 12. ПРЕДСТАВЛЕНИЕ В БАЗЕ ЗНАНИЙ ПРЕДМЕТНЫХ ОБЛАСТЕЙ

Понятие знания, типология знаний. Понятие предметной области, структурная спецификация предметной области, роли понятий в рамках предметной области. Понятие частной предметной области, родственной предметной области, виды частных предметных областей. Различные виды иерархии предметных областей, пересечения предметных областей.

Тема 13. ПРЕДСТАВЛЕНИЕ В БАЗЕ ЗНАНИЙ ОНТОЛОГИЙ

Понятие онтологии. Классификация онтологий. Интегрированная онтология. Связь онтологий и предметных областей. Связь понятия онтологии и семантической окрестности, представление в базе знаний.

Тема 14. ОСНОВНЫЕ ПРИНЦИПЫ РАЗРАБОТКИ СЕМАНТИЧЕСКИХ МОДЕЛЕЙ БАЗ ЗНАНИЙ

Методика разработки баз знаний, основные этапы. Выделение иерархии предметных областей. Формирование онтологий.

Тема 15. СТРУКТУРИЗАЦИЯ БАЗ ЗНАНИЙ НА ОСНОВЕ ИЕРАРХИИ ОНТОЛОГИЙ

Понятие раздела базы знаний. Типология разделов, иерархия разделов. Атомарные и неатомарные разделы, декомпозиция разделов, дочерний раздел. Предметные области и онтологии верхнего уровня, их взаимосвязь.

Тема 16. МЕТОДИКА КОЛЛЕКТИВНОЙ РАЗРАБОТКИ БАЗ ЗНАНИЙ

Понятие разработчика базы знаний, виды разработчиков. Структуризация базы знаний с точки зрения разработчиков. Основные принципы взаимодействия разработчиков баз знаний. Верификация базы знаний, поиск неполноты.

Раздел 3. ПРЕДСТАВЛЕНИЕ ПРОЦЕДУРНЫХ ЗНАНИЙ

Тема 17. ПРЕДСТАВЛЕНИЕ В БАЗЕ ЗНАНИЙ ВРЕМЕННЫХ СУЩНОСТЕЙ

Понятие временной сущности, классификация. Описание взаимосвязи событий. Причинно-следственные связи, их представление в базе знаний. Понятие процесса, ситуации, события. Темпоральные отношения, их представление в базе знаний.

Тема 18. ПРЕДСТАВЛЕНИЕ В БАЗЕ ЗНАНИЙ ПРОЦЕССОВ И ДЕЙСТВИЙ

Понятие процесса, воздействия, действия. Описание действий в семантической памяти, элементарные события в семантической памяти. Классификация действий, в том числе выполняемых в семантической памяти. Отношения, заданные на множестве действий. Контекст выполнения действия. Начальная и конечная ситуация процесса.

Тема 19. ПРЕДСТАВЛЕНИЕ В БАЗЕ ЗНАНИЙ ЗАДАЧ И ИХ РЕШЕНИЙ

Понятие задачи, классификация задач. Информационные и поведенческие задачи. Декларативная и процедурная формулировка задачи. Понятие плана выполнения действия, протокола выполнения действия, результата выполнения действия. Примеры описания решения задачи в базе знаний. Понятие команды. Принципы работы с командами в интерфейсе компьютерных систем нового поколения.

Тема 20. ПРЕДСТАВЛЕНИЕ В БАЗЕ ЗНАНИЙ МЕТОДОВ И НАВЫКОВ

Понятие метода, классификация методов. Отношения, заданные на множестве методов. Денотационная и операционная семантика метода, примеры описания в базе знаний. Понятие языка описания методов. Пример описания процедурного метода в базе знаний. Статические и динамические аргументы действий. Пример описания метода с зависимостями между поддействиями. Понятие стратегии решения задач. Понятие модели решения задач. Понятие навыка, классификация навыков. Связь с базовым языком программирования для обработки баз знаний.

Тема 21. ПОНЯТИЕ РЕШАТЕЛЯ ЗАДАЧ

Современные подходы к решению задач в интеллектуальных системах, модели решения задач. Понятие решателя задач, основные отличительные особенности, характеристики, подходы к реализации. Основные недостатки современных подходов, принципы их устранения. Модель решателя задач как иерархической системы агентов, взаимодействующих посредством общей семантической памяти. Методика и средства разработки решателей задач.

Тема 22. ПРИНЦИПЫ МНОГОАГЕНТНОЙ ОБРАБОТКИ БАЗ ЗНАНИЙ

Понятие агента обработки баз знаний, классификация агентов. Принципы реализации многоагентной обработки знаний. Спецификация действий, выполняемых агентами обработки знаний, примеры решения задач коллективом агентов. Пользователь компьютерной системы как агент обработки знаний. Спецификация агентов обработки знаний, пример описания в базе знаний. Атомарные и неатомарные агенты обработки знаний, иерархия агентов обработки знаний.

Тема 23. ПРИНЦИПЫ РЕШЕНИЯ ЗАДАЧ В ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫХ КОМПЬЮТЕРНЫХ СИСТЕМАХ НОВОГО ПОКОЛЕНИЯ

Стратегии решения задач в компьютерных системах нового поколения. Основные модели логического вывода. Принципы организации логического вывода в интеллектуальных компьютерных системах нового поколения. Принципы реализации параллельной обработки знаний в семантической памяти. Связь с базовым языком программирования для обработки баз знаний.

ИНФОРМАЦИОННО-МЕТОДИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ**ЛИТЕРАТУРА****ОСНОВНАЯ**

1. Голенков, В. В. Открытая технология онтологического проектирования, производства и эксплуатации семантически совместимых гибридных интеллектуальных компьютерных систем / В. В. Голенков, Н. А. Гулякина, Д. В. Шункевич. – Минск : Бестпринт, 2021. – 690 с..
2. Гаврилова, Т. А. Инженерия знаний: модели и методы : учебник / Т. А. Гаврилова, Д. В. Кудрявцев, Д. И. Муромцев. – 2-е изд., стер. – Санкт-Петербург : Лань, 2018. – 324 с.
3. Рассел, С. Искусственный интеллект: современный подход / С. Рассел, П. Норвиг. – пер. с англ. – 2-е изд. – Москва : Вильям, 2006. – 1408 с.
4. Авдошин, С. М. Дискретная математика. Алгоритмы: теория и практика / С. М. Авдошин, А. А. Набебин. – Москва : ДМК-Пресс, 2019. – 282 с.
5. Авдошин, С. М. Дискретная математика. Формально-логические системы и языки / С. М. Авдошин, А. А. Набебин. – Москва : ДМК-Пресс, 2018. – 390 с.
6. Гисин, В. Б. Дискретная математика : учебник и практикум для вузов / В. Б. Гисин. – Москва : Юрайт, 2022. – 383 с.
7. Новиков, Ф. А. Дискретная математика для бакалавров и магистров : учебник / Ф. А. Новиков. – 2-е изд. – Санкт-Петербург : Питер, 2014. – 432 с.
8. Новиков Ф. А. Дискретная математика для программистов : учебное пособие / Ф. А. Новиков. – 3-е изд. – Санкт-Петербург : Питер, 2009. – 384 с.
9. Андерсон, Д. Дискретная математика и комбинаторика / Д. Андерсон. – Санкт-Петербург : Вильямс, 2003. – 960 с.
10. Касьянов, В. Н. Графы в программировании: обработка, визуализация и применение / В. Н. Касьянов, В. А. Евстигнеев. – Санкт-Петербург : БХВ-Петербург, 2003. – 1104 с.

ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ

11. Душкин, Р. В. Искусственный интеллект / Р. В. Душкин. – Москва : ДМК-Пресс, 2019. – 280 с.
12. Ясницкий, Л. Н. Интеллектуальные системы : учебник / Л. Н. Ясницкий. – Москва : Лаборатория знаний, 2016. – 221 с.
13. Огнев, И. В. Ассоциативные среды / И. В. Огнев, В. В. Борисов. – Москва : Радио и связь, 2000. – 312 с.
14. Спецификация RDF [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.w3.org/RDF/>. – Дата доступа: 30.11.2022

МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ОРГАНИЗАЦИИ И ВЫПОЛНЕНИЮ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ ОБУЩАЮЩИХСЯ

При изучении учебной дисциплины рекомендуется использовать следующие формы самостоятельной работы:

- работа с учебно-методическими пособиями;
- чтение рекомендуемой литературы;
- конспектирование рекомендованной литературы;
- выполнение лабораторных работ.

ПЕРЕЧЕНЬ РЕКОМЕНДУЕМЫХ СРЕДСТВ ДИАГНОСТИКИ КОМПЕТЕНЦИЙ СТУДЕНТА

Типовым учебным планом по специальности 1-40 03 01 Искусственный интеллект в качестве формы промежуточной аттестации по учебной дисциплине «Математические основы интеллектуальных систем» рекомендуется зачет и экзамен. Оценка учебных достижений студента производится по системе «зачтено/не зачтено» и десятибалльной шкале.

Для текущего контроля по учебной дисциплине и диагностики компетенций студентов могут использоваться следующие формы:

- собеседование;
- коллоквиумы;
- устный опрос;
- отчеты по аудиторным лабораторным работам с устной защитой;
- защита контрольных работ;
- оценивание на основе модульно-рейтинговой системы.

РЕКОМЕНДУЕМЫЕ МЕТОДЫ (ТЕХНОЛОГИИ) ОБУЧЕНИЯ

Основные рекомендуемые методы (технологии) обучения, отвечающие целям и задачам учебной дисциплины:

1. Теоретико-информационные:
 - устное логически-целостное изложение учебного материала (лекции);
 - объяснение;
 - консультирование;
2. Практико-операционные:
 - упражнения;
 - решение задач;
 - лабораторные занятия.

ПРИМЕРНЫЙ ПЕРЕЧЕНЬ ТЕМ ЛАБОРАТОРНЫХ ЗАНЯТИЙ

1. Формализация фактографических высказываний.
2. Формализация семантических окрестностей абсолютного и относительного понятий предметной области.

3. Формализация логических высказываний.
4. Изучение принципов работы с базами знаний.
5. Формализация спецификации предметной области.
6. Формализация условия задачи и необходимых для ее решения высказываний.
7. Формализация алгоритма решения задачи.
8. Изучение метода навигации по базе знаний с помощью метода поиска по изоморфному образцу.

ПРИМЕРНЫЙ ПЕРЕЧЕНЬ КОМПЬЮТЕРНЫХ ПРОГРАММ
(необходимого оборудования, наглядных пособий и др.)

1. Программный пакет MS Office.
2. Редактор исходных текстов баз знаний КВЕ.
3. Редактор онтологий Protégé.
4. Программная платформа интерпретации семантических моделей интеллектуальных систем.