

**МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ**

Учебно-методическое объединение по образованию  
в области информатики и радиоэлектроники

**УТВЕРЖДАЮ**

Первый заместитель Министра образования  
Республики Беларусь

\_\_\_\_\_ А.Г.Баханович

\_\_\_\_\_

Регистрационный № \_\_\_\_\_

**МОДЕЛИ РЕШЕНИЯ ЗАДАЧ В ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫХ СИСТЕМАХ**

**Примерная учебная программа по учебной дисциплине  
для специальности  
6-05-0611-03 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.Н.Пищов

\_\_\_\_\_

**СОГЛАСОВАНО**

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

\_\_\_\_\_ И.В.Титович

\_\_\_\_\_

Эксперт-нормоконтролер

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

Минск 2024

**СОСТАВИТЕЛИ:**

В.В.Голенков, профессор кафедры интеллектуальных информационных технологий учреждения образования «Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники», доктор технических наук, профессор;  
Д.В.Шункевич, заведующий кафедрой интеллектуальных информационных технологий учреждения образования «Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники», кандидат технических наук, доцент;  
В.П.Ивашенко, доцент кафедры интеллектуальных информационных технологий учреждения образования «Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники», кандидат технических наук, доцент

**РЕЦЕНЗЕНТЫ:**

Кафедра интеллектуальных систем Белорусского государственного университета (протокол № 15 от 19.04.2024);  
А.К.Безруков, директор общества с ограниченной ответственностью «ДэвсГруп».

**РЕКОМЕНДОВАНА К УТВЕРЖДЕНИЮ В КАЧЕСТВЕ ПРИМЕРНОЙ:**

Кафедрой интеллектуальных информационных технологий учреждения образования «Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники» (протокол № 32 от 15.04.2024);  
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 № 11 от 10.06.2024)

## ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА

### ХАРАКТЕРИСТИКА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

Примерная учебная программа по учебной дисциплине «Модели решения задач в интеллектуальных системах» разработана для студентов учреждений высшего образования, обучающихся по специальности 6-05-0611-03 «Искусственный интеллект» в соответствии с требованиями образовательного стандарта общего высшего образования и примерного учебного плана вышеуказанной специальности.

Актуальность изучения учебной дисциплины обусловлена необходимостью наличия у интеллектуальных систем такой функции, как решение задач, что требует от разработчика владеть соответствующей системой знаний различных моделей, методов и средств решения задач, умений ориентироваться в них, осуществлять выбор и использовать их при разработке прикладных интеллектуальных систем.

Учебная дисциплина «Модели решения задач в интеллектуальных системах» является одной из числа специальных дисциплин в подготовке студентов в области искусственного интеллекта. Назначение учебной дисциплины «Модели решения задач в интеллектуальных системах» состоит в изучении различных моделей, методов и средств решения задач, включая семиотические и нейросетевые, приобретении умений ориентироваться в них, осуществлять выбор и использовать их при разработке прикладных интеллектуальных систем.

Воспитательное значение учебной дисциплины «Модели решения задач в интеллектуальных системах» заключается в формировании у обучающихся математической культуры и научного мировоззрения; развитии исследовательских умений, аналитических способностей, креативности, необходимых для решения научных и практических задач; развитии познавательных способностей и активности: творческой инициативы, самостоятельности, ответственности и организованности; формировании способностей к саморазвитию, самосовершенствованию и самореализации.

Изучение данной учебной дисциплины способствует созданию условий для формирования интеллектуально развитой личности обучающегося, которой присущи стремление к профессиональному совершенствованию, активному участию в экономической и социально-культурной жизни страны, гражданская ответственность и патриотизм.

### ЦЕЛЬ, ЗАДАЧИ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

Цель преподавания учебной дисциплины: изучение семиотических и нейросетевых моделей решения задач в интеллектуальных и вычислительных системах, приобретения навыков их применения.

Задачи учебной дисциплины:

приобретение знаний о моделях и способах решения задач, архитектурах вычислительных систем, взаимосвязях моделей решения задачи и архитектур вычислительных систем;

приобретение навыков разработки и применения средств обработки данных и знаний в рамках различных моделей решения задач;

изучение принципов построения систем обработки знаний;

овладение методами поиска решений и обучения в различных моделях решения задач.

Базовыми учебными дисциплинами по курсу «Модели решения задач в интеллектуальных системах» являются «Общая теория интеллектуальных систем», «Математические основы интеллектуальных систем», «Линейная алгебра и аналитическая геометрия», «Теоретико-множественные основы интеллектуальных систем», «Физика», «Основы алгоритмизации и программирования», «Математический анализ», «Численные методы», «Теория вероятностей и математическая статистика». В свою очередь учебная дисциплина «Модели решения задач в интеллектуальных системах» является базой для учебной дисциплины «Технологии и инструментальные средства проектирования интеллектуальных систем» (учебная дисциплина компонента учреждения образования).

### ТРЕБОВАНИЯ К УРОВНЮ ОСВОЕНИЯ СОДЕРЖАНИЯ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

В результате изучения учебной дисциплины «Модели решения задач в интеллектуальных системах» формируются следующие компетенции:

*универсальные:*

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

быть способным к саморазвитию и совершенствованию в профессиональной деятельности;

проявлять инициативу и адаптироваться к изменениям в профессиональной деятельности;

*базовая профессиональная:* применять инструментальные средства построения интеллектуальных решателей задач и их компонентов, модели решения задач в интеллектуальных системах, в том числе алгоритмические, параллельные, логические и нейросетевые.

В результате изучения учебной дисциплины студент должен:

*знать:*

основы теории формальных языков и грамматик;

способы представления данных и признаки знаний;

языки и способы унифицированного представления знаний;

основные классы задач, основные модели и алгоритмы их решения;

формальные модели обработки информации, формальные модели обработки знаний;

свойства алгебраических операций и операций обработки информации;  
виды зависимостей команд, формы и виды параллелизма;  
виды архитектур вычислительных систем и их основные характеристики;  
общие законы параллельных вычислительных систем;  
общую архитектуру интеллектуальных систем;  
модели хранения и передачи информации в вычислительных системах;  
модели организации памяти параллельных вычислительных систем;  
алгоритмы и основные задачи параллельной обработки данных и знаний;  
графовые динамические системы и средства обработки знаний;  
основные виды методов планирования решения задач;  
виды метаопераций, машин обработки знаний и моделей решения задач;  
основы мультиагентных систем и генетических алгоритмов;  
модели искусственных нейронных сетей и методы их обучения;

*уметь:*

анализировать грамматики формальных языков;  
проводить классификацию и количественный анализ задач и операций;  
сравнивать формальные модели обработки информации и знаний;  
использовать и применять модели и алгоритмы решения задач;  
строить программные модели параллельной обработки знаний и программные модели искусственных нейронных сетей;  
исследовать и оценивать характеристики решения задач;  
оценивать эффективность решения задачи на вычислительных системах;

*владеть:*

навыками сравнения и анализа параллельных моделей решения задач;  
навыками применения нейросетевых и семиотических моделей решения задач, инструментальных средств разработки интеллектуальных систем.

Примерная учебная программа рассчитана на 360 учебных часов, из них – 148 аудиторных. Примерное распределение аудиторных часов по видам занятий: лекции – 62 часа, лабораторные занятия – 86 часов.

## ПРИМЕРНЫЙ ТЕМАТИЧЕСКИЙ ПЛАН

Наименование раздела, темы	Всего аудиторных часов	Лекции	Лабораторные занятия
<b>Раздел 1. Основы моделей решения задач</b>	<b>36</b>	<b>16</b>	<b>20</b>
Тема 1. Языки для представления данных и знаний	6	6	-
Тема 2. Задачи и модели их решений	4	4	-
Тема 3. Формальные системы и модели обработки информации	2	2	-
Тема 4. Основы параллельных моделей решения задач	24	4	20
<b>Раздел 2. Параллельные и гетерогенные модели решения задач</b>	<b>42</b>	<b>16</b>	<b>26</b>
Тема 5. Архитектуры вычислительных и интеллектуальных систем	4	4	-
Тема 6. Задачи управления памятью, модели памяти и механизмы синхронизации	4	4	-
Тема 7. Задачи и операции обработки данных	2	2	-
Тема 8. Модели решения задач обработки знаний	32	6	26
<b>Раздел 3. Нейросетевые модели решения задач и нейрокомпьютеры</b>	<b>70</b>	<b>30</b>	<b>40</b>
Тема 9. Искусственный нейрон	2	2	-
Тема 10. Искусственные нейронные сети	64	24	40
Тема 11. Нейрокомпьютеры	4	4	-
<b>Итого:</b>	<b>148</b>	<b>62</b>	<b>86</b>

## СОДЕРЖАНИЕ УЧЕБНОГО МАТЕРИАЛА

### Раздел 1. ОСНОВЫ МОДЕЛЕЙ РЕШЕНИЯ ЗАДАЧ

#### Тема 1. ЯЗЫКИ ДЛЯ ПРЕДСТАВЛЕНИЯ ДАННЫХ И ЗНАНИЙ

Формальный язык. Грамматика формального языка. Иерархия Н. Хомского. Замыкание Клини, обобщенные строки и обобщенное замыкание Клини. Обобщенный формальный язык. Типология обобщенных языков.

Объекты, образы и отношения между ними. Связи с предметной и проблемной областями.

Данные, признаки и формальный контекст. Знания и признаки знаний.

Синтаксические отношения как основа сложности структурированных данных. Основы семиотики, семантика и ее виды, понятие интерпретации. Схемы именованных данных.

Понятия меры, метрики, метрического пространства и семантической метрики.

Модель и языки унифицированного семантического представления знаний.

#### Тема 2. ЗАДАЧИ И МОДЕЛИ ИХ РЕШЕНИЙ

События и явления, общие виды явлений. Графы событий и состояний. Понятие операции. Отношения и операции над графами. Граф ситуаций и временная шкала. Операционная семантика как основа активности знаний.

Исходное и целевое состояние. Задача, решение задачи. Индивидуальные и обобщенные задачи. Классы задач и игры. Ранг задачи и сложность. Алгоритмы поиска решения задачи в пространстве состояний, связь с методом ветвей и границ. Задачи управления.

#### Тема 3. ФОРМАЛЬНЫЕ СИСТЕМЫ И МОДЕЛИ ОБРАБОТКИ ИНФОРМАЦИИ

Модель и формальная система. Формальные модели обработки информации и абстрактные машины (автоматы). Операции формальной модели обработки информации, типология операций. Формальная модель обработки знаний. Унификация знаний и интеграция моделей решения задач.

#### Тема 4. ОСНОВЫ ПАРАЛЛЕЛЬНЫХ МОДЕЛЕЙ РЕШЕНИЯ ЗАДАЧ

Понятие процесса, потока и системы. Команды и операторы, поток данных и поток команд. Независимые операции, команды и типы зависимостей команд.

Параллелизм. Информационный граф. Ярусно-параллельная форма. Гранулярность параллелизма. Виды, основные формы параллелизма и их характеристики.

Модель параллельной задачи. Параллельная редукция графа состояний.

Логический параллелизм решения, программы и физический параллелизм, соотношение. Коэффициент ускорения и эффективность. Закон Амдала.

## Раздел 2. ПАРАЛЛЕЛЬНЫЕ И ГЕТЕРОГЕННЫЕ МОДЕЛИ РЕШЕНИЯ ЗАДАЧ

### Тема 5. АРХИТЕКТУРЫ ВЫЧИСЛИТЕЛЬНЫХ И ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫХ СИСТЕМ

Понятие системы. Замкнутая и открытая системы. Входы и выходы. Вычислительная система. Процессор. Система команд и операций. Алгебры и алгебраические операции. Общая и распределенная память, память в гетерогенных архитектурах. Коммутация и коммутаторы, типология, вычислительные среды и клеточные автоматы. Типология межузловых и межпроцессорных связей.

Систематика Флинна. Классы ОКМД (одиночный поток команд и множественный поток данных), МКОД (множественный поток команд и одиночный поток данных) и класс МКМД (множественный поток команд и множественный поток данных), характеристики и подклассы, управление от потока команд и от потока данных. Расширение систематики Флинна (классификация Ф. Энслоу).

Типология архитектур вычислительных систем, ориентированных на мелкогранулярный параллелизм. Конвейерная, суперконвейерная и суперскалярные архитектуры. Производительность и масштабируемость параллельной вычислительной системы. Архитектура интеллектуальных систем и систем, управляемых знаниями.

### Тема 6. ЗАДАЧИ УПРАВЛЕНИЯ ПАМЯТЬЮ, МОДЕЛИ ПАМЯТИ И МЕХАНИЗМЫ СИНХРОНИЗАЦИИ

Программа, процесс исполнения программы. Сериализуемость процессов.

Взаимодействие и синхронизация процессов в моделях с общей памятью. Модели параллельного доступа к памяти. Распределённые вычисления на основе общей памяти (распределённая общая память), алгоритмы реализации, модели консистентности памяти.

Линейное адресное пространство. Задачи распределения и перераспределения памяти. Взаимодействие и синхронизация процессов в модели обмена сообщениями. Виды коммуникационного обмена. Алгоритм логического времени Лэмпорта. Планирование и взаимодействие процессов, индексное пространство. Планирование данных и коммуникационного обмена.

### Тема 7. ЗАДАЧИ И ОПЕРАЦИИ ОБРАБОТКИ ДАННЫХ

Свойства операций над данными, операция редукции. Векторные типы данных и операции. Параллельные процедуры редукции массива, префиксной суммы, сортировки. Строки и модели их обработки. Задачи над матрицами и графами.

### Тема 8. МОДЕЛИ РЕШЕНИЯ ЗАДАЧ ОБРАБОТКИ ЗНАНИЙ

Статические и динамические модели. Подходы к распараллеливанию.

Программы и процедуры, как императивное представление знаний решения задачи. Граф управления процедурной программы. Коэффициент

расхождения программы. Параллельный поиск решения, параллельная редукция и инверсия задач. Поуровневое планирование и оптимизация параллельной программы, базовые блоки, циклы и их гнезда. Последовательность планирования гранул параллелизма в решении задачи. Глобальные и локальные методы планирования. Преобразования циклов. Нормализованные гнезда циклов, итерационное пространство и дистантные вектора.

Графовые динамические системы и обобщенные клеточные автоматы. Сети Петри и их расширения. Описание сетями Петри вычислительных систем и проблем. Системы, построенные на редукционных принципах (автотрансформация вычислительной сети). Модели и языки унифицированного семантического представления и обработки знаний. Операции над событийными множествами. Метаоперации и логические модели обработки знаний.

Типология моделей представления и обработки знаний. Машины обработки знаний: типология, их отношения и мультиагентные системы.

### Раздел 3. НЕЙРОСЕТЕВЫЕ МОДЕЛИ РЕШЕНИЯ ЗАДАЧ И НЕЙРОКОМПЬЮТЕРЫ

#### Тема 9. ИСКУССТВЕННЫЙ НЕЙРОН

Биологические основы нейросетевых моделей. Типология искусственных нейронов. Синаптическая функция. Функция активации. Задача, решаемая искусственным нейроном. Задача обучения искусственного нейрона. Правило Хебба. Дельта правило. Геометрическая интерпретация.

#### Тема 10. ИСКУССТВЕННЫЕ НЕЙРОННЫЕ СЕТИ

Типология нейронных сетей. Слой. Рецепторы. Эффекторы. Скрытые слои. Задачи, решаемые нейронной сетью. Классы задач. Отличие задачи обучения нейронной сети от задачи обучения искусственного нейрона. Задача классификации. Методы обучения нейронных сетей. Понятие ошибки. Типология методов обучения. Градиентные методы. Понятие коэффициента обучения. Метод обратного распространения ошибки. Алгоритм обратного распространения ошибки. Методы обучения, использующие случайные величины. Гибридные методы обучения, генетические алгоритмы. Задача выделения главных компонент. Задача прогнозирования последовательностей. Рекуррентные нейронные сети. Задача распознавания, задача ассоциирования. Релаксационные нейронные сети. Задача кластеризации и векторное квантование. Карты Кохонена. Специализированные нейронные сети и нейронные сети на основе физических и физиологических аналогий. Задача извлечения знаний. Нечеткие нейронные сети. Схема активного анализа на основе нейроподобных элементов.

#### Тема 11. НЕЙРОКОМПЬЮТЕРЫ

Реализация на базе программируемых логических матриц (интегральных схем) и цифровых сигнальных процессоров. Системные массивы и процессоры. Отказоустойчивость в нейрокомпьютерах.

## ИНФОРМАЦИОННО-МЕТОДИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

### ОСНОВНАЯ

1. Головкин, В. А. Нейросетевые технологии обработки данных : учебное пособие / В. А. Головкин, В. В. Краснопрошин. – Минск : БГУ, 2017. – 263 с.
2. Ивашенко, В. П. Модели решения задач в интеллектуальных системах : в 2 ч. Ч. 1 : Формальные модели обработки информации и параллельные модели решения задач : учебно-методическое пособие / В. П. Ивашенко. – Минск : БГУИР, 2020. – 79 с.
3. Рассел, С. Искусственный интеллект : современный подход / С. Рассел, П. Норвиг ; пер. с англ. – 2-е изд. – Москва : Вильямс, 2016. – 1408 с.
4. Орлов, С. А. Организация ЭВМ и систем : учебник / С. А. Орлов, Б. Я. Цилькер. – 2-е изд. – Санкт-Петербург : Питер, 2014. – 688 с.
5. Осовский, С. Нейронные сети для обработки информации / С. Осовский ; пер. с польск. И. Д. Рудинского – Москва : Горячая линия-Телеком, 2016. – 448 с.
6. Формальные основы семантического представления знаний в интеллектуальных системах : учебно-методическое пособие / В. В. Голенков [и др.]. – Минск : БГУИР, 2014. – 68 с.

### ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ

7. Воеводин, В. В. Параллельные вычисления : учебное пособие / В. В. Воеводин. – Санкт-Петербург : БХВ-Петербург, 2004. – 608 с.
8. Воеводин, В. В. Вычислительная математика и структура алгоритмов / В. В. Воеводин. – Москва : МГУ, 2006. – 112 с.
9. Волкова, В. Н. Теория систем и системный анализ / В. Н. Волкова, А. А. Денисов. – Москва : Юрайт, 2012. – 688 с.
10. Иванов, В. А. Теория дискретных систем автоматического управления : учебное пособие / В. А. Иванов, А. С. Ющенко ; под ред. Е. П. Попова. – Москва : МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2015. – 348 с.
11. Ивашенко, В. П. Онтологическая модель пространственно-временных отношений событий и явлений в процессах обработки знаний / В. П. Ивашенко // Вестник БрГТУ. – 2017. – №5(107). – С. 13 – 17.
12. Каллан, Р. Основные концепции нейронных сетей / Р. Каллан ; пер. с англ. – Москва : Вильямс, 2003. – 288 с.
13. Осовский, С. Нейронные сети для обработки информации / С. Осовский ; пер. с польск. – Москва : Финансы и статистика, 2004. – 344 с.
14. Смит, Б. Методы и алгоритмы вычислений на строках / Б. Смит ; пер. с англ. – Москва : Вильямс, 2006. – 496 с.
15. Таненбаум, Э. Архитектура компьютера / Э. Таненбаум. – 5-е изд. – Санкт-Петербург : Питер, 2009. – 844 с.
16. Таненбаум, Э. Распределенные системы. Принципы и парадигмы / Э. Таненбаум, М. ван. Стеен. – Санкт-Петербург : Питер, 2003. – 877 с.

17. Шпаковский, Г. И. Реализация параллельных вычислений : кластеры, многоядерные процессоры, грид, квантовые компьютеры / Г. И. Шпаковский. – Минск : БГУ, 2011. – 176 с.

18. Ivashenko, V. P. Semantic logging of knowledge processing based on binary generated events / V. P. Ivashenko // Pattern Recognition and Information Processing (PRIP 2019) : Proceedings of the 14th International Conference, Minsk, 21-23 May 2019, Belarus. – Minsk : Bestprint, 2019. – С. 172 – 177.

19. Kshemkalyani, A. D., Singhal M. Distributed Computing: Principles, Algorithms, and Systems / A. D Kshemkalyani, M. Singhal. – Cambridge University Press, 2011. – 756 p.

20. PARALLEL.RU – Информационно аналитический центр по параллельным вычислениям [Электронный ресурс]. Режим доступа : <https://parallel.ru>. – Дата доступа: 31.05.2024.

21. The Description Logic Handbook: Theory, Implementation, and Applications. – Cambridge University Press, 2003. – 587 p.

22. Consistency in Non-Transactional Distributed Storage Systems. ACM Computing Surveys / P. Viotti, M. Vukolic. – 2016. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://vukolic.com/consistency-survey.pdf>. – Дата доступа: 31.05.2024

23. Zaitsev, D. A. Universal Inhibitor Petri Net // Proceedings of the 17-th German Workshop on Algorithms and Tools for Petri Nets, 7–8 October. – Cottbus, Germany. – 2010. – P. 1–15. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://ceur-ws.org/Vol-643>. – Дата доступа: 31.05.2024.

## МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ОРГАНИЗАЦИИ И ВЫПОЛНЕНИЮ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ СТУДЕНТОВ

При изучении учебной дисциплины рекомендуется использовать следующие формы самостоятельной работы:

подготовка к лекциям и лабораторным занятиям;

работа с учебно-методическими пособиями;

чтение рекомендуемой литературы;

выполнение лабораторных работ;

самостоятельное изучение тем и проблем, не выносимых на лекции и лабораторные занятия.

## ПЕРЕЧЕНЬ РЕКОМЕНДУЕМЫХ СРЕДСТВ ДИАГНОСТИКИ КОМПЕТЕНЦИЙ СТУДЕНТОВ

Примерным учебным планом специальности 6-05-0611-03 «Искусственный интеллект» в качестве формы промежуточной аттестации по учебной дисциплине «Модели решения задач в интеллектуальных системах» рекомендуются зачет и экзамен. Оценка учебных достижений студентов производится по системе «зачтено/не зачтено» и десятибалльной шкале.

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

- устный опрос;
- контрольный опрос;
- защита лабораторных работ.

### 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.

### РЕКОМЕНДАЦИИ ПО КУРСОВОМУ ПРОЕКТИРОВАНИЮ

Цель курсового проекта: разработка алгоритмов обработки знаний.

Задачи курсового проекта:

приобретение навыков использования различных информационных источников и ресурсов;

усвоение языков представления, программных средств и алгоритмов обработки знаний;

приобретение навыков программирования вычислительных систем с различными видами архитектур.

Примерный объем задания заключается в документировании, разработке, реализации, тестировании и исследовании характеристик выполнения нескольких процедур или функций (2-15), ориентированных на решение одной из задач обработки знаний больших объемов или поступающих и обрабатываемых в режиме реального времени.

### ПРИМЕРНЫЙ ПЕРЕЧЕНЬ ТЕМ КУРСОВЫХ ПРОЕКТОВ

1. Реализация операций над множествами.
  - Пересечение множеств.
  - Объединение множеств.
  - Разность множеств.
  - Вычисление предиката подмножества.
  - Вычисление предиката равенства множеств.
2. Реализация операций над мультимножествами.
  - Пересечение множеств.
  - Объединение множеств.

- Разность множеств.
- Вычисление предиката подмножества.
- Вычисление предиката равенства мультимножеств.
- 3. Реализация операций над отношениями.
  - Обращение бинарного отношения.
  - Композиция бинарных отношений.
  - Транзитивное замыкание бинарного отношения.
- 4. Реализация операций над списковыми структурами и деревьями.
  - Обращение списка.
  - Конкатенация деревьев.
  - Разбиение деревьев.
- 5. Реализация операций над представлениями чисел.
  - Сложение.
  - Умножение.
  - Сравнение.
  - Сортировка.
- 6. Реализация операций над алгебраическими выражениями.
  - Символьное дифференцирование.
  - Символьное интегрирование.
- 7. Реализация операций над графовыми структурами.
  - Поиск минимального паросочетания.
  - Поиск обхвата графа.
  - Поиск эйлера цикла.
  - Поиск гамильтонова цикла.
  - Поиск максимальной клики.
  - Проверка на изоморфизм.
- 8. Реализация операций над логическими формулами.
  - Приведение к предварённой форме.
  - Приведение к нормальной форме.
  - Применение правила резолюции.
  - Поиск наибольшего общего унификатора.
- 9. Проектирование и моделирование вычислительных систем. Реализация микропрограмм виртуальной машины.

### ПРИМЕРНЫЙ ПЕРЕЧЕНЬ ТЕМ ЛАБОРАТОРНЫХ ЗАНЯТИЙ

1. Программирование операций обработки знаний с конвейеризированной обработкой потока данных.
2. Программирование параллельного решения задач на параллельной архитектуре.
3. Применение искусственных нейронных сетей для кодирования и декодирования образов.
4. Моделирование релаксационных искусственных нейронных сетей.
5. Применение искусственных нейронных сетей для прогнозирования числовых последовательностей.

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

1. Интегрированная среда разработки C\C++.
2. Интегрированная среда разработки Python 3.7 с поддержкой модулей и библиотек обучения искусственных нейронных сетей или аналогичная.
3. Производительное аппаратное обеспечение для выполнения параллельных алгоритмов обучения искусственных нейронных сетей.
4. Программное и аппаратное обеспечение с доступом в глобальную компьютерную сеть Интернет, включая обозреватели глобальной компьютерной сети Chrome 121.0.6167.185 или аналогичные.
5. Справочно-проверяющая семантическая система по дисциплине или аналогичное программное обеспечение для изучения учебных материалов и автоматизированного проведения контрольных опросов и тестов.
6. Инструментальные средства разработки интеллектуальных систем и систем, основанных на знаниях, использующих унифицированное семантическое представления знаний.