

МИНОБРНАУКИ РОССИИ

Федеральное государственное бюджетное
образовательное учреждение высшего образования
«Тульский государственный университет»

Институт прикладной математики и компьютерных наук
Кафедра «Прикладная математика и информатика»

Утверждено на заседании кафедры
«Прикладная математика и информатика»
24 января 2022 г., протокол № 5

Заведующий кафедрой

 М.В. Грязев

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)
«Интеллектуальные управляющие системы в реальном времени»

**основной профессиональной образовательной программы
высшего образования – программы магистратуры**

по направлению подготовки
01.04.02 Прикладная математика и информатика

с направленностью (профилем)
**Перспективные методы искусственного интеллекта
в сетях передачи и обработки данных**

Форма обучения: очная

Идентификационный номер образовательной программы: 010402-01-22

Тула 2022 год

1. Место дисциплины (модуля) в структуре ОПОП ВО:

Дисциплина (модуль) относится к части дисциплин основной профессиональной образовательной программы, формируемых участниками образовательных отношений

2. Входные требования для освоения дисциплины (модуля), предварительные условия (если есть):

Изучение дисциплины базируется на освоении знаниями о принципах работы операционных систем, традиционных компьютерных сетей, программно-конфигурируемых компьютерных сетей в объеме, соответствующем основным образовательным программам бакалавриата по укрупненным группам направлений и специальностей 01.00.00 «Математика и механика», 02.00.00 «Компьютерные и информационные науки»

3. Результаты обучения по дисциплине (модулю):

Планируемые результаты обучения по дисциплине (модулю)	
Формируемые компетенции (код и наименование компетенции)	Результаты обучения (знания, умения)
ПК-2. Способен выбирать, разрабатывать и проводить экспериментальную проверку работоспособности программных компонентов систем искусственного интеллекта по обеспечению требуемых критериев эффективности и качества функционирования.	ПК-2.1. Выбирает и разрабатывает программные компоненты систем искусственного интеллекта.
	ПК-2.2. Проводит экспериментальную проверку работоспособности систем искусственного интеллекта.

4. Объем дисциплины (модуля) составляет 3 з.е., в том числе 36 академических часа контактная работа с преподавателем - 12 академических часа занятий лекционного типа, 24 академических часов занятий практического типа, 72 академических часов на самостоятельную работу обучающихся.

5. Содержание дисциплины (модуля), структурированное по темам (разделам) с указанием отведенного на них количества академических часов и виды учебных занятий:

5.1. Структура дисциплины (модуля) по темам (разделам) с указанием отведенного на них количества академических часов и виды учебных занятий (в строгом соответствии с учебным планом)

Наименование разделов и тем дисциплины (модуля), Форма промежуточной аттестации по дисциплине (модулю)	Номинальные трудозатраты обучающегося			Всего академических часов	Форма текущего контроля успеваемости* (наименование)
	Контактная работа (работа во взаимодействии с преподавателем) Виды контактной работы, академические часы		Самостоятельная работа обучающегося, академические часы		
	Занятия лекционного типа	Практические занятия			
Тема 1. Организация кон-	2	4	6	12	опрос

тура управления в ИУС РВ					
Тема 2. Динамическое и статико-динамическое планирование вычислений в ИУС РВ	2	4	6	12	опрос
Тема 3. Архитектура вычислительных блоков ИУС РВ	2	4	6	12	практическое задание
Тема 4. Анализ наихудшего времени выполнения программ (WCET) в ИУС РВ	2	4	6	12	опрос
Тема 5. Архитектура и методы конфигурирования сетей передачи данных (СПД) в ИУС РВ	2	4	6	12	опрос
Тема 6. Тестирование, мониторинг и отладка ИУС РВ.	2	4	6	12	практическое задание
Другие виды самостоятельной работы (отсутствуют)	—	—			—
Промежуточная аттестация (зачет)					
Итого	12	24	36	72	—

5.2. Содержание разделов (тем) дисциплины

№ п/п	Наименование разделов (тем) дисциплины	Содержание разделов (тем) дисциплин
1.	Тема 1. Организация контура управления в ИУС РВ	Структура типового контура управления в ИУС РВ, его деление на этапы. Иерархическая схема принятия решений в ИУС РВ. Многостадийная обработка входной информации от датчиков. Отображение схемы принятия решения и многостадийной обработки входной информации на наборы периодических задач для выполнения на вычислительных ресурсах ИУС РВ.
2.	Тема 2. Динамическое и стати-	Схемы планирования RM и EDF. Математические

	ко-динамическое планирование вычислений в ИУС РВ	модели оценки времени отклика задач. Подходы к проверке соблюдения директивных сроков. Планирование при наличии джиттера и перегрузки. Проблема инверсии приоритетов и пути ее решения. Организация вычислений и планирование вычислений в ИУС РВ с интегрированной модульной архитектурой.
3.	Тема 3. Архитектура вычислительных блоков ИУС РВ	Типовая структура вычислительного блока ИУС РВ. Специализированные процессоры и системные шины, используемые в ИУС РВ. Схемы оптимизации энергопотребления процессоров при соблюдении директивных сроков. Арбитраж на шинах VME и CAN, оптимизация передачи данных по этим шинам.
4.	Тема 4. Анализ наихудшего времени выполнения программ (WCET) в ИУС РВ	Анализ потока управления при оценке WCET. Анализ влияния оборудования (конвейер, кэш) на WCET. Расчет итоговой оценки WCET. Оптимизация WCET, повышение временной предсказуемости выполнения программ в ИУС РВ. Эволюционные алгоритмы поиска нижней оценки WCET.
5.	Тема 5. Архитектура и методы конфигурирования сетей передачи данных (СПД) в ИУС РВ	Магистральные каналы с централизованным управлением, кольца с арбитражем, сети с пакетными коммутаторами как основные архитектуры СПД в ИУС РВ. Задачи и алгоритмы конфигурирования СПД для обеспечения передачи данных в реальном времени.
6.	Тема 6. Тестирование, мониторинг и отладка ИУС РВ	Тестирование ИУС РВ как аппаратно-программных систем. Мониторинг функционирования ИУС РВ. Организация стендовых сред тестирования. Основы работы с комплексом инструментальных средств функционального тестирования ИУС РВ.

6. Фонд оценочных средств (ФОС, оценочные и методические материалы) для оценивания результатов обучения по дисциплине (модулю).

6.1. Типовые контрольные задания или иные материалы для проведения текущего контроля успеваемости, критерии и шкалы оценивания (в отсутствие утвержденных соответствующих локальных нормативных актов на факультете)

Примерные контрольные работы

1. Практическое задание «Анализ динамической планируемости наборов задач».

В однопроцессорной вычислительной системе реального времени (ВС РВ) используется динамическое планирование выполнения задач по схеме с фиксированными приоритетами. Выполнение задач происходит с вытеснением. Для оценки планируемости набора задач используются формулы, описанные в лекциях. Требуется реализовать программу, оценивающую планируемость по этим формулам.

Входные данные: дана информация о наборе задач для выполнения на ВС РВ с динамическим планированием; про каждую задачу известно имя (текстовая строка) и следующие числовые параметры (натуральные числа):

- период;
- приоритет (чем выше значение, тем больше приоритет);
- относительный директивный срок, не превосходящий период;
- длительность выполнения.

Необходимо написать программу, которая:

а) проверяет описанные в лекциях условия планируемости и выдает диагноз по планируемости (ответ «YES», если гарантируется выполнение всех задач с соблюдением директивных сроков или «NO» — в противном случае);

б) в случае отрицательного ответа также выводит имя первой (по порядку уменьшения приоритета) задачи, для которой время отклика оказалось больше директивного срока.

2. Практическое задание «Построение статического расписания передачи данных».

В вычислительной системе реального времени используется канал передачи данных с централизованным управлением. Вытеснение сообщений недопустимо, передача следующего сообщения может начаться только после завершения передачи предыдущего сообщения. Контроллер канала работает в соответствии со статическим расписанием передачи сообщений.

Входные данные: дана информация о наборе периодических заданий для контроллера канала; для каждого задания указаны следующие числовые параметры (натуральные числа):

- числовой идентификатор (номер);
- число слов данных;
- частота;
- начальный фазовый сдвиг;
- конечный фазовый сдвиг.

Также заданы значения технологических ограничений на расписание, таких как длительность подцикла, максимальное число работ в цепочке работ, максимальная длительность цепочки работ.

Необходимо написать программу, которая строит расписание передачи сообщений при помощи заданного алгоритма, а также определяет наиболее «сильные» значения технологических ограничений, при которых заданный алгоритм строит полное и корректное расписание.

3. Практическое задание «Функциональное тестирование бортовой вычислительной машины, представленной в виде имитационной модели»

При тестировании бортовой ИУС РВ, тестовые сценарии выполняют обмен данными с устройствами ИУС РВ по бортовым каналам, выдавая в канал тестовые данные и принимая ответные данные от тестируемых устройств. Принятые данные проверяются на предмет корректности значений и своевременности поступления.

Для выполнения задания учащемуся предоставляется виртуальная машина с комплектом средств функционального тестирования (ФТ), а также с упрощенной программной моделью бортовой цифровой вычислительной машины (БЦВМ), имитирующей несколько режимов работы БЦВМ. Также даны спецификации ряда требований к функционированию БЦВМ, определяющих последовательность смены режимов и порядок выполнения информационного обмена по внешним (для БЦВМ) каналам в каждом из режимов.

Необходимо с использованием средств ФТ реализовать тестовые сценарии, проверяющие заданные требования применительно к модели БЦВМ, и осуществить прогон этих сценариев. В модели БЦВМ сознательно допущены отдельные «ошибки», приводящие к от-

клонениям функционирования модели от некоторых из требований. Важным признаком понимания материала является выявление этих ошибок при прогоне тестовых сценариев, а не реализация тестовых сценариев так, чтобы они успешно выполнялись, несмотря на ошибки в модели БЦВМ.

Вопросы к опросу:

1. Состав ИУС РВ, основные виды устройств в составе ИУС РВ. Функции и специфика работы ИУС РВ. Реагирующие системы. Градации требований реального времени.
2. Многостадийная обработка входной информации, поступающей в ИУС РВ от датчиков. Специфика вычислений на различных стадиях обработки. Отображение многостадийной схемы обработки информации на наборы периодических задач.
3. Динамическое планирование задач в ИУС РВ. Схемы планирования RateMonotonic (фиксированные приоритеты) и EarliestDeadlineFirst (динамические приоритеты). Условия планируемости наборов задач при директивных сроках, равных периодам.
4. Оценка времени отклика задач для схемы RM при директивных сроках, не превышающих периоды; её использование для анализа планируемости наборов задач. Схема обоснования формул для оценки времени отклика.
5. Джиттер (флуктуация задержки) при динамическом планировании. Виды джиттера, подходы к его минимизации. Сравнение схем RM и EDF с точки зрения джиттера. Планирование задач без вытеснения: преимущества и недостатки, использование для борьбы с джиттером.
6. Задача планирования вычислений в системах ИМА. Жадный алгоритм привязки разделов к процессорным ядрам. Алгоритм построения набора окон. Роль модели вычислительной системы при планировании вычислений в системе ИМА, схема работы модели. Проблема использования только наихудших оценок времени выполнения задач.
7. Проблема энергопотребления вычислительной системы, актуальность этой проблемы для ИУС РВ. Связь между мощностью и энергопотреблением; основания для минимизации каждой из этих характеристик системы. Связь между частотой работы процессора, напряжением питания и затратами энергии на такт работы. Использование параллелизма для снижения энергопотребления (конвейер, множественные функциональные устройства, VLIW-архитектура).
8. Фазы анализа WCET. Анализ потоков. Оценка числа итераций циклов, выявление недопустимых путей. Использование абстрактной интерпретации. Аннотирование кода для поддержки анализа WCET – для простейшей и для реалистичной архитектуры процессора.
9. Фазы анализа WCET. Вычисление оценки WCET. Методы расчета WCET: по синтаксическому дереву программы; по путям выполнения; метод неявного перебора путей.
10. Измерение WCET: в каких случаях это допустимо? Схема оценки WCET с помощью измерений, основные методы инструментирования систем для оценки WCET. Оценка WCET как оптимизационная задача. Применение эволюционных алгоритмов для оценки WCET. Безопасность получаемых оценок.
11. Шина VME. Роли модулей на шине VME. Процедура передачи данных по шине VME. Механизмы прерываний и блочной передачи данных на шине VME. Недостатки шины VME. Стандарт VPX как путь к устранению этих недостатков.
12. Кольцо с арбитражем FibreChannel, схема его функционирования. Процедура арбитража. Протокол FC-AE-1553 и его использование для работы унаследованных устройств, поддерживающих протокол MIL STD-1553B.
13. Сети на основе стандарта AFDX: архитектура, стек протоколов, маршрутизация потоков данных. Параметры виртуальных каналов AFDX. Формирование трафика AFDX на оконечной системе, контроль трафика на коммутаторе.

14. Перспективы применения программно-конфигурируемых сетей (ПКС) в ИУС РВ. Выбор между активным и пассивным режимом. Функциональность приложения управления трафиком для контроллера ПКС в ИУС РВ. Ниша для применения ПКС в ИУС РВ.
15. Уровни информационного обмена по каналам в ИУС РВ. Способы подключения монитора к каналам различной топологии. Задачи мониторинга на различных уровнях: физическом, канальном, логическом. Средства мониторинга обмена по каналам в ИУС РВ на перечисленных уровнях.

6.2. Типовые контрольные задания или иные материалы для проведения промежуточной аттестации по дисциплине, критерии и шкалы оценивания

Вопросы к экзамену

1. Состав ИУС РВ, основные виды устройств в составе ИУС РВ. Функции и специфика работы ИУС РВ. Реагирующие системы. Градации требований реального времени.
2. Развитие архитектуры ИУС РВ. Неоднородность ИУС РВ по типам каналов, устройств, данных.
3. Организация контура управления в ИУС РВ, деление контура управления на этапы. Иерархическая схема принятия решений в ИУС РВ, обратная связь на различные уровни иерархии. Отображение этой схемы на набор периодических задач, соотношение частот выполнения задач с их отношением к уровням иерархии.
4. Многостадийная обработка входной информации, поступающей в ИУС РВ от датчиков. Специфика вычислений на различных стадиях обработки. Отображение многостадийной схемы обработки информации на наборы периодических задач.
5. Динамическое планирование задач в ИУС РВ. Схемы планирования RateMonotonic (фиксированные приоритеты) и EarliestDeadlineFirst (динамические приоритеты). Условия планируемости наборов задач при директивных сроках, равных периодам.
6. Оценка времени отклика задач для схемы RM при директивных сроках, не превышающих периоды; её использование для анализа планируемости наборов задач. Схема обоснования формул для оценки времени отклика.
7. Критические секции. Инверсия приоритетов, пример MarsPathfinder. Схемы наследования приоритета и потолка приоритета.
8. Критерий потребности в процессорном времени (processordemand) для оценки планируемости задач в схеме EDF. Схема обоснования этого критерия.
9. Джиттер (флуктуация задержки) при динамическом планировании. Виды джиттера, подходы к его минимизации. Сравнение схем RM и EDF с точки зрения джиттера. Планирование задач без вытеснения: преимущества и недостатки, использование для борьбы с джиттером.
10. Планирование вычислений при перегрузке системы. Особенности работы схем RM и EDF в условиях перегрузки. Схема компенсации перегрузки на основе растяжимых («эластичных») периодов задач.
11. Архитектура интегрированной модульной авионики (ИМА), её отличия от федеративной архитектуры ИУС РВ. Организация программного обеспечения в системах ИМА: разделы, информационное взаимодействие между разделами и внутри разделов. Схема статико-динамического выполнения задач в системах ИМА.
12. Задача планирования вычислений в системах ИМА. Жадный алгоритм привязки разделов к процессорным ядрам. Алгоритм построения набора окон. Роль модели вычислительной системы при планировании вычислений в системе ИМА, схема работы модели. Проблема использования только наихудших оценок времени выполнения задач.

13. Ограничения на процессоры в ИУС РВ, источники этих ограничений. Проблемы применения в ИУС РВ высокопроизводительных процессоров общего назначения («настоольных», «серверных»). Примеры специализации процессоров: мультимедийные команды, специализированные регистры, множественные банки и шины памяти, устройства вычисления адресов, адресация по модулю.
14. Специализированные процессоры: микроконтроллеры, процессоры цифровой обработки сигналов (DSP), процессоры с длинным командным словом (VLIW). Проблема загрузки ресурсов VLIW-процессора. Программируемые логические интегральные схемы (ПЛИС, FPGA), их структура и принцип применения. Специализированные микросхемы (ASIC), ниша для их рационального применения.
15. Проблема энергопотребления вычислительной системы, актуальность этой проблемы для ИУС РВ. Связь между мощностью и энергопотреблением; основания для минимизации каждой из этих характеристик системы. Связь между частотой работы процессора, напряжением питания и затратами энергии на такт работы. Использование параллелизма для снижения энергопотребления (конвейер, множественные функциональные устройства, VLIW-архитектура).
16. Динамическая регулировка напряжения процессора. Выбор оптимального напряжения питания (на примере). Алгоритм YDS планирования вычислений с минимизацией энергопотребления за счёт регулировки напряжения питания.
17. Понятие WCET. Актуальность WCET для анализа времени отклика задач в ИУС РВ. Типичное распределение времён выполнения программы на различных данных. Требования к оценке WCET. Проблемы при оценке WCET методом замеров. Два основных фактора, определяющих WCET. Зависимость длительности выполнения пути в программе от длительностей команд, входящих в путь (для простой и для реалистичной архитектуры).
18. Фазы анализа WCET. Анализ потоков. Оценка числа итераций циклов, выявление недопустимых путей. Использование абстрактной интерпретации. Аннотирование кода для поддержки анализа WCET – для простейшей и для реалистичной архитектуры процессора.
19. Фазы анализа WCET. Низкоуровневый анализ. Проблемы моделирования временных характеристик аппаратуры, важность предсказуемости задержек от аппаратуры. Анализ влияния конвейера, отражение результатов анализа на графе потока управления. Анализ влияния кэш-памяти. Актуальность совместного анализа влияния конвейера и кэш-памяти на время выполнения участков кода.
20. Фазы анализа WCET. Вычисление оценки WCET. Методы расчета WCET: по синтаксическому дереву программы; по путям выполнения; метод неявного перебора путей.
21. Критичность временной предсказуемости функционирования ИУС РВ. Критерии производительности для систем реального времени и «обычных» вычислительных систем. Линеаризация кода. Предикатное выполнение команд и его использование для линеаризации кода. Свойства линейного кода (с точки зрения сложности анализа и производительности). Обеспечение константного времени выполнения линейного кода. Общая схема оптимизации WCET на этапе компиляции. Проблема изменения наилучшего пути в результате оптимизации.
22. Измерение WCET: в каких случаях это допустимо? Схема оценки WCET с помощью измерений, основные методы инструментирования систем для оценки WCET. Оценка WCET как оптимизационная задача. Применение эволюционных алгоритмов для оценки WCET. Безопасность получаемых оценок.
23. Технологические ограничения на вычислительные блоки ИУС РВ, источники этих ограничений. Характеристики однопроцессорных центральных ЭВМ на примере марсоходов. Мезонинная архитектура одноплатных компьютеров. Пример системы из однопроцессорных блоков со слабой интеграцией.

24. Шина VME. Роли модулей на шине VME. Процедура передачи данных по шине VME. Механизмы прерываний и блочной передачи данных на шине VME. Недостатки шины VME. Стандарт VPX как путь к устранению этих недостатков.
25. Интегрированная модульная авионика (ИМА). Архитектура систем ИМА, преимущества этой архитектуры. Шина данных и сервисная шина в системах ИМА, схема арбитража на сервисной шине CAN. Примеры модулей в системах ИМА. Ограничения на применимость вычислителей с архитектурой ИМА на ранних стадиях обработки входных данных.
26. Схема функционирования канала с централизованным управлением и роли устройств на нём. Преимущества схемы с централизованным управлением. Канал MIL STD-1553B и его использование на Международной космической станции. Эволюция стандарта MILSTD-1553B: каналы EBR-1553, MIL STD-1760, STANAG 3910. Организация обмена с централизованным управлением на шине CAN.
27. Задача построения расписания выполнения работ в одноприборном устройстве. Задача построения расписания передачи сообщений по шине с централизованным управлением. Технологические ограничения на обмен для схемы с подциклами и схемы без подциклов. Жадный алгоритм построения расписания передачи сообщений, основные недостатки этого алгоритма.
28. Кольцо с арбитражем FibreChannel, схема его функционирования. Процедура арбитража. Протокол FC-AE-1553 и его использование для работы унаследованных устройств, поддерживающих протокол MIL STD-1553B.
29. Задача совместного планирования вычислений и обмена по каналу с централизованным управлением. Подходы к решению этой задачи. Жадный алгоритм совместного планирования, в т.ч. решение проблемы зависимости длительности передачи сообщений от привязки задачи-отправителя и задачи-получателя к абонентам канала.
30. Недостатки каналов точка-точка при использовании в ИУС РВ. Подход к устранению этих недостатков при помощи мультиплексных каналов, недостатки этого подхода. Организация сети ИУС РВ на основе коммутаторов. Преимущества и недостатки такой организации. Устранение недостатков за счёт поддержки виртуальных каналов.
31. Сети на основе стандарта AFDX: архитектура, стек протоколов, маршрутизация потоков данных. Параметры виртуальных каналов AFDX. Формирование трафика AFDX на оконечной системе, контроль трафика на коммутаторе.
32. Задачи проектирования сети AFDX. Оценка длительности передачи кадра через сеть AFDX. Проблема возрастания джиттера при объединении потоков данных на коммутаторе, причины возникновения этой проблемы. Профиль FibreChannel реального времени, его сходства и отличия от протокола AFDX.
33. Сети Ethernet с временной синхронизацией (TTEthernet). Организация бесконфликтной передачи данных, разделение времени на каждом узле сети. Планирование передачи данных по сети TTEthernet: набор линейных ограничений, последовательность шагов планирования на основе этих ограничений.
34. Перспективы применения программно-конфигурируемых сетей (ПКС) в ИУС РВ. Выбор между активным и пассивным режимом. Функциональность приложения управления трафиком для контроллера ПКС в ИУС РВ. Ниша для применения ПКС в ИУС РВ.
35. Требования к средствам тестирования ИУС РВ. Архитектура стенда тестирования ИУС. Задачи, требующие работы с натурными устройствами ИУС на стенде. Аппаратная база стенда. Примеры стендов, построенных по описанной архитектуре. Процесс совместного применения стендов для отработки бортовых ИУС РВ.

36. Архитектура имитационной среды (ИС) стенда тестирования ИУС: на основе дискретно-событийной схемы с передачей сообщений, на основе общей памяти с единым полем параметров. Выбор архитектуры ИС в зависимости от требований к ИС. Схема работы точек ожидания в дискретно-событийной ИС. Структура ПО дискретно-событийной ИС.
37. Основные понятия языка описания тестов (ЯОТ), используемого на стенде. Тестовые компоненты, интерфейсы, сообщения, битовые поля, тестовые случаи, тестовые шаги. Типовая организация тестового шага. Взаимодействие с пользователем при интерактивном тестировании. Протокол тестирования, его содержание и назначение. Процедура подготовки и проведения тестирования.
38. Уровни информационного обмена по каналам в ИУС РВ. Способы подключения монитора к каналам различной топологии. Задачи мониторинга на различных уровнях: физическом, канальном, логическом. Средства мониторинга обмена по каналам в ИУС РВ на перечисленных уровнях.
39. Мониторинг межзадачного обмена в ИУС РВ. Инструментирование ПО ИУС РВ для выполнения мониторинга, негативное влияние инструментирования на точность наблюдений. Виды представления информации: снимки, трасса. Примеры системной информации, доступной для мониторинга.

ШКАЛА И КРИТЕРИИ ОЦЕНИВАНИЯ результатов обучения (РО) по дисциплине				
Оценка виды оценоч- ных средств	2 (не зачтено)	3 (зачтено)	4 (зачтено)	5 (зачтено)
Знания (виды оценоч- ных средств: опрос, тесты)	Отсутствие знаний	Фрагментарные знания	Общие, но не структурированные знания	Сформированные систематические знания
Умения (виды оценоч- ных средств: практические задания)	Отсутствие умений	В целом успеш- ное, но не си- стематическое умение	В целом успешное, но содержащее от- дельные пробелы умение (допускает неточности не- принципиального характера)	Успешное и си- стематическое умение
Навыки (владения, опыт деятель- ности) (виды оценоч- ных средств: выполнение и защита курсо- вой работы, отчет по практике, от- чет по НИР и т.п.)	Отсутствие навыков (вла- дений, опыта)	Наличие от- дельных навы- ков (наличие фрагментарного опыта)	В целом, сформир- ованные навыки (владения), но ис- пользуемые не в активной форме	Сформированные навыки (владе- ния), применяе- мые при решении задач

7. Ресурсное обеспечение:

7.1. Перечень основной и дополнительной литературы

Основная литература

1. Ковалев, А., Синенко, В. Стандарт VPX: путь к зрелости. Открытые системы. СУБД. 2014. N 10.
2. Парамонов, П., Жаринов, И. Интегрированные бортовые вычислительные системы: обзор современного состояния и анализ перспектив развития в авиационном приборостроении. Научно-технический вестник информационных технологий, механики и оптики, 2013.

Дополнительная литература

1. Burns, A., Wellings, A. Real-Time Systems and Programming Languages (Fourth Edition, Addison Wesley, 2009).
2. Kopetz, H. Real-Time Systems. Design Principles for Distributed Embedded Applications (Second Edition, Springer, 2011).
3. Zi-Xing Cai. Intelligent Control: Principles, Techniques and Applications. Chapter "Intelligent controls systems in applications", pp. 353-431 (WorldScientific, 1997)
4. Tindell, K. Fixed Priority Scheduling of Hard Real-Time Systems. Ph.D. Thesis, University of York, 1993.
5. Wilhelm, R., Engblom, J., et al. The worst-case execution-time problem — overview of methods and survey of tools. ACM Trans. on Embedded Computing Systems (TECS), Vol. 7, No. 3, 2008.
6. Bygde, S. Static WCET Analysis based on Abstract Interpretation and Counting of Elements. Licenciate Thesis, Malardalen University, 2010.
7. Gwaltney, D., Briscoe, J. Comparison of Communication Architectures for Spacecraft Modular Avionics Systems. Technical Report NASA/TM—2006–214431, 2006.
8. Guide to digital interface standards for military avionic applications. Avionic Systems Standardization Committee. ASSC/110/6/2, Issue 2, 2003.
9. Синицын, С., Налютин, Н. Верификация программного обеспечения. МИФИ, 2006.

7.2. Перечень лицензионного программного обеспечения, в том числе отечественного производства

При реализации дисциплины может быть использовано следующее программное обеспечение:

1. Программное обеспечение для виртуализации Oracle VM VirtualBox
2. Операционная система ALT Linux MATE Starterkit 9 лицензия GPL
3. Программный продукт Jet Brains IntelliJ IDEA Community Edition Free Educational Licenses
4. Программный продукт Dev-C++ Bloodshed Software
5. Программный продукт Code Blocks The Code::Blocks Team
6. Операционная система Microsoft Windows 10 Education академическая лицензия
7. Программный продукт Microsoft Visual Studio Professional 2013 - RUS [Русский (Россия)] академическая лицензия

7.3. Перечень профессиональных баз данных и информационных справочных систем

1. <http://www.edu.ru> – портал Министерства образования и науки РФ
2. <http://www.mon.gov.ru> - Министерство образования и науки Российской Федерации

7.4. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет»

1. aslvk.cs.msu.ru
2. elibrary.ru

7.5. Описание материально-технического обеспечения.

Образовательная организация, ответственная за реализацию данной Программы, располагает соответствующей материально-технической базой, включая современную вычислительную

технику, объединенную в локальную вычислительную сеть, имеющую выход в Интернет. Используются специализированные компьютерные классы, оснащенные современным оборудованием. Материальная база соответствует действующим санитарно-техническим нормам и обеспечивает проведение всех видов занятий (лабораторной, практической, дисциплинарной и междисциплинарной подготовки) и научно-исследовательской работы обучающихся, предусмотренных учебным планом.

8. Соответствие результатов обучения по данному элементу ОПОП результатам освоения ОПОП указано в Общей характеристике ОПОП

9. Рабочая программа внедрена в соответствии с Соглашением о предоставлении из федерального бюджета грантов в форме субсидий на разработку программ бакалавриата и программ магистратуры по профилю «искусственный интеллект, а также на повышение квалификации педагогических работников образовательных организаций высшего образования в сфере искусственного интеллекта, заключённым «29» сентября 2021 г. № 075-15-2021-1036 между МГУ имени М.В.Ломоносова и Минобрнауки России.