**Программа учебной дисциплины «Прикладной системный анализ»**

Утверждена

Академическим советом ООП

Протокол № от «\_\_»\_\_\_\_\_20\_\_ г.

|  |  |
| --- | --- |
| Автор  | Зеленов С.В, к.ф.-м.н., zelenov@ispras.ru |
| Число кредитов  | 5 |
| Контактная работа (час.)  | 64 |
| Самостоятельная работа (час.)  | 126 |
| Курс  | 1 |
| Формат изучения дисциплины | Full time |

1. **ЦЕЛЬ, РЕЗУЛЬТАТЫ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ И ПРЕРЕКВИЗИТЫ**

Целью освоения дисциплины является изучение основных принципов моделирования и анализа программно-аппаратных систем, а также получение навыков моделирования систем, анализа сетевых ресурсов, анализа рисков, анализа построения расписаний для встроенных операционных систем реального времени.

В результате освоения дисциплины студент должен:

**знать:**

* фундаментальные понятия теории моделирования систем;
* принципы анализа сетевых ресурсов;
* фундаментальные понятия теорий безопасности и надежности;
* методы и алгоритмы анализа рисков;
* методы и алгоритмы анализа построения расписаний для встроенных операционных систем реального времени.

**уметь:**

* моделировать компоненты программно-аппаратных систем;
* строить модели систем на языке AADL, описывать сбои, их причины и последствия, на языке Error Model Annex;
* производить анализ сетевых ресурсов, анализ рисков, строить и анализировать расписания.

**владеть:**

* освоения большого объема информации;
* самостоятельной работы с документацией по архитектуре программно-аппаратной системы;
* моделирования и анализа программно-аппаратных систем.

Изучение дисциплины «Прикладной системный анализ» базируется на следующих дисциплинах:

1. «Дискретная математика»,
2. «Программирование»,
3. «Информатика, математическая логика и теория алгоритмов»,
4. «Построение и анализ алгоритмов»,
5. «Архитектура вычислительных систем»,
6. «Операционные системы».

Для освоения учебной дисциплины студенты должны владеть следующими знаниями и компетенциями:

* знать основные базовые факты из теории чисел и математической логики;
* знать основы программирования;
* знать основные принципы построения архитектуры операционных систем
* обладать навыками работы со средами разработки программ.
1. **СОДЕРЖАНИЕ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ**

**Тема 1. Моделирование систем. Язык AADL.**

Система. Модель. Ранняя валидация. Виды моделей. Формализация. Компоненты AADL, их семантика. Свойства. Соединение компонентов.

**Тема 2. Сетевое исчисление. Сеть AFDX. Применение сетевого исчисления для анализа сетей AFDX.**

Функция потока. Входящая кривая, обслуживающая кривая. Максимальная задержка. Максимальное количество необработанной информации. Поток на выходе из узла.

Виртуальный канал. Оконечная система. Коммутатор. Регулирование трафика в AFDX. Резервирование в AFDX.

Входящие и обслуживающие кривые в узлах AFDX. Техника группировки в сетевом исчислении. Вычисление максимального размера очередей.

**Тема 3. Подход Trajectory и его применение для анализа сетей AFDX.**

Сценарий «худшего случая». Интервал занятости. Техника группировки. Вычисление времени доставки пакета. Оценка верхних границ размеров очередей.

**Тема 4. Введение в анализ рисков. Error Model Annex.**

Отказ. Опасное состояние. Безопасность. Надежность. Живучесть. Показатели надежности.

Модель сбоев. Состояния компонентов. Распространение отказов. Композиция.

**Тема 5. Логико-вероятностный анализ. Анализ дерева неисправностей.**

Структурное резервирование. Метод свертки. Минимальный путь. Минимальное сечение. Функция работоспособности.

Дерево неисправностей. Построение дерева неисправностей по модели сбоев. Ранжирование первичных событий дерева неисправностей. Меры значимости первичных событий.

**Тема 6. Анализ видов и последствий отказов. Применение марковских цепей для анализа рисков.**

Анализ видов и последствий отказов. Проведение анализа видов и последствий отказов на основе модели сбоев.

Восстанавливаемые системы. Метод дифференциальных уравнений расчета надежности. Марковские модели. Построение марковской цепи на основе модели сбоев.

**Тема 7. Системы реального времени. Планирование периодических задач. Классические алгоритмы построения расписаний.**

Системы реального времени. Периодические задачи. Постановка проблемы планирования периодических задач. Алгоритм Rate-monotonic. Алгоритм Earliest deadline first.

**Тема 8. Построение расписаний для строго периодических задач.**

Строго периодические задачи. Постановка проблемы планирования строго периодических задач. Бесконфликтное расписание. Необходимое условие существования бесконфликтного расписания. Анализ существования бесконфликтного расписания посредством раскрасок графов. Граф делимости и совместность раскрасок. Теорема о существовании бесконфликтного расписания.

1. **ОЦЕНИВАНИЕ**

В рамках курса слушателям предлагается выполнить несколько лабораторных работ, а также сдать итоговый экзамен. По сумме результатов всех лабораторных работ выставляется одна накопленная оценка по 10-ти балльной шкале. Оценка за экзамен выставляются по 10-ти балльной шкале.

Оценка по курсу состоит из оценки за выполнение лабораторных работ *Олаб* (10 баллов) и оценки за экзамен *Оэкз* (10 баллов). В диплом выставляется результирующая оценка по учебной дисциплине, которая формируется по следующей формуле:

*Орезульт = 0,7*\**Олаб* + *0,3*\**Оэкз*

1. **ПРИМЕРЫ ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ**

# Оценочные средства для текущего контроля студента

1. Вычислить методом Trajectory необходимый размер буфера в коммутаторе для заданной сети.
2. Перечислить все минимальные сечения для данного дерева неисправностей.
3. Построить марковскую цепь отказов данной системы.
4. Построить граф делимости для данного набора периодов.

Оценочные средства для промежуточной аттестации

* Виды компонентов в AADL, их семантика.
* Функция потока. Входящая кривая, обслуживающая кривая. Примеры кривых.
* Ранжирование первичных событий дерева неисправностей. Меры значимости первичных событий.
* Необходимое условие существования бесконфликтного расписания для строго-периодических задач.
1. **РЕСУРСЫ**
	1. **Основная литература**
2. P.Feiler, D.Gluch. Model-Based Engineering with AADL. Addison-Wesley. 2013.
3. J.-Y. Le Boudec and P. Thiran. Network Calculus: A Theory of Deterministic Queuing Systems for the Internet. Springer, LNCS, 2001.
4. S. Martin and P. Minet. Schedulability analysis of flows scheduled with FIFO: application to the expedited forwarding class. Parallel and Distributed Processing Symposium, 2006.
5. H. Bauer, J.-L. Scharbarg, C. Fraboul. Applying Trajectory approach to AFDX avionics network.
6. P. Feiler, J. Hudak, J. Delange, D. Gluch. Architecture Fault Modeling and Analysis with the Error Model Annex, Version 2. Software Engineering Institute, Carnegie Mellon University, Pittsburgh, 2016.
7. И.А. Рябинин. Надежность и безопасность структурно-сложных систем. Санкт-Петербург: Политехника. 2000.
8. Michael Stamatelatos, William Vesely. Fault Tree Handbook with Aerospace Applications. NASA Headquarters. 2002.
9. A. Karnov, S. Zelenov. Stochastic Methods for Analysis of Complex Hardware-Software Systems. Prelim. Proc. 11th Spring/Summer Young Researchers’ Colloquium on Software Engineering (SYRCoSE 2017), 2017, 57-61.
10. Liu C., Layland J.W. Scheduling algorithms for multiprogramming in a hard real-time environment. // Journal of ACM , 20(1): 46-61, 1973.
11. С.В. Зеленов. Планирование строго периодических задач в системах реального времени. // Труды ИСП РАН, том 20, 2011, 113-122.
12. Зеленов С. В., Зеленова С. А. Анализ построения расписаний для строго периодических задач в ОСРВ // Программирование. 2018. Т. 44. № 3. С. 3-16.
13. Зеленов С. В., Карнов А. Cтохастические методы анализа комплексных программно-аппаратных систем // Труды Института системного программирования РАН. 2017. Т. 29. № 4. С. 191-202.
14. Зеленова С., Зеленов С. В. Критерий существования бесконфликтного расписания для системы строго периодических задач // Труды Института системного программирования РАН. 2017. Т. 29. № 6. С. 183-202.
15. Зеленов С. В., Зеленова С. Моделирование программно-аппаратных систем и анализ их безопасности // Труды Института системного программирования РАН. 2017. Т. 29. № 5. С. 257-282.
	1. **Дополнительная литература**
16. Д.В. Буздалов, С.В. Зеленов, Е.В. Корныхин, А.К. Петренко, А.В. Страх, А.А. Угненко, А.В. Хорошилов. Инструментальные средства проектирования систем интегрированной модульной авионики. Труды Института системного программирования РАН, том 26, вып. 1, 2014, стр. 201-230.
17. Ширяев А.Н. Вероятность. М: МЦНМО. 2007.
18. J. Hugues, J. Delange. AADL tutorial. MODELS'15, Ottawa, Canada, 2015. http://www.openaadl.org/post/2015/09/28/models/
19. SAE International standard AS5506C, Architecture Analysis & Design Language (AADL).
20. SAE International standard AS5506/1A, Architecture Analysis & Design Language (AADL), Annex E: Error Model Annex.
21. ARINC 664 part 7, Avionics Full Duplex Switched Ethernet (AFDX) network.

* 1. **Материально-техническое обеспечение дисциплины**

Учебные аудитории для лекционных занятий по дисциплине обеспечивают использование и демонстрацию тематических иллюстраций, соответствующих программе дисциплины в составе:

ПЭВМ с доступом в Интернет (операционная система, офисные программы, антивирусные программы);

мультимедийный проектор с дистанционным управлением.

Учебные аудитории для лабораторных и самостоятельных занятий по дисциплине оснащены возможностью подключения к сети Интернет и доступом к электронной информационно-образовательной среде НИУ ВШЭ.