Приложение № 3Б
к регламенту подготовки
образовательных программ
АНО ВО «Университет «Сириус»

Автономная некоммерческая образовательная организация высшего образования
Научно-технологический университет «Сириус»
(АНО ВО «Университет «Сириус»)
Центр информационных технологий и искусственного интеллекта

СОГЛАСОВАНО
Ученым советом АНО ВО «Университет «Сириус»
Протокол от «__» _____20__ г.
№_____

УТВЕРЖДАЮ
Ректор АНО ВО «Университет «Сириус»
_____ Р.А. Иванов
«____» _____ 20__ г.

ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ПРОФЕССИОНАЛЬНАЯ ПРОГРАММА
повышения квалификации

«Формальные методы дизайна и верификации программного обеспечения»

наименование программы

Форма обучения:

очная

(очная / очно-заочная / заочная)

Форма реализации:

очная

(очная, дистанционная)

Федеральная территория «Сириус» – 2021 г.

1. Общая характеристика дополнительной профессиональной программы

1.1. Аннотация дополнительной профессиональной программы:

Формальные методы дизайна и верификации программного обеспечения (ПО) представляют собой выдающееся достижение современных компьютерных наук. За последние 30 лет эти методы получили широкое развитие в мире и нашли свое применение в тех областях разработки программного обеспечения, в которых традиционные методы обеспечения качества ПО (например, различные виды тестирования) не являются достаточными в силу особо высоких требований к надежности ПО. К этим областям относятся, например, системы реального времени и распределенные системы, применяемые в управлении ядерными объектами, высокоскоростным железнодорожным транспортом, летательными и космическими аппаратами, а в последнее время -- также некоторые финансово-банковские системы и системы распределенного реестра.

В процессе развития формальных методов было создано значительное многообразие парадигм, формальных логик, систем компьютерной логики и приложений формальных методов. Некоторые этих методов имеет сугубо теоретическое значение, другие же методы имеют зрелую индустриальную реализацию и могут применяться для решения разнообразных практических задач. Данная программа, в первую очередь, поможет слушателем разобраться в многообразии современных формальных методов, уяснить взаимосвязи между ними и научиться правильно идентифицировать и использовать формальные методы при решении практических задач.

Во-вторых, необходимо отметить, что уровень применения формальных методов в Российской Федерации является пока не достаточным, даже в тех областях разработки высоконадежного ПО, где такие методы уже давно стали де-факто индустриальным стандартом в других странах (главным образом во Франции). Поэтому данная программа направлена на повышение общего уровня компетенций российских IT-специалистов в области формальных методов и внедрение формальных методов в процесс и общую культуру разработки высоконадежного ПО в Российской Федерации.

Программа предназначена для студентов старших курсов бакалавриата и специалитета, студентов магистратуры и аспирантов в области информационных технологий и математических направлений, а также для специалистов IT-индустрии, занимающихся разработкой высоконадежного ПО.

1.2. Объем дополнительной профессиональной программы в зачетных единицах с указанием количества академических часов, выделенных на контактную работу слушателей с преподавателем (по видам учебных занятий) и на самостоятельную работу слушателей:

Комментарий:
текст, выделенный черным цветом, трогать нельзя
текст, выделенный зеленым цветом дан для примера – нужно изменить на свой
текст, выделенный красным цветом – комментарии, которые нужно удалить

объем дополнительной профессиональной программы составляет 3 з.е., 108 ак. часов, из которых 72 ак. часа составляет контактная работа слушателя с преподавателем (35 ак. часов занятий лекционного типа, 35 ак. часов практических занятий, 2 ак. часа на итоговую аттестацию), 36 ак. часа(ов) составляет самостоятельная работа слушателя.

Даты проведения: 01.11. 2021 -- 09.11.2021 (заезд 31.10.2021, отъезд 10.11.2021)

Продолжительность обучения: 8 учебных дней.

Режим занятий: 6 дней в неделю, воскресенье -- день самостоятельной работы над проектами.

1.3. Описание взаимосвязи дополнительной профессиональной программы с образовательными модулями, курсами, образовательными программами, научными исследованиями и проектами, реализуемыми в АНО ВО «Университет «Сириус»:

Данная программа по своему содержанию коррелирует с модулем “Формальные методы дизайна и верификации программного обеспечения”, реализуемым в составе магистерской программы “Финансовая математика и финансовые технологии”.

1.4. Цель дополнительной профессиональной программы:

Формирование у слушателей теоретических знаний и практических навыков в области формальных методов дизайна и верификации программного обеспечения и их применения в различных областях информационных технологий и индустрии в целом.

1.5. Задачи дополнительной профессиональной программы:

- Формирование у слушателей общих понятий о роли, значении и областях применения формальных методов дизайна и верификации программного обеспечения.
- Освоение слушателями методов индукции и ко-индукции для верификации функциональных программ.
- Освоение слушателями методов класса Model Checking для верификации систем с конечным числом состояний, в том числе в применении к алгоритмическим торговым стратегиям.
- Освоение слушателями метода Event-B для формального дизайна и верификации объектно-ориентированного программного обеспечения, в том числе в применении к алгоритмическим торговым стратегиям.
- Освоение слушателями методов формальной верификации программного обеспечения, основанных на логиках высших порядков (методы семейства HOL и Coq).
- Освоение слушателями специфических формальных методов дизайна и верификации параллельного и распределенного программного обеспечения.

Комментарий:
текст, выделенный черным цветом, трогать нельзя
текст, выделенный зеленым цветом дан для примера – нужно изменить на свой
текст, выделенный красным цветом – комментарии, которые нужно удалить

1.6. Язык преподавания: русский, с изучением учебной и научной литературы по теме программы на английском языке.

2. Кадровое обеспечение

Кадровый состав формируется в соответствии с потребностями образовательной программы. Все научно-педагогические работники имеют соответствующую предмету программы подготовку и квалификацию. Научно-педагогические работники, осуществляющие преподавание данной программы, являются ведущими российскими специалистами в области формальных методов дизайна и верификации программного обеспечения.

3. Партнеры дополнительной профессиональной программы

3.1. Образовательные организации высшего образования:

- Московский государственный университет им. М. В. Ломоносова:
  - Механико-математический факультет: https://math.msu.ru/ -- предоставляет
  - Междисциплинарная научно-образовательная школа МГУ «Мозг, когнитивные системы, искусственный интеллект»: https://nosh.msu.ru/brain

  Данный партнер предоставляет кадровое обеспечение для программы (Миронов А. М., Смирнов А. М.)

- Университет Иннополис, Лидирующий исследовательский центр в области формально-верифицированных систем распределенного реестра: https://innopolis.university

  Данный партнер предоставляет кадровое обеспечение для программы (Васильев Н. К., Зиборов Н. К.)

3.2. Научные организации:

- Институт системного программирования РАН им. В. П. Иванникова: https://www.ispras.ru/

  Данный партнер предоставляет кадровое обеспечение для программы (Щепетков И. В.)

3.3. Технологические партнеры: не предусмотрены

Комментарий:
текст, выделенный черным цветом, трогать нельзя
текст, выделенный зеленым цветом дан для примера – нужно изменить на свой
текст, выделенный красным цветом – комментарии, которые нужно удалить

4. Структура программы

4.1. Учебный план

№ п.п.	Раздел/ тема	Трудоемкость (ак.час)			Форма контактной работы /самостоятельной работы	Форма контроля
		всего	контактная работа	самостоятельная работа		
1.	Характеристики надежности программного обеспечения (ПО).	2	2	0	лекция	Текущий контроль в форме опроса
2.	Понятие о формальных методах дизайна и верификации ПО.	2	2	0	лекция	Текущий контроль в форме опроса
3.	Методы верификации функциональных программ.	10	6	4	лекция, практическое занятие	Текущий контроль в форме опроса
4.	Методы класса Model Checking.	14	10	4	лекция, лабораторное занятие	Текущий контроль в форме опроса и проверки лабораторной работы
5.	Логики 1-го порядка и методы B и Event-B.	14	10	4	лекция, лабораторное занятие	Текущий контроль в форме опроса и проверки лабораторной работы
6.	Логики высших порядков и формальная семантика функциональных языков программирования.	10	6	4	лекция, практическое занятие	Текущий контроль в форме опроса
7.	Системы семейства HOL.	10	6	4	лекция, лабораторное занятие	Текущий контроль в форме опроса и проверки лабораторной работы
8.	Системы типов для методов формальной верификации.	8	4	4	лекция, практическое занятие	Текущий контроль в форме опроса

Комментарий:
текст, выделенный черным цветом, трогать нельзя
текст, выделенный зеленым цветом дан для примера – нужно изменить на свой
текст, выделенный красным цветом – комментарии, которые нужно удалить

9.	Система Coq и ее расширения.	12	8	4	лекция, лабораторное занятие	Текущий контроль в форме опроса и проверки лабораторной работы
10.	Алгебры параллельных процессов.	8	6	2	лекция, лабораторное занятие	Текущий контроль в форме опроса и проверки лабораторной работы
11.	Формальные методы в информационной безопасности.	8	6	2	лекция, практическое занятие	Текущий контроль в форме опроса
12.	Верификация временнЫх свойств систем реального времени и киберфизических систем.	8	4	4	лекция, практическое занятие	Текущий контроль в форме опроса
13.	ИТОГОВАЯ АТТЕСТАЦИЯ	2	2			ПИСЬМЕННЫЙ ЭКЗАМЕН

4.2. Календарный учебный график

График обучения Форма обучения	Ауд. часов в день	Дней в неделю	Общая продолжительность программы (дней, недель, месяцев)
Очная	8--10	7	8 дней непрерывно

4.3. Рабочая программа

Комментарий:
текст, выделенный черным цветом, трогать нельзя
текст, выделенный зеленым цветом дан для примера – нужно изменить на свой
текст, выделенный красным цветом – комментарии, которые нужно удалить

№	Раздел / тема	Содержание	Форма занятий	Количество академ. часов (всего)	ФИО преподавателя
1.	Характеристики надежности программного обеспечения (ПО).	Понятие о надежности программного обеспечения (ПО) в широком смысле (Dependability) и его составляющие (корректность, безопасность, безотказность, производительность и т.д.). Функциональные и временнЫе свойства надежности. Понятие о высоконадежном ПО. Области применения высоконадежного ПО. Традиционные методы обеспечения надежности (тестирование, аудит, design by contract) и их ограничения / недостаточность. Классификация уровней зрелости процессов разработки ПО. Примеры инцидентов с ПО, повлекших тяжелые последствия.	Лекция	*2*	Меркин Л. А.
2.	Понятие о формальных методах дизайна и верификации ПО.	Классификация формальных методов. Краткая история развития и применения формальных методов, их современное состояние. Факторы, способствующие и противодействующие широкому использованию формальных методов в IT индустрии. Классический метод Р. Флойда.	Лекция	*2*	Миронов А. М.
3.	Методы верификации функциональных программ.	Понятие о функциональном программировании и его связь с формальными методами. Методы индукции и ко-индукции	Лекция, практическое занятие	*10*	Миронов А. М., Меркин Л. А.,

Комментарий:
текст, выделенный черным цветом, трогать нельзя
текст, выделенный зеленым цветом дан для примера – нужно изменить на свой
текст, выделенный красным цветом – комментарии, которые нужно удалить

		для функциональных программ. Паттерны функционального программирования, ограничивающие рекурсию для достижения верифицируемости. Примеры на Haskell.			ассистенты Смирнов А. М., Зиборов К. В.
4.	Методы класса Model Checking.	Автоматы с конечным числом состояний. Методы верификации класса Model Checking. Binary Decision Diagrams как основа метода. Темпоральные логики CTL, LTL, метод TLA+ для систем реального времени. Spin. Области применения методов класса Model Checking, их преимущества и недостатки. Современные расширения методов класса Model Checking (SAT-based MC и др.)	Лекция, лабораторное занятие	*14*	Подымов В. В. Мордвинов Д. А.
5.	Логики 1-го порядка и методы B и Event-B.	Логики 1-го порядка (предикативные) и их применение в формальных методах дизайна и верификации ПО. Методы B и Event-B для дизайна и верификации объектно-ориентированных программ, основанные на логиках 1-го порядка. Примеры использования методов B и Event-B в IT индустрии.	Лекция, лабораторное занятие	*14*	Щепетков И. В.
6.	Логики высших порядков и формальная семантика функциональных языков программирования.	Понятие о логиках высших порядков и их связь с функциональным программированием. Примеры: сепарационные логики. Понятие о формальной семантике языков программирования. Операционная, денотационная и аксиоматическая семантика. Формальная семантика языка ML	Лекция, практическое занятие	*10*	Подкопаев А. В., ассистент Е. Намаконов

Комментарий:
текст, выделенный черным цветом, трогать нельзя
текст, выделенный зеленым цветом дан для примера – нужно изменить на свой
текст, выделенный красным цветом – комментарии, которые нужно удалить

7.	Системы семейства HOL.	Системы компьютерной логики семейства HOL и их связь с функциональными языками семейства ML. Системы HOL4 и Isabelle/HOL. Примеры верификации функциональных программ в HOL.	Лекция, лабораторное занятие	*10*	Садыков Р. Ф., ассистенты Смирнов А. М., Зиборов К. В.
8.	Системы типов для методов формальной верификации.	Понятие о зависимых типах (Dependent Types). Языка программирования, допускающие типы как объекты “первого сорта”. Изоморфизм Curry--Howard’а между логическими выражениями и зависимыми типами, и его использование для интеграции доказательств корректности с программным кодом. Примеры.	Лекция, практическое занятие	*8*	Меркин Л. А., ассистенты Смирнов А. М., Зиборов К. В.
9.	Система Coq и ее расширения.	Система компьютерной логики высших порядков Coq, основанная на зависимых типах. Экосистема вокруг Coq. Примеры использования Coq в формальной верификации ПО. Связь Coq с языком OCaml.	Лекция, лабораторное занятие	*12*	Подкопаев А. В. ассистент Е. Намаконов
10.	Алгебры параллельных процессов.	Исчисление взаимодействующих систем. Сильная и наблюдаемая эквивалентность процессов и ее применение в задачах верификации параллельных процессов. Pi-исчисление, SPi-исчисление. Реализация Pi-исчисления в JoCaml.	Лекция, практическое занятие	*8*	Миронов А. М., Меркин Л. А., ассистенты Смирнов А. М., Зиборов К. В.
11.	Формальные методы в информационной безопасности.	Обзор применения методов формального дизайна и верификации ПО в задачах информационной безопасности. Верификация	Лекция, практическое занятие	*8*	Миронов А. М. ассистенты Смирнов А. М. Зиборов К. В.

Комментарий:
текст, выделенный черным цветом, трогать нельзя
текст, выделенный зеленым цветом дан для примера – нужно изменить на свой
текст, выделенный красным цветом – комментарии, которые нужно удалить

		криптографических протоколов и систем распределенного реестра.			
12.	Верификация временнЫх свойств систем реального времени и киберфизических систем.	Системы реального времени, их классификация и характеристики. Периодические и спорадические задачи. Schedulability Equation и методы его решения. Проблема инверсии приоритетов и методы ее решения. Методы оценки WCET (worst-case execution time). Интегральные методы анализа временнЫх свойств задач и коммуникационных протоколов. Киберфизические системы как область применения.	Лекция, практическое занятие	*8*	Меркин Л. А., Чивилихин Д. С.
13.	ИТОГОВАЯ АТТЕСТАЦИЯ		ПИСЬМЕННЫЙ ЭКЗАМЕН	*2*	Меркин Л. А., Миронов А. М.

5. Форма и критерии отбора слушателей для освоения дополнительной профессиональной программы

5.1. Входные компетенции, оцениваемые на этапе отбора, включая минимальный уровень образования, предметную область.

На обучение по дополнительной профессиональной программе приглашаются студенты бакалавриата и специалитета (начиная с 3-го курса), магистратуры и аспирантуры, обучающиеся по физико-математическим специальностям, специальностям в области информационных технологий и инженерным специальностям, а также выпускники указанных направлений, работающие в индустрии информационных технологий.

Для освоения содержания дополнительной профессиональной программы слушатели должны владеть следующими знаниями и компетенциями:

- Базовые знания в области математики и компьютерных наук на уровне первых двух курсов профильного бакалавриата.
- Желательно знание и наличие опыта функционального программирования на языке Haskell или OCaml.

5.2. Форма организации отбора слушателей

Комментарий:
текст, выделенный черным цветом, трогать нельзя
текст, выделенный зеленым цветом дан для примера – нужно изменить на свой
текст, выделенный красным цветом – комментарии, которые нужно удалить

Индивидуальный отбор.

5.3. Задания для проведения отбора слушателей:

Не предусмотрены.

5.4. Критерии отбора слушателей:

- Соответствие образовательного бэкграунда и/или опыта работы кандидатов целям, задачам и уровню дополнительной профессиональной программы, на основании представленных резюме и академических справок.
- Мотивация кандидатов на изучение дополнительной профессиональной программы, на основании представленных мотивационных писем.

6. Планируемые результаты освоения дополнительной профессиональной программы, формируемые компетенции

Результаты освоения дополнительной профессиональной программы определены в соответствии с профессиональными стандартами (при наличии), требованиями квалификационных справочников, корпоративных стандартов и иными источниками, определяющими актуальные требования к квалификации выпускников программы.

6.1. Выпускник дополнительной профессиональной программы должен обладать профессиональными компетенциями, соответствующими виду(-ам) профессиональной деятельности:

Код	Наименование видов профессиональной деятельности и профессиональных компетенций	Результаты обучения
ПК-1	Владеть общими понятиями о роли, значении и областях применения формальных методов дизайна и верификации программного обеспечения.	Знания: Понимает роль и значение формальных методов, знает основные классы формальных методов и области их применимости в инженерии высоконадежного ПО. Умения, навыки (опыт деятельности): Владеет методологией выбора методов формального дизайна и верификации ПО для решения реальных задач.
ПК-2	Владеть методами индукции и ко-индукции для формальной верификации функционального программного обеспечения.	Знания: Знает основы методы структурной индукции и ко-индукции Умения, навыки (опыт деятельности): Владеет методами индукции и ко-индукции для верификации функциональных программ, применяет верифицируемые паттерны в функциональном программировании.
ПК-3	Владеть методами класса Model Checking,	Знания: Знает принципы и реализацию методов класса Model Checking, включая

Комментарий:
текст, выделенный черным цветом, трогать нельзя
текст, выделенный зеленым цветом дан для примера – нужно изменить на свой
текст, выделенный красным цветом – комментарии, которые нужно удалить

	включая параметрические методы Model Checking, для верификации программных систем с конечным числом состояний.	параметрические методы Model Checking. Умения, навыки (опыт деятельности): Применяет методы класса Model Checking для верификации систем с конечным числом состояний.
ПК-4	Владеть методом Event-B для формального дизайна и верификации объектно-ориентированного программного обеспечения.	Знания: Знает принципы дизайна и верификации объектно-ориентированного программного обеспечения и систем реального времени на основе методов B и Event-B. Умения, навыки (опыт деятельности): Применяет методы B и Event-B для дизайна и верификации программного обеспечения.
ПК-5	Владеть методами логик высших порядков (дедуктивной верификации в использованием методов семейства HOL и Coq) для формального дизайна и верификации программного обеспечения.	Знания: Знает теорию логик высших порядков, теорию семантики языков программирования, теорию зависимых типов. Умения, навыки (опыт деятельности): Применяет методы семейства HOL (HOL4 и Isabelle/HOL) и методы семейства Coq для дизайна и верификации функционального и императивного ПО.
ПК-6	Владеть методами анализа параллельных процессов.	Знания: Знает различные алгебры параллельных взаимодействующих процессов Умения, навыки (опыт деятельности): Применяет алгебры процессов и их реализации для дизайна и верификации параллельного ПО, включая криптографические протоколы распределенных систем.
ПК-7	Владеть методами временнОго анализа и верификации систем реального времени	Знания: Знает алгоритмы управления процессами и коммуникациями в системах реального времени, теорию и методы решения Schedulability Equation Умения, навыки (опыт деятельности): Применяет анализ временнЫх свойств систем реального времени и синтез систем с учетом временнЫх свойств.

6.2. В результате освоения дополнительной профессиональной программы у выпускника должны быть сформированы следующие личностные компетенции:

Код компетенции	Формулировка компетенции	Индикаторы компетенции

Комментарий:
текст, выделенный черным цветом, трогать нельзя
текст, выделенный зеленым цветом дан для примера – нужно изменить на свой
текст, выделенный красным цветом – комментарии, которые нужно удалить

ЛК-1	Способен определять нестандартные решения профессиональных задач в заданных условиях	Критически анализирует предложенные модели решения задач, предлагает альтернативные варианты решения Предлагает альтернативные варианты решения поставленных задач Применяет инновационные инструменты и методы при определении путей решения профессиональных задач Применяет творческие подходы к решению задач Адаптирует предлагаемые решения к изменяющимся условиям и постановке задачи
ЛК-2	Способен определять и транслировать профессиональное мнение на основе системы логических аргументов	Излагает сформулированные идеи в формате тезисов с учетом специфики темы и аудитории Определяет контраргументы в ходе дискуссии Использует различные способы убеждения в зависимости от особенностей собеседника Адаптирует способы убеждения в зависимости от специфики аудитории Выбирает адекватные источники информации для аргументации позиции
ЛК-3	Способен адаптироваться к изменяющимся условиям при решении профессиональных задач	Применяет результаты анализа внешних и внутренних факторов при выборе средств решения профессиональных задач Учитывает изменения ситуации при корректировке профессиональных задач и средств их достижения Выполняет несколько разноплановых профессиональных задач без потери качества профессиональной деятельности Прогнозирует изменения при планировании профессиональной деятельности Приспосабливается к новым идеям и инициативам

7. Формы аттестации, оценочные средства, методические материалы

7.1. Критерии и процедуры оценивания результатов обучения по дополнительной профессиональной программе:

РЕЗУЛЬТАТ ОБУЧЕНИЯ по дополнительной	**КРИТЕРИИ ОЦЕНИВАНИЯ РЕЗУЛЬТАТА ОБУЧЕНИЯ по дополнительной профессиональной программе и ШКАЛА оценивания**	**ФОРМА АТТЕСТАЦИИ**

Комментарий:
текст, выделенный черным цветом, трогать нельзя
текст, выделенный зеленым цветом дан для примера – нужно изменить на свой
текст, выделенный красным цветом – комментарии, которые нужно удалить

профессиональной программе (код)	2 Или «неудовлетворительно»	3 Или «удовлетворительно»	4 Или «хорошо»	5 Или «отлично»	
	Отсутствие знаний	Неполные и/или не структурированные знания	Сформированные знания, но содержащие отдельные пробелы	Сформированные систематические знания	**Письменный экзамен**

7.2. Примеры оценочных средств для проведения текущего контроля успеваемости и итоговой аттестации

7.2.1. Примеры оценочных средств для проведения текущего контроля успеваемости:

- Дать определение надежности (dependability) ПО, ее составляющих и количественных метрик для оценки уровней надежности ПО.
- Сформулировать факторы, положительно и отрицательно влияющие на применение формальных методов дизайна и верификации ПО в IT индустрии.
- Доказать корректность заданной функциональной программы (например, Quick Sort) методом структурной индукции.
- Сформулировать и верифицировать свойства надежности заданного конечного автомата методом Model Checking с применением заданной реализации метода (например, Z3).
- Верифицировать заданные свойства параллельных процессов с использованием системы TLA+.
- Дать сравнительные характеристики логик LTL, CTL и сепарационных логик, указать примеры их применения.
- Дать определение и привести примеры операционной, денотационной и аксиоматической семантики языков программирования, указать взаимосвязи между ними.
- Сформулировать принцип и привести примеры изоморфизма Curry--Howard’a и системы зависимых типов.
- Записать и верифицировать заданную функциональную программу в системе HOL4.
- Построить систему приоритетов задач для заданной системы реального времени, решить Schedulability Equation и доказать реализуемость временнЫх свойств системы.

7.2.2. Примеры оценочных средств для проведения итоговой аттестации:

- Дать спецификацию 5-ти уровней зрелости процесса разработки ПО. Какие уровни имеют отношение к формальным методам? Какие категории ПО должны быть отнесены к высоконадежным и требуют применения формальных методов?
- Почему формальные методы не применяются более широко в IT индустрии? Каковы ограничения формальных методов?

Комментарий:
текст, выделенный черным цветом, трогать нельзя
текст, выделенный зеленым цветом дан для примера – нужно изменить на свой
текст, выделенный красным цветом – комментарии, которые нужно удалить

- Дать определения пропозиционных логик, предикативных логик, логик 1-го порядка и логик высших порядков. Как эти классы логик соотносятся друг с другом? Привести примеры.
- Какие ограничения на рекурсию в функциональных программах дают достаточные условия для верифицируемости останова? Каков практический смысл этих условий?
- Что такое метод ко-индукции? Привести примеры применения метода.
- Дать детальную характеристику методов класса Model Checking: назначение, принципы, реализации. Указать принципы параметрического Model Checking.
- Почему B и Event-B считаются логиками 1-го порядка? Возможна ли реализация логик высших порядков в B / Event-B?
- Разработать и верифицировать класс (в смысле объектно-ориентированного программирования), реализующий простую алгоритмическую торговую стратегию, в Event-B.
- Провести доказательство заданного свойства алгоритма в Isabelle/HOL и в Coq.
- Реализовать заданный параллельный алгоритм с использованием JoCaml.

7.3. Методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности

7.3.1. Критерии оценивания для текущего контроля:

- Слушатели должны четко разбираться в многообразии современных формальных методов, знать и понимать их классификацию, взаимосвязи между различными классами методов и области их применимости (по результатам опросов в ходе текущего контроля успеваемости).
- Слушатели должны продемонстрировать при решении задач понимание взаимосвязей между формальными методам, функциональным программированием и теорией типов (по результатам опросов в ходе текущего контроля успеваемости).
- Слушатели должны продемонстрировать практические навыки дизайна и верификации ПО с использованием формальных методов TLA+, HOL4, Event-B, HOL4, Isabelle/HOL, Coq (по результатам соответствующих лабораторных работ).

7.3.2. Критерии оценивания для итоговой аттестации:

- Слушатели должны продемонстрировать знание всех теоретических вопросов, входящих в программу модуля.
- Слушатели должны продемонстрировать умение решать типовые задачи по темам модуля “на бумаге” (без использования компьютерных систем), в том числе строить необходимые формальные доказательства свойств ПО.

Комментарий:
текст, выделенный черным цветом, трогать нельзя
текст, выделенный зеленым цветом дан для примера – нужно изменить на свой
текст, выделенный красным цветом – комментарии, которые нужно удалить

8. Условия реализации программы

8.1. Перечень учебно-методического обеспечения:

8.1.1. Перечень основной учебной литературы:

- Ch. Baier, J.-P. Katoen. Principles of Model Checking. MIT Press, 2008.
- E. M. Clarke et al (eds). Handbook of Model Checking. Springer, 2018.
- H. Wayne. Practical TLA+: Planning Driven Development. APress, 2018.
- J.-R. Abrial. Modeling in Event-B: System and Software Engineering. Cambridge University Press, 2010.
- T. Nipkow, M. Wenzel, L. C. Paulson. Isabelle/HOL: A Proof Assistant for Higher-Order Logic. Springer, 2020.
- Y. Bertat, P. Casteran. Interactive Theorem Proving and Program Development (Coq's Art). Springer, 2004.

8.1.2. Перечень дополнительной учебной литературы:

- User Manual of the RODIN Platform. Version 2.3. 2007.
- T. Nipkow, G. Klein. Concrete Semantics: With Isabelle/HOL. Springer, 2014.
- A. Chlipala. Certified Programming with Dependent Types. MIT Press, 2019.

8.1.3. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет»:

- A. D. Gordon. A Tutorial on Co-induction and Functional Programming. https://www.microsoft.com/en-us/research/wp-content/uploads/1994/01/fp94.pdf
- D. Cansell, D. Méry. Foundations of the B Method. http://www.imm.dtu.dk/~dibj/cai/cai-b.pdf
- http://www.event-b.org (Event-B)
- https://coq.inria.fr (Coq)
- Software Foundations (Parts 1--6): https://softwarefoundations.cis.upenn.edu

8.2. Описание материально-технической базы:

Комментарий:
текст, выделенный черным цветом, трогать нельзя
текст, выделенный зеленым цветом дан для примера – нужно изменить на свой
текст, выделенный красным цветом – комментарии, которые нужно удалить

8.2.1. Аудиторный фонд и оборудование:

№ п.п.	Вид аудитории	Технические средства и оборудование (кол-во)	Расходные материалы (кол-во)
1.	*Аудитория для общих занятий*	1	*Маркеры, бумага для флипчарта и т.п., видеопроектор или большой телевизионный экран*

8.2.2. Оборудование для лабораторных и практических занятий:

№ п.п.	Тип оборудования	Характеристика	Кол-во
1.	*Персональный ноутбук*	*Под управлением операционной системы Linux*	*Один на каждого студента и преподавателя*

Приложение

УСЛОВИЯ РЕАЛИЗАЦИИ
ДОПОЛНИТЕЛЬНОЙ ПРОФЕССИОНАЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ ПОВЫШЕНИЯ КВАЛИФИКАЦИИ
«Формальные методы дизайна и верификации программного обеспечения»

1. КАДРОВЫЙ СОСТАВ

1. Руководитель программы:

Меркин Леонид Альбертович, профессор Университета “Сириус”, руководитель направления “Финансовая математика и финансовые технологии”

Комментарий:
текст, выделенный черным цветом, трогать нельзя
текст, выделенный зеленым цветом дан для примера – нужно изменить на свой
текст, выделенный красным цветом – комментарии, которые нужно удалить

2. Авторы программы:

- Меркин Леонид Альбертович, профессор Университета “Сириус”, руководитель направления “Финансовая математика и финансовые технологии”
- Миронов Андрей Михайлович, доцент Механико-математического факультета МГУ им. М. В. Ломоносова
- Щепетков Илья Викторович, Факультет компьютерных наук НИУ ВШЭ / ИСП РАН им. В. П. Иванникова
- Чивилихин Даниил Сергеевич, доцент ИТМО
- Подкопаев Антон Викторович, доцент, Департамент информатики НИУ ВШЭ в Санкт-Петербурге

3. Преподаватели и ассистенты:

- Преподаватели -- авторы программы, указанные выше
- Ассистенты: Смирнов Александр Михайлович и Зиборов Кирилл Викторович -- научные сотрудники Лидирующего исследовательского центра в области формально-верифицированных систем распределенного реестра Университета Иннополис

4. Состав комиссии по проведению конкурсного отбора слушателей программы:

Статус члена комиссии	ФИО	Наименование должности, места работы
Председатель	*Миронов Андрей Михайлович*	*Доцент Мехмата МГУ им. М.В. Ломоносова*
Заместитель председателя	*Ненашев Анатолий Сергеевич*	*Руководитель ЦИТиИИ Университета “Сириус”*
Секретарь	*Мангутова Марина Федоровна*	*Координатор по учебно-методической работе ЦИТиИИ Университета “Сириус”*

5. Состав экзаменационной комиссии по проведению итоговой аттестации:

Статус члена комиссии	ФИО	Наименование должности, места работы

Комментарий:
текст, выделенный черным цветом, трогать нельзя
текст, выделенный зеленым цветом дан для примера – нужно изменить на свой
текст, выделенный красным цветом – комментарии, которые нужно удалить

Председатель	*Миронов Андрей Михайлович*	*Доцент Мехмата МГУ им. М.В. Ломоносова*
Заместитель председателя	*Ненашев Анатолий Сергеевич*	*Руководитель ЦИТиИИ Университета “Сириус”*
Секретарь	*Мангутова Марина Федоровна*	*Координатор по учебно-методической работе ЦИТиИИ Университета “Сириус”*

2. АУДИТОРНЫЙ ФОНД

(Указываются конкретные аудитории, задействованные в реализации программы)

1. Выделяется непосредственно перед началом программы.

3. НАБОР СЛУШАТЕЛЕЙ

1. Сроки приема заявок для участия в конкурсном отборе: до **22 октября 2021 г.**

2. Количество мест для набора: 40

4. ЭТАПЫ РЕАЛИЗАЦИИ ПРОГРАММЫ

№ этапа	Название этапа	Сроки
1	Отбор	до 22.10.2021
2	Экспертиза	до 29.10.2021
3	Проведение программы	31.10.2021--07.11.2021

Комментарий:
текст, выделенный черным цветом, трогать нельзя
текст, выделенный зеленым цветом дан для примера – нужно изменить на свой
текст, выделенный красным цветом – комментарии, которые нужно удалить

4	Подведение итогов программы	08.11.2021

Комментарий:
текст, выделенный черным цветом, трогать нельзя
текст, выделенный зеленым цветом дан для примера – нужно изменить на свой
текст, выделенный красным цветом – комментарии, которые нужно удалить