МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ,
МИНИСТЕРСТВО НАУКИ, ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ И ИННОВАЦИЙ
КЫРГЫЗСКОЙ РЕСПУБЛИКИ

МОО ВО Кыргызско-Российский Славянский университет
имени первого Президента Российской Федерации Б.Н. Ельцина



УТВЕРЖДАЮ
директор Политехнического института
_____ Т.В. Тощев
3 сентября 2026 г.

Модальные логики

рабочая программа дисциплины (модуля)

Закреплена за **Высшая школа Цифровых технологий**

Учебный план g090404_26_1 пи_оаирп.plx
Направление подготовки 09.04.04 - РФ, 710400 - КР Программная инженерия
Магистерская программа "Основы анализа и разработки приложений с большими объемами распределенных данных"

Квалификация **магистр**

Форма обучения **очная**

Общая трудоемкость **3 ЗЕТ**

Часов по учебному 108

в том числе:

аудиторные занятия 38

самостоятельная 69,9

Виды контроля в семестрах:
зачет с оценкой 2

Распределение часов дисциплины по семестрам

Семестр (<Курс>.<Семестр на курсе>)	**2 (1.2)**		Итого	
Недель	18			
Вид занятий	УП	РП	УП	РП
Лекции	16	16	16	16
Практические	22	22	22	22
Контактная работа в период теоретического	0,1	0,1	0,1	0,1
В том числе инт.	8	8	8	8
В том числе в форме практ.подготовки	22	22	22	22
Итого ауд.	38	38	38	38
Контактная работа	38,1	38,1	38,1	38,1
Сам. работа	69,9	69,9	69,9	69,9
Итого	108	108	108	108

Программу составил(и):
к.т.н., доцент, Мансуров Артур Наильевич; ст. преподаватель, Беляев Артем Александрович _____

Рецензент(ы):
д.т.н., профессор, Верзунов С.Н. _____

Согласовано РОП: Лыченко Н.М.
_____

Рабочая программа дисциплины
Модальные логики

разработана в соответствии с ФГОС 3++:
Федеральный государственный образовательный стандарт высшего образования - магистратура по направлению подготовки 09.04.04 Программная инженерия (приказ Минобрнауки России от 19.09.2017 г. № 932)

составлена на основании учебного плана:

Направление подготовки 09.04.04 - РФ, 710400 - КР Программная инженерия
Магистерская программа "Основы анализа и разработки приложений с большими объемами распределенных данных"
утвержденного учёным советом вуза от 26.06.2026 протокол № 11.

Рабочая программа одобрена на заседании ВШ Цифровых технологий

Протокол от 02.09.2026 г. № 1
Срок действия программы: 2026-2028 уч.г.
Руководитель подразделения: Хмелева Ирина Владимировна

ЛИСТ РЕГИСТРАЦИИ ИЗМЕНЕНИЙ
к рабочей программе дисциплины (модуля)

Модальные логики

_____ *наименование дисциплины*

№ п/п	Основание внесения изменения	Раздел/ пункт	Содержание изменения
1.			
2.			
3.			
4.			
5.			

1. ЦЕЛИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ	
1.1	Цель дисциплины: формирование у магистрантов способности формализовать, преобразовывать и анализировать модальные утверждения об информации, знании, времени, возможности и обязательствах для решения задач интеллектуальных и распределённых программных систем с автономными агентами. Задачи: изучить семантику и аксиоматические системы модальных логик, освоить модели Крипке, методы эпистемических и темпоральных рассуждений, применять средства проверки и синтеза реактивных систем.

2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ООП	
Цикл (раздел) ООП:	Б1.В.ДВ.03
2.1	**Требования к предварительной подготовке обучающегося:**
2.1.1	Для освоения дисциплины необходимы основы математической логики, дискретной математики, теории алгоритмов, формальных методов верификации и UML-моделирования (по PDF СПбПУ — «Технологии верификации и тестирования программного обеспечения», «Формализация моделирования»).
2.2	**Дисциплины и практики, для которых освоение данной дисциплины (модуля) необходимо как предшествующее:**
2.2.1	Полученные результаты используются при разработке и верификации распределённых и интеллектуальных систем, моделировании знаний автономных агентов, формальном анализе требований и синтезе реагирующих программ.

3. КОМПЕТЕНЦИИ ОБУЧАЮЩЕГОСЯ, ФОРМИРУЕМЫЕ В РЕЗУЛЬТАТЕ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)	
ПК-6: Способен разработать программное обеспечение на основе встроенной аналитики больших данных	
Знать:	
Уровень 1	Знать основные положения модальной и временной логики, способы описания состояний и отношений достижимости; принципы формальной спецификации свойств распределённых и интеллектуальных систем при обработке информации и аналитических данных.
Уметь:	
Уровень 1	Уметь строить формальные модели знаний, временного поведения и требований к интеллектуальным программным системам, анализировать выполнимость и истинность формул и применять проверки к проектируемым компонентам.
Владеть:	
Уровень 1	Владеть навыками построения моделей Крипке, применения модальных, эпистемических и темпоральных логик при анализе программных систем и документированного представления результатов формальной проверки.

В результате освоения дисциплины обучающийся должен

3.1	**Знать:**
3.1.1	Знать синтаксис и семантику модальных языков; конструкции моделей Крипке и свойства отношений достижимости; основы теории корреспонденций; методы представления индивидуального и общего знания агентов; временные логики линейного и ветвящегося времени; принципы синтеза реагирующих систем, деонтические формализации и их применение к требованиям программных систем.
3.2	**Уметь:**
3.2.1	Уметь переводить требования между естественным языком и формулами модальных логик; строить модели Крипке и устанавливать истинность формул; формулировать эпистемические сценарии; анализировать LTL/CTL-формулы на системах переходов; формализовать поведение и ограничения технических систем с учётом нормативных требований.
3.3	**Владеть:**
3.3.1	Владеть навыками построения и анализа моделей модальных логик, разработки формальных спецификаций для программно-информационных систем, решения задач о знании взаимодействующих агентов, анализа трасс и деревьев состояний, проверки темпоральных свойств и документирования полученных результатов.

4. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)								
Код занятия	**Наименование разделов и тем /вид занятия/**	**Семестр / Курс**	**Часов**	**Компетен-ции**	**Литература**	**Инте ракт.**	**Пр. подг.**	**Примечание**
	Раздел 1. Основы модальных логик: семантика и теория корреспонденций							
1.1	Тема 1. Введение в модальные логики /лекция/ /Лек/	2	2	ПК-6	Л1.1 Л1.3 Л1.4Л2.1 Э1 Э2			Необходимость, возможность, сильные и слабые модальности. Синтаксис формул; перевод высказываний между естественным языком и формулами.
1.2	Практическая работа № 1. Введение. Модальные логики /Пр/	2	2	ПК-6	Л1.1 Л1.3 Л1.4Л2.1 Э1 Э2	2	2	Записать формулы для сценариев «возможно», «обязательно», «известно»; интерпретировать смысл каждой формулы.
1.3	Самостоятельная работа № 1. Введение в модальные логики /Ср/	2	6	ПК-6	Л1.1 Л1.3 Л1.4Л2.1 Э1 Э2			Изучить теоретический материал; записать формулы для сценариев «возможно», «обязательно», «известно»; интерпретировать смысл каждой формулы. Подготовить объяснение решения и выводы.
1.4	Тема 2. Семантика модальных логик /лекция/ /Лек/	2	1	ПК-6	Л1.1 Л1.3 Л1.4Л2.1 Э1 Э2			Модель Крипке; отношение достижимости, допустимые состояния, истинность модальных формул.
1.5	Практическая работа № 2. Семантика модальных логик /Пр/	2	2	ПК-6	Л1.1 Л1.3 Л1.4Л2.1 Э1 Э2		2	Построить модель Крипке по описанию ситуации и определить истинность заданных формул.

1.6	Самостоятельная работа № 2. Семантика модальных логик /Ср/	2	6	ПК-6	Л1.1 Л1.3 Л1.4Л2.1 Э1 Э2			Изучить теоретический материал; построить модель Крипке по описанию ситуации и определить истинность заданных формул. Подготовить объяснение решения и выводы.
1.7	Тема 3. Теория корреспонденций /лекция/ /Лек/	2	1	ПК-6	Л1.1 Л1.3 Л1.4Л2.1 Э1 Э2	1		Соответствие аксиом модальной логики и свойств отношений достижимости; рефлексивность, транзитивность, симметрия.
1.8	Практическая работа № 3. Модальные аксиоматические системы. Три модальные логики /Пр/	2	1	ПК-6	Л1.1 Л1.3 Л1.4Л2.1 Э1 Э2		1	Для систем K, T, S4 или S5 определить свойства отношения достижимости и привести контрмодели.
1.9	Самостоятельная работа № 3. Теория корреспонденций /Ср/	2	6	ПК-6	Л1.1 Л1.3 Л1.4Л2.1 Э1 Э2			Изучить теоретический материал; для систем K, T, S4 или S5 определить свойства отношения достижимости и привести контрмодели. Подготовить объяснение решения и выводы.
	Раздел 2. Эпистемические логики и знания многоагентных систем							
2.1	Тема 4. Примеры эпистемических задач /лекция/ /Лек/	2	1	ПК-6	Л1.1 Л1.3 Л1.4Л2.1 Э1 Э2	1		Различие знания и информации; эпистемические модальности, модели информированности.

2.2	Практическая работа № 4. Рассуждения о знаниях. Примеры эпистемических задач /Пр/	2	2	ПК-6	Л1.1 Л1.3 Л1.4Л2.1 Э1 Э2		2	Решить эпистемическую задачу и объяснить знания участников в каждом возможном состоянии.
2.3	Самостоятельная работа № 4. Примеры эпистемических задач /Ср/	2	6	ПК-6	Л1.1 Л1.3 Л1.4Л2.1 Э1 Э2			Изучить теоретический материал; решить эпистемическую задачу и объяснить знания участников в каждом возможном состоянии. Подготовить объяснение решения и выводы.
2.4	Тема 5. Эпистемическая логика. Как думать за других /лекция/ /Лек/	2	1	ПК-6	Л1.1 Л1.3 Л1.4Л2.1 Э1 Э2	1		Семантические модели знания отдельных агентов; представление неопределённости и рассуждения о знаниях других участников.
2.5	Практическая работа № 5. Эпистемическая логика. Как думать за других /Пр/	2	2	ПК-6	Л1.1 Л1.3 Л1.4Л2.1 Э1 Э2		2	Сформировать двухагентную модель знания, выделить доступные миры и проверить утверждения о знании.
2.6	Самостоятельная работа № 5. Эпистемическая логика. Как думать за других /Ср/	2	6	ПК-6	Л1.1 Л1.3 Л1.4Л2.1 Э1 Э2			Изучить теоретический материал; сформировать двухагентную модель знания, выделить доступные миры и проверить утверждения о знании. Подготовить объяснение решения и выводы.

2.7	Тема 6. Знание в группе агентов. Дедуктивный вывод в модальной логике /лекция/ /Лек/	2	1	ПК-6	Л1.1 Л1.3 Л1.4Л2.1 Э1 Э2			Общее и распределённое знание; семантический и синтаксический подходы к выводу.
2.8	Практическая работа № 6. Знание в группе агентов. Дедуктивный вывод в МЛ /Пр/	2	2	ПК-6	Л1.1 Л1.3 Л1.4Л2.1 Э1 Э2		2	Формализовать утверждения о коллективном знании и проверить их с помощью отношений доступности.
2.9	Самостоятельная работа № 6. Знание в группе агентов. Дедуктивный вывод в модальной логике /Ср/	2	6	ПК-6	Л1.1 Л1.3 Л1.4Л2.1 Э1 Э2			Изучить теоретический материал; формализовать утверждения о коллективном знании и проверить их с помощью отношений доступности. Подготовить объяснение решения и выводы.
	Раздел 3. Темпоральные и деонтические логики. Синтез реагирующих систем							
3.1	Тема 7. Темпоральные логики /лекция/ /Лек/	2	3	ПК-6	Л1.2 Л1.3 Л1.4Л2.5 Э1 Э2			Временные модели; линейная темпоральная логика LTL, операторы X, F, G, U и свойства поведения систем.
3.2	Практическая работа № 7. Темпоральные логики. Разработка дискретных схем /Пр/	2	4	ПК-6	Л1.2 Л1.3 Л1.4Л2.5 Э1 Э2		4	По графу переходов сформулировать LTL-спецификации безопасности и живости, проверить трассы.

3.3	Самостоятельная работа № 7. Темпоральные логики /Ср/	2	7	ПК-6	Л1.2 Л1.3 Л1.4Л2.5 Э1 Э2			Изучить теоретический материал; по графу переходов сформулировать LTL-спецификации безопасности и живости, проверить трассы. Подготовить объяснение решения и выводы.
3.4	Тема 8. Логики ветвящегося времени /лекция/ /Лек/	2	2	ПК-6	Л1.2 Л1.3 Л1.4Л2.5 Э1 Э2			Семантика CTL и логик ветвящегося времени; пути выполнения, алгоритмы оценки истинности формул.
3.5	Практическая работа № 8. Логика альтернирующего времени. Игры и логика /Пр/	2	2	ПК-6	Л1.2 Л1.3 Л1.4Л2.5 Э1 Э2	2	2	Разработать граф состояний и проверить CTL-формулы вида AG p, EF q, AF r.
3.6	Самостоятельная работа № 8. Логики ветвящегося времени /Ср/	2	7	ПК-6	Л1.2 Л1.3 Л1.4Л2.5 Э1 Э2			Изучить теоретический материал; разработать граф состояний и проверить CTL-формулы вида AG p, EF q, AF r. Подготовить объяснение решения и выводы.
3.7	Тема 9. Синтез реагирующих систем /лекция/ /Лек/	2	1	ПК-6	Л1.2 Л1.3 Л1.4Л2.5 Э1 Э2			Параллельная композиция систем переходов; алгоритмический синтез и спецификации реактивных систем.
3.8	Практическая работа № 9. Логика стратегических рассуждений. Реагирующие системы и КА /Пр/	2	2	ПК-6	Л1.2 Л1.3 Л1.4Л2.5 Э1 Э2		2	Построить упрощённый автомат реагирующей системы и описать логические свойства его поведения.

3.9	Самостоятельная работа № 9. Синтез реагирующих систем /Ср/	2	6	ПК-6	Л1.2 Л1.3 Л1.4Л2.5 Э1 Э2			Изучить теоретический материал; построить упрощённый автомат реагирующей системы и описать логические свойства его поведения. Подготовить объяснение решения и выводы.
3.10	Тема 10. Моральный выбор в технических системах /лекция/ /Лек/	2	1	ПК-6	Л1.2 Л1.3 Л1.4Л2.5 Э1 Э2			Формальные модели альтернативных действий; нормативные ограничения, оценка этических последствий технических решений.
3.11	Практическая работа № 10. Динамическая логика и моральный выбор технических систем /Пр/	2	1	ПК-6	Л1.2 Л1.3 Л1.4Л2.5 Э1 Э2		1	Описать технический сценарий с конфликтующими требованиями, сформулировать разрешённые и запрещённые действия.
3.12	Самостоятельная работа № 10. Моральный выбор в технических системах /Ср/	2	6	ПК-6	Л1.2 Л1.3 Л1.4Л2.5 Э1 Э2			Изучить теоретический материал; описать технический сценарий с конфликтующими требованиями, сформулировать разрешённые и запрещённые действия. Подготовить объяснение решения и выводы.

3.13	Тема 11. Деонтическая логика /лекция/ /Лек/	2	2	ПК-6	Л1.2 Л1.3 Л1.4Л2.5 Э1 Э2	1		Семантика деонтических операторов: обязанность, разрешение и запрет; формальная запись нормативных требований.
3.14	Практическая работа № 11. Деонтическая логика SDL /Пр/	2	2	ПК-6	Л1.2 Л1.3 Л1.4Л2.5 Э1 Э2		2	Задать формулы деонтической логики для требований к автоматизированной системе и проверить их непротиворечивость.
3.15	Самостоятельная работа № 11. Деонтическая логика /Ср/	2	7,9	ПК-6	Л1.2 Л1.3 Л1.4Л2.5 Э1 Э2			Изучить теоретический материал; задать формулы деонтической логики для требований к автоматизированной системе и проверить их непротиворечивость. Подготовить объяснение решения и выводы.
3.16	Зачет с оценкой /КрТО/	2	0,1					

5. ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ

5.1. Контрольные вопросы и задания

1. Основные виды модальности; необходимость и возможность, отличие импликации от причинной связи.
2. Синтаксис формул модальных логик, модальные операторы.
3. Семантика Крипке: миры, отношение достижимости, отношение истинности.
4. Соответствие модальных аксиом свойствам отношений достижимости.
5. Эпистемические задачи и методы рассуждений о знании.
6. Индивидуальное, распределённое и общее знание в группах агентов.
7. Дедуктивный вывод в модальной и эпистемической логике.
8. Семантика и синтаксис линейной темпоральной логики LTL.
9. Логики ветвящегося времени CTL, проверка достижимости и безопасности.
10. Синтез реагирующих систем; параллельная композиция систем переходов.
11. Моральный выбор в программно-технических системах.
12. Деонтическая логика: обязательство, разрешение и запрет.

5.2. Темы курсовых работ (проектов)

5.3. Фонд оценочных средств

Текущий контроль — устные опросы, решение задач и защита практических работ № 1–11, самостоятельная проработка тем и письменная контрольная работа по моделям Крипке, эпистемическим и темпоральным логикам. Промежуточная аттестация в КРСУ — зачёт с оценкой во 2-м семестре, в форме решения формальных задач и собеседования. В PDF СПбПУ упоминается курсовая работа, но учебный план КРСУ курсовой работы не предусматривает.

5.4. Перечень видов оценочных средств

Текущий контроль: выполненные практические и самостоятельные задания, опрос, защита решений. Промежуточная аттестация - зачёт с оценкой. Итоговое оценивание проводится по действующей модульно-рейтинговой системе вуза.

6. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

6.1. Рекомендуемая литература

6.1.1. Основная литература

	Авторы, составители	Заглавие	Издательство, год
Л1.1	Карпов Ю. Г., Шошмина И. В.	Математическая логика	2016. Электронный курс: https://openedu.ru/course/spbstu/MATLOG/
Л1.2	Карпов Ю. Г.	Model checking. Верификация параллельных и распределённых программных систем	СПб.: БХВ-Петербург, 2010.
Л1.3	Fitting M., Mendelsohn R. L.	First-Order Modal Logic. 2nd ed.	Springer, 2023. https://link.springer.com/book/10.1007/978-3-031-40714-7
Л1.4	Clarke E. M., Henzinger T. A., Veith H., Bloem R. (eds.)	Handbook of Model Checking	Springer, 2018. https://link.springer.com/book/10.1007/978-3-319-10575-8

6.1.2. Дополнительная литература

	Авторы, составители	Заглавие	Издательство, год
Л2.1	Рассел С., Норвиг П.	Искусственный интеллект	М.: Вильямс, 2006.
Л2.2	Тейз А., Грибомон П., Юлен Г.	Логический подход к искусственному интеллекту: От модальной логики к логике баз данных	М.: Мир, 1998.
Л2.3	Фейс Р.	Модальная логика	М.: Наука, 1974.
Л2.4	Tulenheimo T.	Objects and Modalities: A Study in the Semantics of Modal Logic	Springer, 2017. https://link.springer.com/book/10.1007/978-3-319-53119-9
Л2.5	Wayne H.	Practical TLA+: Planning Driven Development	Apress, 2018. https://www.oreilly.com/library/view/practical-tla-planning/9781484238295/

6.2. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети "Интернет"

Э1	Электронный курс «Модальные логики» СПбПУ	https://dl.spbstu.ru/course/view.php?id=6820
Э2	Математическая логика, электронный курс Карпова и Шошминой	https://openedu.ru/course/spbstu/MATLOG/

6.3. Перечень информационных и образовательных технологий

6.3.1 Компетентностно-ориентированные образовательные технологии

6.3.1.1	Лекции с обсуждением конкретных примеров; решение задач по моделям Крипке, эпистемическим и темпоральным логикам; индивидуальная и групповая работа; разбор решений и защита практических результатов. Возможна работа с формальными спецификациями и средствами проверки моделей.

6.3.2 Перечень информационных справочных систем и программного обеспечения

6.3.2.1	Свободно распространяемые инструменты для моделирования и проверки логических формул и систем переходов; текстовый редактор, среда программирования и доступ к электронным учебным материалам.

7. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

7.1	Аудитория с проектором и доступом к сети Интернет; компьютерный класс для выполнения программных и практических заданий по модальной логике, формальным моделям и системам переходов.

8. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

Каждую тему изучать, начиная с синтаксиса и семантики рассматриваемого вида логики; практические упражнения выполнять с указанием исходной формулы, модели, последовательности вывода и результата проверки. Для темпоральных логик описывать трассы и переходы; при обсуждении систем агентов явно задавать возможные состояния и отношения достижимости. Использовать дополнительную литературу и задачи для самопроверки.