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»

Высшая школа цифровых технологий

ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ

по дисциплине
«Модальные логики»

Уровень высшего образования: МАГИСТРАТУРА

Направление подготовки: 09.04.04 (РФ) / 710400 (КР) -Программная инженерия

Магистерская программа: «Основы анализа и разработки приложений с большими объёмами распределённых данных»

Квалификация: магистр

Фонд оценочных средств предназначен для оценки результатов освоения дисциплины «Модальные логики» обучающимися магистратуры по направлению подготовки 09.04.04 «Программная инженерия»

Фонд оценочных средств рассмотрен и утвержден
на заседании Высшей школы Цифровых технологий протокол №1 от 02.09.26

Директор Высшей школы Цифровых технологий:

к.т.н., доцент Хмелева И.В.

Руководитель образовательной программы:

д.т.н., профессор Лыченко Н.М.

Исполнители (разработчики):

к.т.н., доцент Мансуров А.Н.

СОГЛАСОВАНО:

Зам. директора по учебной работе
Политехнического института КРСУ Комарцов Н.М. _____

Раздел 1. Перечень компетенций и этапы их формирования

Компетенции и индикаторы	Планируемые результаты	Оценочные средства
ПК-6. Способен разработать программное обеспечение на основе встроенной аналитики больших данных.	ЗНАТЬ: синтаксис и семантику модальных языков, структуры моделей Крипке, свойства отношений достижимости, формализацию свойств интеллектуальных и распределённых программных систем.	A: устный опрос, письменная контрольная работа; D: теоретическая часть зачёта с оценкой.
ПК-6 (применение формальных методов при проектировании).	УМЕТЬ: переводить требования в формулы; строить модели Крипке и модели знаний; анализировать формулы LTL/CTL; выбирать способ проверки свойств программной системы.	B: задачи и практические работы № 1–11; D: задачи на проверку моделей и трасс.
ПК-6 (документирование результатов проверки проектируемой системы).	ВЛАДЕТЬ: моделированием состояний и переходов, методами анализа истинности и выполнимости формул, формальной проверки и представления её результатов.	C: защита практических работ и отчёты по моделированию; D: комплексное практическое задание.

Раздел 2. Технологическая карта дисциплины «Модальные логики»

Курс 1; семестр 2; трудоёмкость 3 ЗЕТ; промежуточная аттестация -зачёт с оценкой.

Модуль/раздел	Контроль	Форма контроля	Мин.	Макс.	Срок
Модуль 1. Основы модальных логик: семантика и теория корреспонденций	Текущий	Защита практических работ № 1–3; задачи на модели Крипке	8	13	нед. 26
	Рубежный	Устный опрос: семантика и, системы K, T, S4, S5; контрмодели	4	7	нед. 26

Модуль 2. Эпистемические логики и знания многоагентных систем	Текущий	Защита практических работ № 4–6; проверка формул знания	8	13	нед. 31
	Рубежный	Контрольная задача: индивидуальное, взаимное, общее и распределённое знание	4	7	нед. 31
Модуль 3. Темпоральные и деонтические логики. Синтез реагирующих систем	Текущий	Защита практических работ № 7–11; LTL/CTL, деонтические требования	11	20	нед. 37
	Рубежный	Письменная контрольная работа: LTL/CTL, контрпримеры и анализ нормативных требований	5	10	нед. 37
ВСЕГО за семестр		**Текущий и рубежный контроль**	**40**	**70**	**нед. 26–37**
Промежуточная аттестация		**Зачёт с оценкой**	**20**	**30**	**по расписанию**
СЕМЕСТРОВЫЙ РЕЙТИНГ		**Сумма всех видов контроля**	**60**	**100**	

Раздел 3. Типовые контрольные задания и оценочные материалы

Блок А. Вопросы для устного опроса и текущего контроля

Раздел 1. Основы модальных логик

1. Каковы основные виды модальности? Чем необходимость (□) отличается от возможности (◇)?

2. Как определяется синтаксис формул базовой пропозициональной модальной логики?

3. Опишите модель Крипке M = (W, R, V) и смысл каждого компонента.

4. Сформулируйте условия истинности □φ и ◇φ в состоянии w.

5. Что означает выполнимость формулы и общезначимость на классе фреймов?

6. Сформулируйте аксиому K: □(p → q) → (□p → □q).

7. Какие свойства R задаются аксиомами T, 4 и 5?

8. Чем фреймы K, T, S4, S5 различаются по ограничениям на R?

9. Что такое контрмодель? Как её использовать для опровержения общезначимости?

10. В чём состоит задача теории корреспонденций?

11. Как переводить естественно-языковые требования с «всегда», «возможно», «необходимо»?

12. Как изменится истинность □p при добавлении нового достижимого мира, где p ложно?

Раздел 2. Эпистемические логики

1. Чем знание $K_a\varphi$ отличается от убеждения $B_a\varphi$?
2. Что означает отношение неразличимости миров для агента?
3. Как определяется истинность $K_a\varphi$ в эпистемической модели?
4. Почему рефлексивность эпистемического отношения обеспечивает истинность $K_a\varphi \rightarrow \varphi$?
5. Как формализовать «агент A знает, что B знает p»?
6. Что означает взаимное знание E_Gφ в группе агентов?
7. Что означает общее знание C_Gφ и чем оно отличается от E_Gφ?
8. Что такое распределённое знание D_Gφ?
9. Как изменение наблюдений агента меняет его отношение доступности?
10. Опишите решение задачи о публичном объявлении в модели знаний.
11. Что показывает контрпример к утверждению $K_a p$ при истинном p?
12. Какие аспекты распределённой системы удобно формализовать эпистемической логикой?

Раздел 3. Темпоральные и деонтические логики

1. Назовите операторы LTL X, F, G и U, дайте их смысл на трассе.
2. Чем свойства безопасности отличаются от свойств живости?
3. Как выразить требование «каждый запрос когда-нибудь получит ответ» на языке LTL?
4. В чём различие линейного и ветвящегося времени?
5. Как интерпретировать CTL-формулы AG p, EF q, AF r?
6. Какие ограничения принято накладывать на граф состояний при проверке CTL?
7. Что такое контрпример проверки модели?
8. Как интерпретировать недетерминированное ветвление в реактивной системе?
9. В чём смысл композиции систем переходов?
10. Как использовать формальную спецификацию для синтеза реагирующего контроллера?
11. Чем отличаются обязанность Oφ, разрешение Pφ, запрет Fφ?
12. Почему противоречащие деонтические нормы затрудняют проектирование?
13. Как представить нормативные ограничения автоматизированной системы?
14. Какие свойства логики SDL используются при формализации обязанностей?
15. Приведите пример конфликта требований безопасности и доступности сервиса.
16. Какие сведения необходимо включить в протокол проверки LTL/CTL-свойства?

Письменная контрольная работа: типовые варианты

Вариант 1

1. В модели W={0,1,2}, R={(0,1),(0,2),(1,1),(2,2)}, V(p)={1}, V(q)={2} вычислить в 0 истинность ◇p, □p, ◇q, □(p∨q), □◇q.

2. Для двух агентов с мирами (0,0),(0,1),(1,0),(1,1) и наблюдениями A -первый бит, B -второй проверить K_A(first=0) и K_B(first=0) в (0,0).

3. Дан граф s0→{s1,s2}, s1→s1, s2→s2; q истинно только в s2. Проверить EF q и AF q в s0 и привести контрпример.

Вариант 2

1. Для W={a,b}, R={(a,a),(a,b),(b,b)}, V(p)={b} проверить в a: □p, ◇p, □◇p, ◇□p. Определить свойства R.

2. Объяснить на модели с двумя агентами, почему взаимное знание о p не обязательно является общим; привести пример графа неразличимости.

3. На трассе request,wait,wait,wait,… при request в первом состоянии и отсутствии answer проверить G(request→F answer) и F answer.

Вариант 3

1. Построить двухмировую нерефлексивную модель, опровергающую □p→p, и обосновать выбор оценки p.

2. Пусть A видит x, B видит y, миры W={(0,0),(0,1),(1,0),(1,1)}. Проверить D_{A,B}(x=0∧y=0) и E_{A,B}(x=0∧y=0) в (0,0).

3. Для трёх состояний ready→checking, checking→{ready,done}, done→done проверить EF done и AF done в ready; описать бесконечную трассу-опровержение.

Блоки B и C. Практические задания

Каждая работа завершается защитой: постановка задачи, исходные данные и формальная модель / алгоритм, результаты, проверки, выводы. Преподаватель может предложить эквивалентный вариант с иными обозначениями и параметрами.

Практическая работа № 1. Введение. Модальные логики

1. Формализовать высказывания: «Возможно состояние отказа» (◇fault); «во всех допустимых состояниях данные защищены» (□secure); «агент A знает о поступлении сообщения» ($K_a$received); «обязательно подтвердить запрос» (O acknowledge).

2. Записать отрицания четырёх формул, используя двойственность □/◇, пояснить смысл каждой формулы на естественном языке.

3. Для распределённого сервиса привести два собственных требования, содержащих модальности, и их формальные записи.

Представляемый результат: Таблица «естественное требование -формула -интерпретация»; пояснение области действия операторов.

Практическая работа № 2. Семантика модальных логик

1. Построить модель M: W={w0,w1,w2}, R={(w0,w1),(w0,w2),(w1,w2),(w2,w2)}, V(p)={w1,w2}, V(q)={w2}.

2. Определить истинность в w0: ◇p, □p, □◇q, ◇□q, □q; обосновать ответ по отношению R.

3. Изменить оценку q в w1 и установить, какие формулы изменили истинностное значение.

Представляемый результат: Граф достижимости с помеченными мирами; таблица истинности; контрпример для каждой ложной формулы.

Практическая работа № 3. Модальные аксиоматические системы

1. Для фреймов с отношениями R1={(a,a),(b,b)}, R2={(a,a),(a,b),(b,b)}, R3={(a,b),(b,a)} определить рефлексивность, транзитивность, симметричность и евклидовость.

2. Указать, какие из классов K, T, S4, S5 содержат каждый фрейм; проверить аксиомы T, 4, 5 в соответствующих фреймах.

3. Построить минимальную контрмодель для □p → p на нерефлексивном фрейме.

Представляемый результат: Таблица свойств фреймов, обоснование соответствий аксиом и свойств R; контрмодель.

Практическая работа № 4. Рассуждения о знаниях

1. Два агента A и B видят разные части состояния. В мирах s1=(0,0), s2=(0,1), s3=(1,0), s4=(1,1) агент A наблюдает только первый бит, B -только второй.

2. Задать отношения неразличимости R_A, R_B; в состоянии s1 определить K_A(first=0), K_B(first=0), K_A(second=0).

3. Описать влияние публичного объявления «первый бит равен 0» на множество возможных миров.

Представляемый результат: Модель наблюдений, классы эквивалентности, доказанные формулы до и после объявления.

Практическая работа № 5. Эпистемическая логика. Как думать за других

1. На модели из работы № 4 проверить в мире s1 формулы K_A(first=0), K_A K_B(first=0), K_B K_A(first=0).

2. Объяснить разницу между фактом p, знанием p и знанием о чужом знании p.

3. Предложить изменение наблюдений, после которого K_B(first=0) станет истинной в s1.

Представляемый результат: Матрица доступных миров по агентам, таблица истинности вложенных формул и пояснение результата.

Практическая работа № 6. Знание в группе агентов

1. Для двух агентов и четырёх миров работы № 4 вычислить отношение достижимости для E_{A,B}p, C_{A,B}p и D_{A,B}p.

2. Проверить E_G(first=0), C_G(first=0), D_G(first=0) в s1; объяснить различие результатов.

3. Привести пример требования к распределённой системе, для которого необходимо общее знание.

Представляемый результат: Граф групповой достижимости, проверка общей, распределённой и взаимной информированности.

Практическая работа № 7. Темпоральные логики. Дискретные схемы

1. Для контроллера обработки запросов определить состояния idle, waiting, answered, error; построить граф переходов, включая путь бесконечного ожидания (если он возможен).

2. Сформулировать LTL-спецификации: G(request → F answer), G ¬(busy ∧ idle), G(error → F recovery).

3. Проверить две трассы: t1=idle,waiting,answered, idle,…; t2=idle,waiting,waiting,…; указать, какую формулу нарушает t2 при наличии request в waiting.

Представляемый результат: Автомат и две трассы; таблица истинности LTL-свойств; контрпример для свойства живости.

Практическая работа № 8. Ветвящееся время, CTL

1. Построить тотальный граф s0→{s1,s2}, s1→s1, s2→s3, s3→s3; p истинно во всех состояниях, q истинно только в s3, r истинно в s1 и s3.

2. Проверить в s0: AG p, EF q, AF q, AF r; пояснить влияние бесконечного пути s0,s1,s1,… .

3. Изменить единственный переход так, чтобы AF q стала истинной в s0, и описать изменение семантики.

Представляемый результат: Размеченный граф, проверка CTL-формул по всем путям, обоснование и контрпример.

Практическая работа № 9. Стратегические рассуждения. Реагирующие системы

1. Спроектировать контроллер доступа к сервису из состояний ready, checking, allowed, denied; события -request, accept, reject.

2. Составить таблицу переходов и инвариант G ¬(allowed ∧ denied), а также условие завершения проверки G(checking → F(allowed ∨ denied)).

3. Предложить способ проверки свойств на конечной модели и показать контрпример при добавлении цикла checking→checking.

Представляемый результат: Структура автомата, спецификация и минимальный контрпример нарушения живости.

Практическая работа № 10. Динамическая логика и моральный выбор

1. Рассмотреть сервис управления медицинскими уведомлениями: при подтверждённой критической тревоге требуется сообщить дежурному; раскрытие персональных сведений неуполномоченному лицу запрещено.

2. Определить атомарные действия notify, reveal, verify; задать нормы O(notify | verifiedCritical) и F(reveal | unauthorized).

3. Описать сценарий конфликта требований и стратегию разрешения средствами контроля доступа и минимизации раскрытия данных.

Представляемый результат: Перечень правил, условия их применения, анализ конфликта и обоснование выбранного решения.

Практическая работа № 11. Деонтическая логика SDL

1. Для сервиса хранения данных записать нормы O(backup), F(exportUnencrypted), P(readAggregated) и условные нормы при наличии разрешения администратора.

2. Выявить противоречие в наборе {O backup, O ¬backup} и предложить уточнение контекста, устраняющее конфликт.

3. Для каждого требования определить контрольный сценарий и ожидаемый результат.

Представляемый результат: Формальные нормы, перечень конфликтов, тестовые сценарии, краткий протокол проверки.

Контрольные ориентиры к заданиям (для преподавателя)

1. Работа № 2: в w0 истинны ◇p, □p, □◇q и ◇□q; формула □q ложна (в w1 нет q). Здесь ◇□q истинна из-за достижимого w2, в котором q истинно и единственный преемник -w2.

2. Работа № 4: в s1=(0,0) K_A(first=0) истинно; K_B(first=0) ложно; K_A(second=0) ложно. После объявления первого бита 0 остаются s1 и s2.

3. Работа № 8: AG p, EF q, AF r истинны в s0; AF q ложна из-за бесконечного пути через s1. Для истинности AF q достаточно заменить петлю s1→s1 на s1→s3, сохранив тотальность графа.

4. Контрольная работа, вариант 1: □(p∨q) истинно; □◇q ложно, поскольку из 1 достижимо только 1, где q ложно; EF q истинно и AF q ложно из-за ветви s1→s1.

5. Контрольная работа, вариант 3: D_G(x=0∧y=0) истинно в (0,0) при совместном наблюдении двух битов; E_G этой формулы ложно, так как каждый агент допускает мир, отличающийся невидимым ему битом.

Блок D. Промежуточная аттестация

Форма: зачёт с оценкой (решение формальных задач и собеседование). Билет включает теоретические вопросы и практические задания; результаты оценивания показывают отдельно достижение уровней «знать» и «уметь/владеть». Представленные ниже билеты типовые и могут быть дополнены вариантами с эквивалентной сложностью.

Билет № 1

Вопросы («ЗНАТЬ»):

1. Модель Крипке: W, R, V; условия истинности □φ и ◇φ.

2. Общее и распределённое знание агентов.

Задания («УМЕТЬ» и «ВЛАДЕТЬ»):

1. В W={a,b}, R={(a,b),(b,b)}, V(p)={b} проверить в a формулы □p, □□p, ◇p.

2. Для графа s0→{s1,s2}, s1→s1, s2→s2, q только в s2, определить EF q и AF q в s0.

Билет № 2

Вопросы («ЗНАТЬ»):

1. Аксиомы T, 4, 5 и свойства отношений достижимости.

2. Операторы LTL и различие безопасности и живости.

Задания («УМЕТЬ» и «ВЛАДЕТЬ»):

1. Построить контрмодель □p→p на нерефлексивном фрейме.

2. Записать LTL-требование «после request когда-нибудь наступает ack» и предъявить нарушающую трассу.

Билет № 3

Вопросы («ЗНАТЬ»):

1. Логики ветвящегося времени и операторы CTL.

2. Деонтические операторы и обнаружение конфликтов норм.

Задания («УМЕТЬ» и «ВЛАДЕТЬ»):

1. На графе s0→s1, s1→{s1,s2}, s2→s2, q только в s2 проверить AG q, EF q, AF q в s0.

2. Формализовать правила резервного копирования и запрета выдачи персональных данных; выявить конфликт, если обязательность копирования означает неразрешённый экспорт.

Раздел 4. Методические материалы и критерии оценивания

Контроль проводится по представленным в разделе 3 оценочным материалам. Баллы начисляются за проверяемые результаты, а не за факт присутствия. При оценке письменной работы учитываются полнота решения, корректность выбранного формального/алгоритмического подхода, обоснованность выводов и воспроизводимость результатов.

4.1. Показатели текущего контроля и защиты практических работ

Компонент оценки практической работы	Доля в оценке	Критерий
Корректность модели/алгоритма/программного решения	40 %	Соответствие постановке и правильность содержательных результатов.
Проверка на тестах или контрпримерах	25 %	Наличие тестов, проверка исключений, корректная интерпретация результата.
Отчёт и воспроизводимость	20 %	Достаточность данных, схем, листингов и протоколов.
Защита и ответы на вопросы	15 %	Самостоятельное объяснение метода и причин полученных результатов.

Для каждой контрольной точки преподаватель переводит процент выполнения в баллы: начисленные баллы = максимальный балл точки × доля выполненных критериев / 100 с округлением по принятой в вузе процедуре. Невыполненная/непредставленная работа оценивается 0 баллами.

4.2. Уровни освоения на текущем и рубежном контроле

Диапазон выполнения	Характеристика
85–100 %	Полное понимание, верные результаты, обоснованные выводы и самостоятельная защита.
70–84 %	Существенно верное решение при незначительных неточностях.
60–69 %	Основные действия выполнены, но есть частные ошибки/пробелы.
31–59 %	Существенные ошибки; многие требования к заданию не выполнены.
0–30 %	Не достигнут минимальный результат или отсутствует содержательное решение.

4.3. Рубежный контроль

Письменная контрольная работа (12 баллов): три задания по 4 балла. В каждом: постановка/формализация -1; корректные вычисления или проверка модели -2; аргументация и вывод -1. По контрольной работе предусмотрены типовые варианты блока A/B. Устный опрос: проверяются терминология, понимание формул и корректность примеров; максимум указан в технологической карте.

4.4. Промежуточная аттестация

Промежуточная аттестация -зачёт с оценкой; максимум 30 баллов. Рекомендуемая структура билета: теоретическая часть -10 баллов; два практических задания -по 10 баллов. Вопросы и задания преподаватель выбирает с учётом охвата основных разделов РПД.

Элемент билета	Баллы	Проверяемые показатели
Теоретические вопросы (совокупно)	0–10	Точность определений и понятий (4), полнота связей и аргументации (4), корректный пример (2).
Практическое задание 1	0–10	Корректность постановки и метода (3), правильность решения (5), объяснение результата (2).
Практическое задание 2	0–10	Корректность постановки и метода (3), правильность решения (5), объяснение результата (2).

Для аттестации преподаватель фиксирует результаты всех частей билета в оценочном листе. Предлагаемое время подготовки и выполнения -до 80 минут; фактический регламент устанавливается расписанием и локальными документами вуза.

4.5. Перевод суммы баллов в оценку

Семестровый рейтинг	Оценка
85–100	Отлично

Семестровый рейтинг	Оценка
70–84	Хорошо
60–69	Удовлетворительно
0–59	Неудовлетворительно / не зачтено

Рейтинг складывается из баллов по всем мероприятиям технологической карты (не более 70) и результатам промежуточной аттестации (не более 30). Шкала воспроизводит логику предоставленного образца ФОС; при необходимости должна быть сверена с действующим локальным положением КРСУ.

Раздел 5. Методические рекомендации для обучающихся

5.1. Подготовка к занятиям и текущему контролю

- Перед практической работой повторить синтаксис и семантику соответствующей логики, правила интерпретации формул и образцы решений.
- Для моделей Крипке явно задавать W, R и V; фиксировать начальное состояние и интерпретацию всех атомов.
- Для эпистемических задач показывать отношения неразличимости каждого агента и проверять вложенные утверждения по допустимым мирам.
- Для LTL/CTL отдельно выписывать свойства безопасности/живости и трассы или пути, служащие подтверждением либо контрпримером.
- В деонтических задачах отделять обязательства, разрешения и запреты, указывать условия их применимости и выявлять потенциальные конфликты.

5.2. Требования к отчёту по практической работе

1. Титульные сведения: дисциплина, номер работы, тема, цель, Ф. И. О. исполнителя, группа, дата.

2. Постановка задачи, исходные данные и индивидуальный вариант.

3. Описание используемой модели/алгоритма; схемы, таблицы, формулы или листинги.

4. Пошаговое решение либо описание программного прототипа и условий выполнения.

5. Тестирование и протокол: входные данные, ожидаемый результат, полученный результат, заключение.

6. Вывод о достижении цели работы, перечень выявленных ограничений.

5.3. Подготовка к промежуточной аттестации

Повторить вопросы блока А, самостоятельно прорешать задачи блока В и комплексные задания блока С. Для каждого раздела уметь не только привести определения, но и выполнить формальную проверку, построить контрпример или продемонстрировать результаты исполнения. Во время ответа явно указывать допущения, аргументировать каждый шаг и проверять правильность результата.

5.4. Самостоятельная работа

Самостоятельная работа соответствует тематике и объёму, указанным в РПД. Допускаются учебные проекты, мини-эксперименты и дополнительные варианты, если они не меняют обязательные формы текущего и промежуточного контроля. Все материалы оформляются с указанием используемых источников.