

Однодневный семинар по математической логике

25 июня 2025 года

НИУ ВШЭ, факультет компьютерных наук, департамент
больших данных и информационного поиска

Сбор участников семинара

11:00–11:20

Онопrienко Анастасия Александровна

11:20–11:30 Приветственное слово

Федянин Денис Николаевич

11:30–12:00 Информированность агентов о чужой информированности: формализация и вычисление

Современные многоагентные системы требуют способности моделировать не только физическое состояние среды, но и знания агентов о знаниях друг друга. В докладе рассматриваются инженерные аспекты построения структур хранения таких вложенных эпистемических состояний. Обсуждаются принципы проектирования, выбор представления, алгоритмы обновления знаний после информационных действий. Также будет затронут вопрос о применении таких структур в логико-когнитивных моделях рассуждений, в том числе для исследования принципов демаркации нормативного и дескриптивного знания.

Карлов Борис Николаевич

12:00–12:30 Тотальная выводимость в порождающих грамматиках

Одной из основных алгоритмических проблем в теории формальных языков является проблема выводимости. В этой проблеме по порождающей грамматике и слову нужно проверить, выводимо ли слово в грамматике. Известно, что проблема принадлежности является m -полной для произвольных порождающих грамматик, PSPACE-полной для неукорачивающих и контекстно-зависимых грамматик и полиномиально разрешимой для контекстно-свободных грамматик. В связи с изучением некоторых вариантов исчисления Ламбека возникает другой вариант проблемы выводимости, когда требуется, чтобы каждое правило использовалось в выводе не менее некоторого заданного количества раз. Такая выводимость была названа тотальной.

Доклад посвящён обзору результатов, связанных с вычислительной сложностью проблемы тотальной выводимости для некоторых классов порождающих грамматик. В частности, было доказано, что для произвольных и неукорачивающих грамматик она имеет такую же сложность, что и проблема обычной выводимости, а для контекстно-свободных грамматик она является NP-полной. Были получены и некоторые результаты для других вариантов тотальной выводимости, когда слово фиксировано, а на вход алгоритму подаётся только грамматика, или когда вместо ограничений на число использованных правил аналогичные ограничения накладываются на нетерминалы.

12:30–13:00 Удлиняющие грамматики и контекстные вставки/удаления

В теории формальных языков широко известны неукорачивающие грамматики: в их правилах переписывания вида $\alpha \rightarrow \beta$ строка β не короче α . Неукорачивающие грамматики эквивалентны контекстно-зависимым грамматикам и машинам Тьюринга с линейной памятью, они порождают в том числе PSPACE-полные языки. Менее известный класс — удлиняющие грамматики, в правилах которых β строго длиннее α . Очевидно, количество шагов в выводе строки w из некоторой начальной строки S с помощью правил удлиняющих грамматик не превосходит длины w , поэтому задача выводимости для них принадлежит классу NP. Красивый результат Дальхауса и Вармута (1986) с непростым доказательством утверждает, что на самом деле для каждой фиксированной удлиняющей грамматики задачу выводимости можно решать детерминированно за полиномиальное время, то есть языки удлиняющих грамматик принадлежат классу P. Мы кратко расскажем об этом доказательстве.

Частный случай удлиняющих грамматик — грамматики вставок. В них правила имеют вид $uv \rightarrow uzv$: строка z может быть вставлена в контексте (u, v) . Такие контекстные вставки возникают в биоинформатике. Скажем, молекула ДНК с последовательностью нуклеотидов TTTCCGGG задает операцию вставки фрагмента GG в контексте AAA и ССС. Двойственная операция — контекстное удаление. Мы расскажем про грамматики вставок/удалений, в том числе недавние результаты докладчика в соавторстве с Чо (будут представлены на DLT 2025).

13:00–13:45

13:45–14:15 Логический подход к обучению с подкреплением

В докладе будет обсуждаться новый подход к обучению с подкреплением — одному из разделов машинного обучения, нацеленному на обнаружение (суб-)оптимальной стратегии выбора действий в среде с поощрением и наказанием.

Доминирующий подход — применение нейросетей — стал превалировать в этой области после успешной замены ранее применявшегося метода Монте-Карло с поиском по дереву (MCTS) на аппроксимации искомой стратегии глубокими нейросетями, приведшей к успехам системы AlphaGo в 2014-2015 гг.

В докладе мы представим аргументы за возврат к использованию MCTS. Чтобы избавиться от главного его недостатка — отсутствия обобщающей способности — предлагается использовать вероятностно-комбинаторный формальный метод (ВКФ-метод) обучения.

ВКФ-метод, подробно обсуждавшийся на прошлогоднем семинаре этой серии, представляет собой вычислительно-эффективную реализацию методов индуктивной логики (индуктивное обобщение, рассуждение по аналогии, абдуктивную оценку качества порождённых гипотез).

Совместная работа докладчика с его аспиранткой Л. А. Якимовой привела к пониманию, как нужно соединить MCTS и ВКФ-метод, чтобы получить работоспособный логический подход к обучению с подкреплением.

Для понимания доклада будет полезно некоторое предварительное знакомство с идеями обучения с подкреплением и ВКФ-метода, хотя докладчик постарается сделать изложение максимально самодостаточным.

Соколов Павел Павлович

14:15–14:45 Сепарационная логика

Сепарационная логика — расширение логики Хоара (распространённого способа (полу)автоматизированных рассуждений об императивных программах), позволяющее рассуждать о конкурентном доступе к общей памяти на куче. Созданный на её основе статический анализатор Infer каждый месяц находит сотни багов в приложениях компаний Spotify, Uber, Mozilla и других; фреймворк Iris для языка Rust использовали для формальной верификации примитивов синхронизации языка Rust, использующих unsafe.

В рамках данного доклада мы рассмотрим устройство Конкурентной сепарационной логики (CSL), докажем её ключевые метатеоретические свойства и рассмотрим парочку полезных практических примеров её применения.

Серова Дарья Александровна

14:45–15:15 Алгоритмическая выразительность динамических логик

Доклад посвящён результатам Ф.Бальбиани и Т.Тинчева об алгоритмической выразительности динамических логик с операцией параллельной композиции. В отличие от PDL, DPDL, IPDL и др., которые алгоритмически разрешимы, логики с операцией параллельной композиции являются сильно неразрешимыми: проблема общезначимости формул для них Π_1^1 -полна. Более того, даже их фрагменты без пропозициональных переменных имеют такую же степень сложности, что получается с помощью методов моделирования всех переменных языка константными формулами. В докладе планируется дать необходимые определения и представить соответствующие результаты.

Кофе-брейк

15:15–16:00

Сперанский Станислав Олегович

16:00–16:30 О сложности теории слабых вероятностных пространств

Под *слабым вероятностным пространством* понимают булеву алгебру — чьи элементы называют *событиями* — с заданной на ней конечно-аддитивной мерой, отображающей наибольший элемент в 1. Нетрудно показать, что теория такого рода пространств в языке с переменными по событиям является Π_1^1 -ограниченной. Оказывается, что эта оценка точна, причём Π_1^1 -трудным будет даже «качественный» фрагмент рассматриваемой теории, где на базовом уровне допускаются лишь утверждения о равновероятности двух булевых комбинаций событий. Аналогичные результаты можно получить для подходящих фрагментов языков из (Abadi & Halpern 1994), а также их многочисленных вариаций. Отсюда следует, что замыкающие ординалы для многих инфинитарных вероятностных исчислений (см., например, Ognjanović et al. 2016) совпадают друг с другом и равны $\omega_1^{\text{СК}}$, т.е. наименьшему неконструктивному ординалу.

Кудинов Андрей Валерьевич

16:30–17:00 Модальная логика топологических пространств

Топологическое пространство можно определить эквивалентным образом через операцию внутренности I . В таком случае на топологическое пространство естественно смотреть как на булеву алгебру с оператором. У этого оператора есть определённые свойства, вытекающие из свойств открытых множеств. Куратовский ещё в начале XX века нашёл набор аксиом для оператора I на булевой алгебре подмножеств данного множества X , которых достаточно, чтобы существовала топология на X такая, что оператор внутренности в этой топологии совпадал с I .

Модальная пропозициональная логика — это обычная пропозициональная логика с дополнительными (одной или несколькими) операторами (модальностями). Оказалось, что найденная Куратовским аксиоматика задает в точности хорошо известную модальную логику S4. Но, к сожалению, язык булевых формул с одним оператором не очень выразительный, но у него есть другое преимущество — разрешимость. Логика S4 является разрешимой, а значит проверку выполнимости формул в топологических пространствах можно выполнить на компьютере. Оказывается, большинство важных топологических свойств невозможно в этом языке выразить. Дальнейшее исследование логик топологических пространств сводилось к поиску выразимых свойств, и делались попытки расширить язык, чтобы можно было выразить другие свойства, которые не выразимы в базовом языке. В докладе я расскажу подробно про аксиомы Куратовского, про модальную логику S4, про выразимые и невыразимые свойства, а также сделаю небольшой обзор относительно свежих результатов в этой области.

Дворкин Лев Вениаминович

17:00–17:30 Об интерпретациях неклассических пропозициональных логик

Теорема Гливенко утверждает, что булева формула является классической тавтологией тогда и только тогда, когда её двойное отрицание доказуемо в интуиционистской логике. Следовательно, отображение, сопоставляющее каждой формуле её двойное отрицание, задаёт интерпретацию классической логики в интуиционистской. В свою очередь, интуиционистскую логику можно интерпретировать в модальной логике S4 при помощи перевода Гёделя. Мы обсудим интерпретации такого рода с общей точки зрения и попытаемся их классифицировать. Особое внимание мы уделим дефинициальным интерпретациям, при которых переменные интерпретируются тождественно, а n -арные связки заменяются на формулы от n переменных. Поиск таких интерпретаций сводится к решению функциональных уравнений в логиках, что оказывается весьма нетривиальной и интересной задачей.

Кирова Валерия Орлановна

17:30–18:00 Модификации понятия сложности бесконечных слов и анализ структуры биологических последовательностей (ДНК,РНК) через призму комбинаторики слов

Сложность бесконечных слов — широко изучаемая область в комбинаторике слов. Классическое определение сложности основано на функции, которая для каждого n подсчитывает количество различных факторов (или блоков последовательных символов) длины n . Рассматриваются различные модификации этого понятия, а также обобщения теоремы Морса–Хедлунда. Комбинаторика слов, в частности подсловная (факторная) сложность, находит своё применение в анализе биологических последовательностей. Биологические макромолекулы, такие как ДНК, РНК и белки, могут рассматриваться как конечные последовательности символов (или слова) над конечным алфавитом. Возникает задача сравнения отдельных генов и их фрагментов со случайными последовательностями или с последовательностями, полученными случайной перестановкой тех же символов. Такая постановка позволяет выявить структурные особенности биологических цепочек, отличающие их от случайных строк той же длины и на том же алфавите. Для этого применяются комбинаторные методы анализа конечных слов, среди которых важную роль играют так называемые особые факторы — подслова, обладающие расширенной возможностью продолжения вправо или влево.