

О задаче поиска путей с ограничениями в терминах формальных языков

Семён Григорьев

Санкт-Петербургский Государственный Университет

24 ноября 2025

Статичекий анализ кода

- Контекстно-свободные языки (CFL-r, Context-Free Language Reachability)
 - ▶ Томас Репс — основоположник
 - ★ Одна из основополагающих статей: Precise interprocedural dataflow analysis via graph reachability, 1995
 - ▶ Относительно свежий обзор области: CFL/Dyck Reachability: An Algorithmic Perspective, 2023
 - ▶ Активно разрабатываются инструменты: Pearl: A Multi-Derivation Approach to Efficient CFL-Reachability Solving, 2024
 - ▶ Есть открытые теоретические проблемы. Например: Subcubic certificates for CFL reachability, 2023
- За границами контекстно-свободных языков
 - ▶ Context-sensitive data-dependence analysis via linear conjunctive language reachability, 2017
 - ▶ Program Analysis via Multiple Context Free Language Reachability, 2025

Графовые БД

- Регулярные языки (RPQ, Regular Path Queries)
 - ▶ Часть ISO-стандартов языков запросов к графикам
 - ★ Расширение SQL для работы с граф-структурированными данными: ISO/IEC 9075-16:2023 Information technology — Database languages SQLPart 16: Property Graph Queries (SQL/PGQ)
 - ★ Язык запросов к графикам: ISO/IEC 39075:2024 Information technology — Database languages — GQL
 - ▶ Частично поддерживается в разных реализациях Cypher¹
 - ▶ Одна из классических работ: Regular path queries on graphs with data, 2012
 - ▶ Даже теория ещё не вся изучена: Fine-Grained Complexity of Regular Path Queries, 2023
- Контекстно-свободные языки (CFPQ, Context-Free Path Queries)
 - ▶ Михалис Яннакакис — основоположник
 - ★ Одна из основополагающих статей: Graph-theoretic methods in database theory, 1990
 - ▶ Subgraph Queries by Context-Free Grammars, 2008
 - ▶ Understanding Data Science Lifecycle Provenance via Graph Segmentation and Summarization, 2018

¹Разделы «Patterns for Relationships», «Variable-length Pattern Matching»

Алгоритмы на основе линейной алгебры

- Регулярные
 - ▶ Single-Source Regular Path Querying in Terms of Linear Algebra, 2025
 - ▶ Evaluating regular path queries on compressed adjacency matrices, 2025
- Контекстно-Свободные
 - ▶ Universal High-Performance CFL-Reachability via Matrix Multiplication, 2025
 - ▶ Решение задач поиска путей в графе с заданными контекстно-свободными ограничениями с использованием методов линейной алгебры, 2023
 - ▶ Multiple-Source Context-Free Path Querying in Terms of Linear Algebra, 2021
 - ▶ Context-Free Path Querying by Kronecker Product, 2020
- Немного реализаций
 - ▶ Коллекция CFPQ_PyAlgo
 - ▶ Кое что уже есть в LAGraph
 - ★ RPQ
 - ★ Базовый CFPQ