



Анализ графов и разреженная линейная алгебра в инфраструктуре RISC-V

Рабочая группа “Развитие экосистемы ПО на RISC-V”

Семён Григорьев

Санкт-Петербургский Государственный Университет

25 апреля 2025

- Доцент кафедры системного программирования Санкт-Петербургского Государственного Университета
- Научный сотрудник лаборатории YADRO
- Руководитель исследовательской группы
- Области интересов
 - ▶ **Высокопроизводительная линейная алгебра** для анализа графов
 - ★ **Обобщённая:** матрицы и вектора параметризованы типом элемента, операции над ними могут быть заданы пользователем
 - ★ **Разреженная:** специализированные структуры для хранения матриц и векторов, специализированные алгоритмы для их обработки
 - ★ В том числе, с использованием **графических ускорителей**
 - ▶ **Высокопроизводительный анализ графов**



- Email: s.v.grigoriev@mail.spbu.ru
- GitHub: [gsvgit](#)
- Google Scholar: [Semyon Grigorev](#)
- DBLP: [Semyon V. Grigorev](#)

Алгоритмы анализа графов⁴

- Разработка, реализация и оптимизация алгоритмов
- На основе линейной алгебры (GraphBLAS)
 - ✓ Разработаны алгоритмы поиска путей с ограничениями в виде формальный языков
 - ★ Регулярные языки, Regular Path Querying, RPQ: часть ISO-стандарта языка запросов¹
 - ★ Контекстно-свободные языки, ContextFree Path Querying, CFPQ: анализ программ
 - ▶ LAGraph — основная открытая библиотека алгоритмов на основе GraphBLAS
 - ✓ Базовая версия CFPQ²
 - ✓ Базовая версия RPQ³
 - ⚙ Перенести различные вариации алгоритмов CFPQ и RPQ и их оптимизации
- Интеграция алгоритмов
 - ✓ В графовые базы данных (RedisGraph, Neo4j)
 - ⚙ В инструменты статического анализа

¹ISO/IEC 39075:2024 Information technology — Database languages — GQL:

<https://www.iso.org/standard/76120.html>

²<https://github.com/GraphBLAS/LAGraph/pull/265>

³<https://github.com/GraphBLAS/LAGraph/pull/261>

⁴Наше сообщество на GitHub: <https://github.com/FormalLanguageConstrainedPathQuerying>

Библиотеки линейной алгебры для анализа графов⁹

- Линейная алгебра на GPGPU

- ✓ cuBool⁵: разреженная булева линейная алгебра на Cuda
- ✓ Spla⁶: обобщённая разреженная линейная алгебра на OpenCL
- ⚙ Перенос Spla на RISC-V

- Вклад в экосистему GraphBLAS

- ✓ Векторизация умножения матриц на RISC-V RVV1.0⁷ в SuiteSparse:GraphBLAS⁸
- ⚙ Кросс-сборка “стека” SuiteSparse:GraphBLAS

- ⚙ Эксперименты с RISC-V GPGPU Vortex

⁵<https://github.com/SparseLinearAlgebra/cuBool>

⁶<https://github.com/SparseLinearAlgebra/spla>

⁷Реквест с изменениями: <https://github.com/DrTimothyAldenDavis/GraphBLAS/pull/381>

⁸Референсная реализация GraphBLAS

⁹Наше сообщество на GitHub: <https://github.com/SparseLinearAlgebra>

Набор данных для экспериментального исследования алгоритмов

- Данные из различных областей для исследования производительности RPQ и CFPQ
 - ▶ Анализ семантических сетей
 - ▶ Статический анализ кода
 - ▶ Биоинформатика
 - ▶ ...
- ✓ Набор данных¹⁰
- ⚙ Интеграция в SuiteSparse Matrix Collection

¹⁰CFPQ_Data: https://github.com/FormalLanguageConstrainedPathQuerying/CFPQ_Data

- Опыт разработки, реализации, оптимизации высокопроизводительных алгоритмов анализа графов
- Активно коммуницируем с международным сообществом вокруг GraphBLAS и графовых баз данных в целом
 - ▶ Конференции, публикации
 - ▶ Вклад в проекты с открытым исходным кодом
- Работаем в экосистеме RISC-V
 - ▶ Лаборатория на Математико-Механическом факультете
 - ▶ Вклад в проекты с открытым исходным кодом
 - ▶ Образовательная деятельность