



Уточнение сложностных оценок для задачи поиска путей с контекстно-свободными ограничениями

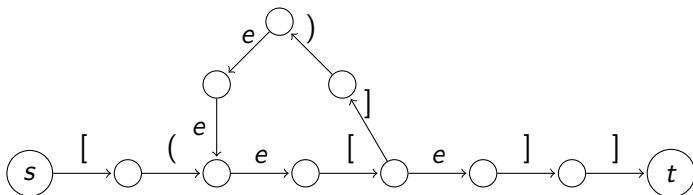
Екатерина Шеметова

JetBrains Research, Programming Languages and Tools Lab
СПбАУ, СПбГУ

14.12.2019

CFL-reachability (CFPQ)

достижимость в графе + контекстно-свободные ограничения



$[(e[])eee[e]]$

- Вход: контекстно-свободная грамматика G и помеченный ориентированный граф D
- Сферы применения: статический анализ кода, запросы к графовым базам данных, цепные запросы Datalog, ...

Зачем изучать сложность задачи CFPQ? Мотивация

1. Разботка более эффективных алгоритмов

... хотя бы для частных случаев

- CFL-reachability решается за $O(n^3)$ (n — число вершин в графе)
- С параллельными алгоритмами тоже всё плохо — задача P -полная

2. “Кубический барьер”

(Nevin Heintze and David McAllester, 1997): On the Cubic Bottleneck in Subtyping and Flow Analysis

Существует т.н. “кубический барьер” сложности различных задач анализа программ.

Открытая проблема: существует ли алгоритм, работающий за $O(n^{3-\varepsilon})$ (т.н. субкубический алгоритм)?

Если всё так плохо, можно посмотреть на эффективные частные случаи

- Почему они эффективны?
- Можно ли их обобщить?

Частные случаи: параллельная сложность

- Есть подклассы грамматик, для которых задача хорошо параллелится
- Что объединяет эти эффективные классы? Много ли их? Почему они обладают этим свойством? Можем ли мы получить новые, полезные на практике?

Частные случаи: параллельная сложность

- Есть подклассы грамматик, для которых задача хорошо параллелится
- Что объединяет эти эффективные классы? Много ли их? Почему они обладают этим свойством? Можем ли мы получить новые, полезные на практике?

Результаты

- Параллельная эффективность зависит от свойств автомата — наличие ограничений на стек
- Нашли большой класс таких языков: bounded-oscillation языки
- Этот класс включает в себя большое количество ранее известных классов
- Побочный эффект: возможно, этот класс “разыскивает” Datalog-сообщество

Сведение к другим задачам

- Сводим к известной задаче из другой области
- Fine-grained complexity (мелкозернистая сложность)

Сведение к инкрементальному транзитивному замыканию

Свели CFL-reachability к инкрементальному транзитивному замыканию графа

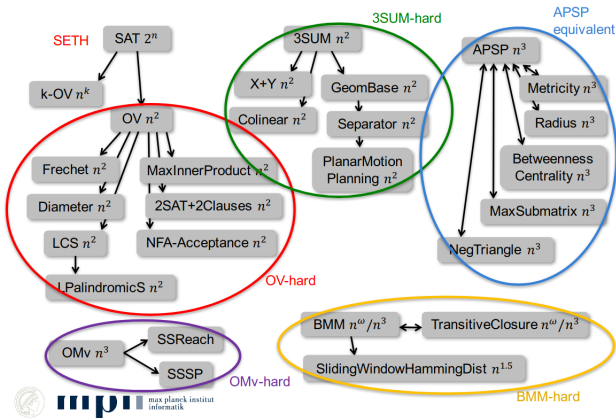
Результаты

- Получили сложность $O(n^3 / \log n)$
- Ускорили алгоритм инкрементального ТЗ на логарифмический фактор
- Получили интересные и эффективные частные случаи: планарные графы, графы с ограниченной степенью вершин и т.д.
- Новые возможности в использовании идей из линейной алгебры

Fine-grained complexity (мелкозернистая сложность)

Новый раздел теории сложности, посвященный более точным оценкам сложности полиномиальных алгоритмов

Согласно гипотезе OMv из мелкозернистой сложности, в общем случае ускорение инкрементального транзитивного замыкания получить сложно



- Ekaterina Shemetova, Alexander Okhotin, Semyon Grigorev. Rational index of bounded-oscillation languages.
ориентировочно журнал “International Journal of Foundations of Computer Science”
Статус: подготовлена; думаем, куда подать
- Ekaterina Shemetova, Rustam Azimov, Egor Orachev, Ilya Epelbaum, Semyon Grigorev. One Algorithm to Evaluate Them All: Unified Linear Algebra Based Approach to Evaluate Both Regular and Context-Free Path Queries.
Журнал “Information Systems Frontiers”
Статус: подготовлена

- Грант РФФИ под руководством Александра Охотина
- Конкурс стипендий Президента для молодых учёных и аспирантов
 - ▶ Уточнение сложностных оценок задачи поиска путей с ограничениями в терминах контекстно-свободных языков и разработка более эффективных алгоритмов для общего и частных случаев задачи
 - ▶ Заявка подана, находится на рассмотрении
- Студенты: Александра Истомина (СПбГУ), Александра Олемская (НИУ ВШЭ), работают над частными случаями инкрементального транзитивного замыкания

Планы и текущая работа

- Продолжаем работу по параллельной сложности: на самом деле мы нашли гораздо больше классов с интересными свойствами
- Углубляемся в fine-grained complexity: получение оценок исходя из гипотезы OMv
- Изучение сводимости CFPQ к задачам из линейной алгебры и другим хорошим задачам
- Дальнейшее рассмотрение частных случаев (классов графов и грамматик)
- Логарифмическое ускорение CFPQ (это целое искусство)