

Решение QUBO при помощи SPVAR

Ральников Павел Андреевич, студент 2 курса СП

Руководитель – Лежнев Константин Эдуардович, ГПН ИТО

Куратор – Грошев Максим Эдуардович, СПбГУ, ПИЯФ, АЦТП

Задача QUBO

- Задана матрица коэффициентов $Q \in \mathbb{R}^{N \times N}$
- Нужно найти $x \in \{0, 1\}^N$, минимизирующий функционал $x^T Q x$ (то есть сумму $\sum_{i,j} x_i x_j Q_{ij}$)
- QUBO легко сопоставляется с задачей Изинга: даны $h \in \mathbb{R}^N, J \in \mathbb{R}^{N \times N}$ нужно найти $s \in \{-1, 1\}^N$, минимизирующий $H(s) = \sum_i h_i s_i + \sum_{i,j} J_{ij} s_i s_j$. $H(s)$ называется энергией решения s .
- Классический вариант решения – метод отжига

Мотивация



Компания D-Wave сделала «квантовый отжигатель», который позволяет эффективно решать задачи Изинга и QUBO

SPVAR



Ссылка на исходную статью:
<https://arxiv.org/abs/1606.07797>

- Метод, позволяющий снизить количество переменных в задаче Изинга и улучшить качество получаемых решений.
- Общая схема алгоритма: получаем от квантового отжигателя (*sampler* далее) набор решений (сэмпл), считаем по ним статистику и выдаем множество переменных, которые нужно зафиксировать.

Псевдокод SPVAR

Input: модель Изинга (h, J) , $sample_size$, $sampler$, $fixing_threshold$, $elite_threshold$

Через $sampler$ генерируем сэмпл размера $sample_size$

Сортируем решения по возрастанию энергии

Оставляем первые $elite_threshold$ процентов решений

Для каждой переменной находим среднее абсолютное значение во всех оставшихся решениях

Фиксируем те переменные, у которых среднее абсолютное значение превышает $fixing_threshold$

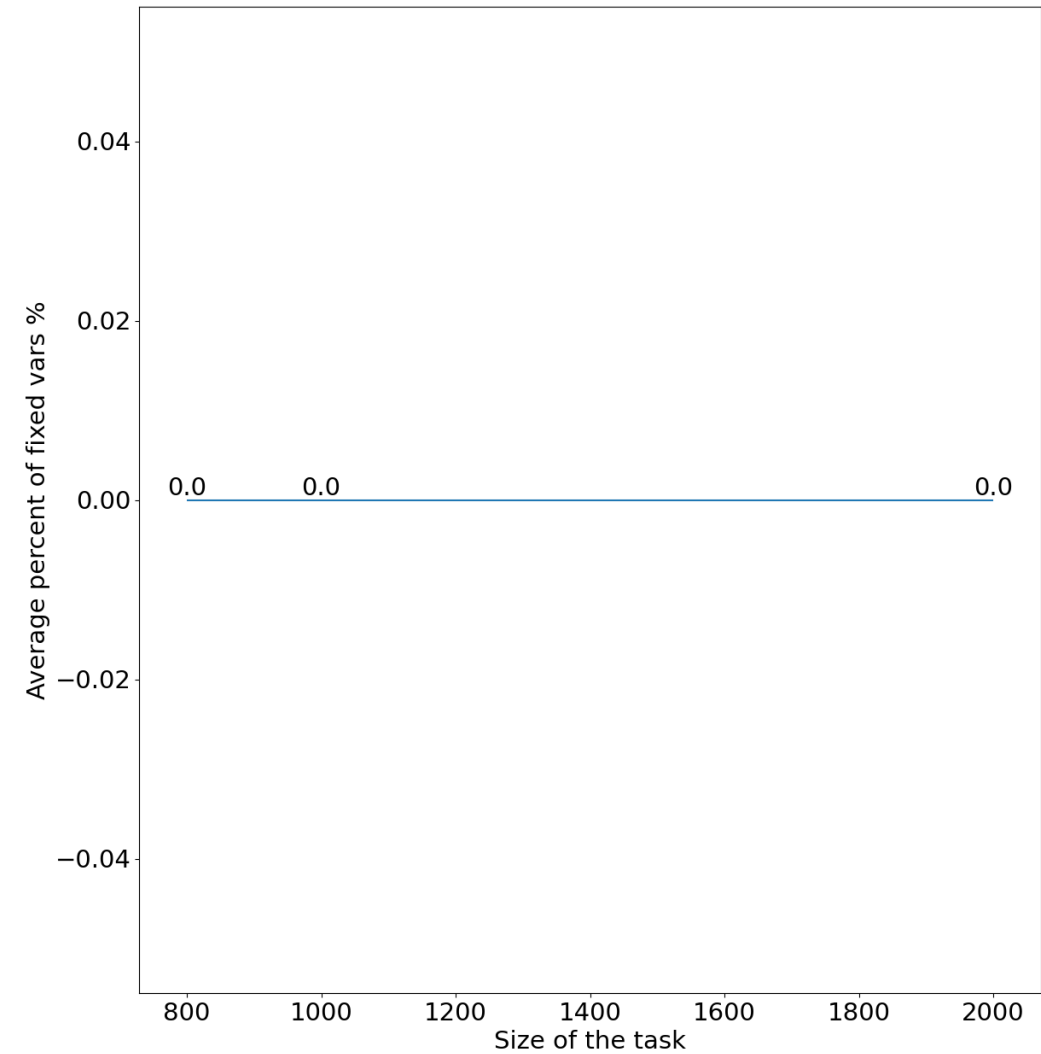
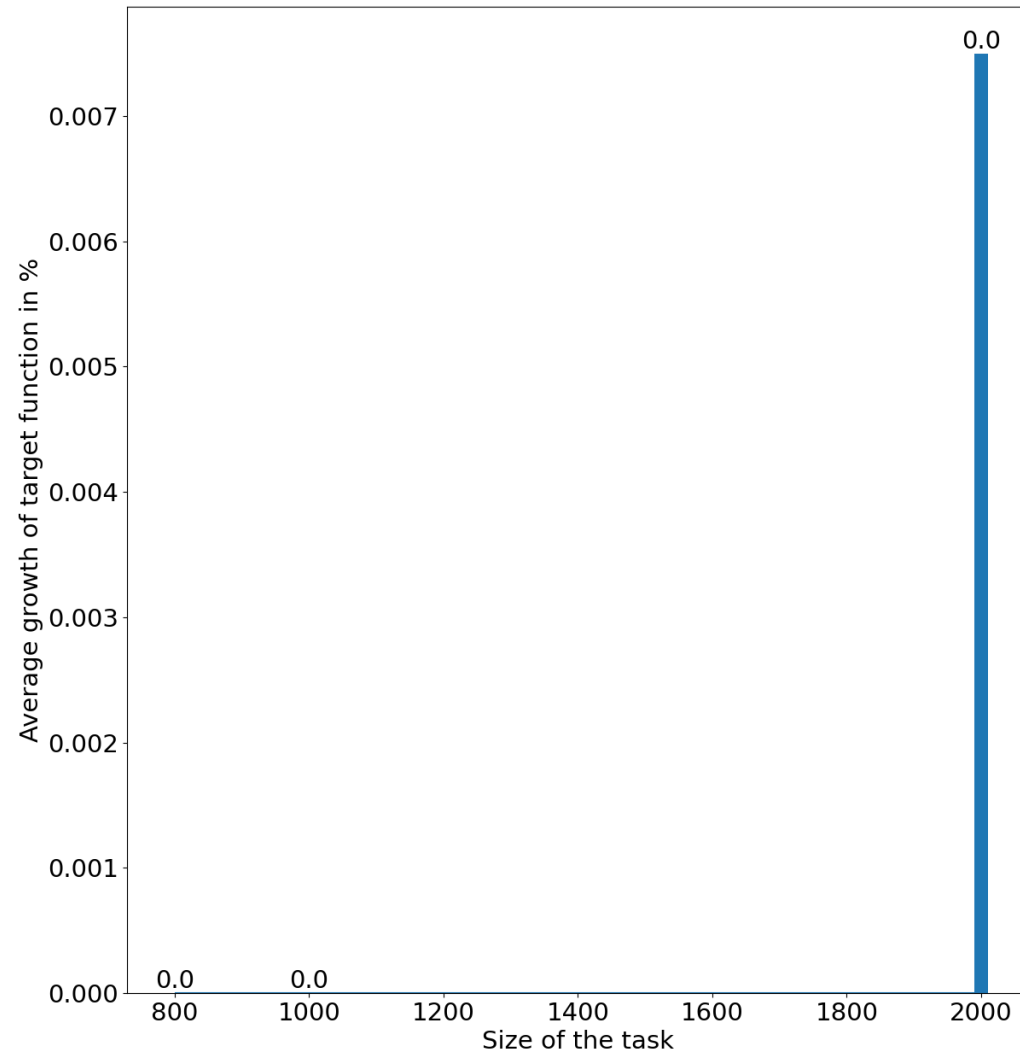
Обновляем h и J

return h, J , сопоставление фиксированных переменных с их значениями

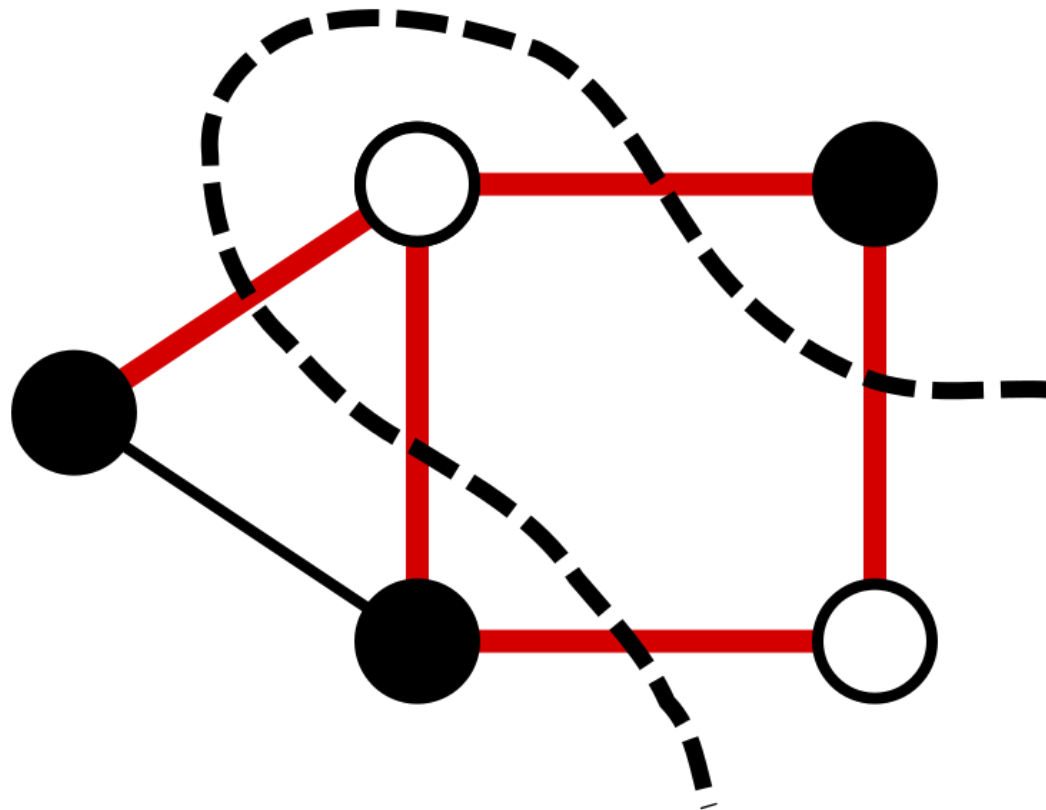
Схема тестирования

- Фиксируем общее количество решений (`total_num_anneals`) и `sample_size`
- Сравниваем:
 - Лучшее `total_num_anneals` решений на исходной задаче
 - Лучшее из (`total_num_anneals` – `sample_size`) решений задачи, которую построил SPVAR с параметром `sample_size`

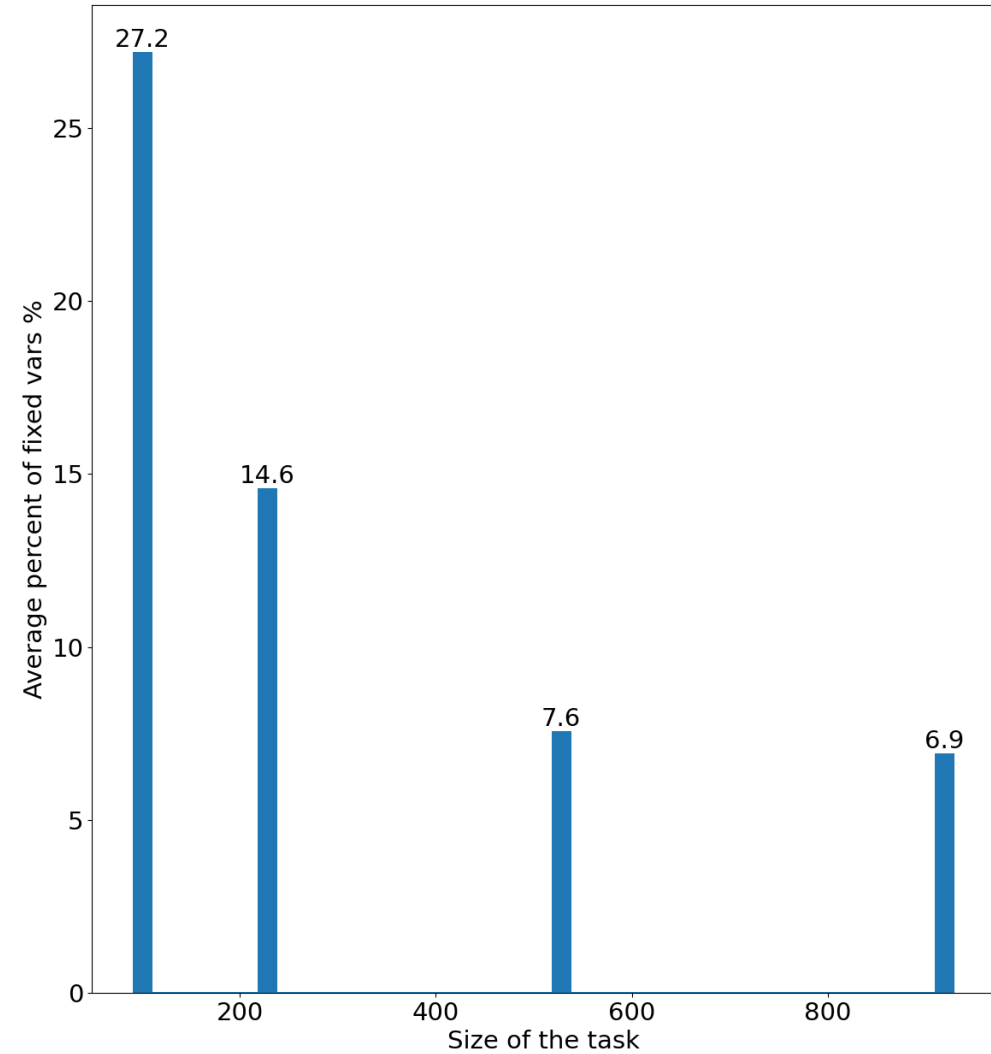
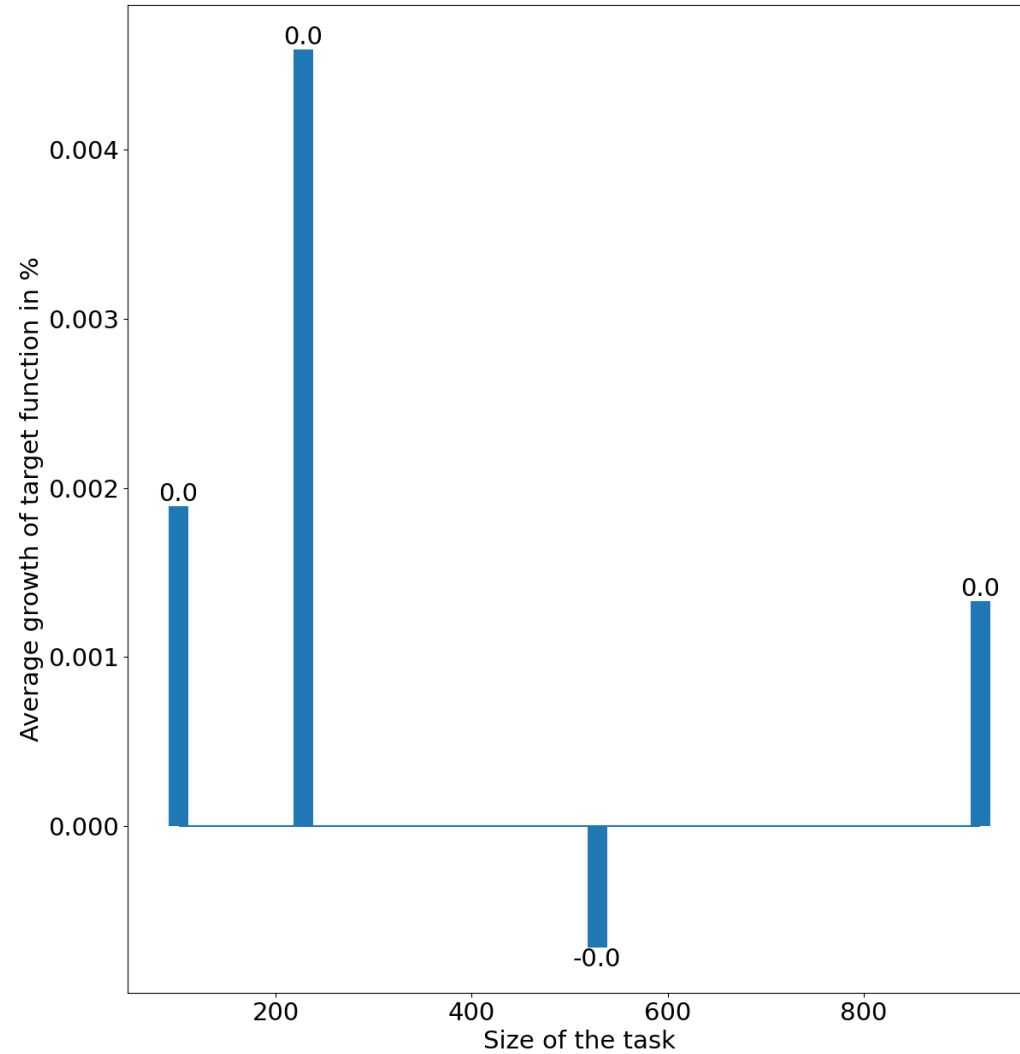
Maxcut



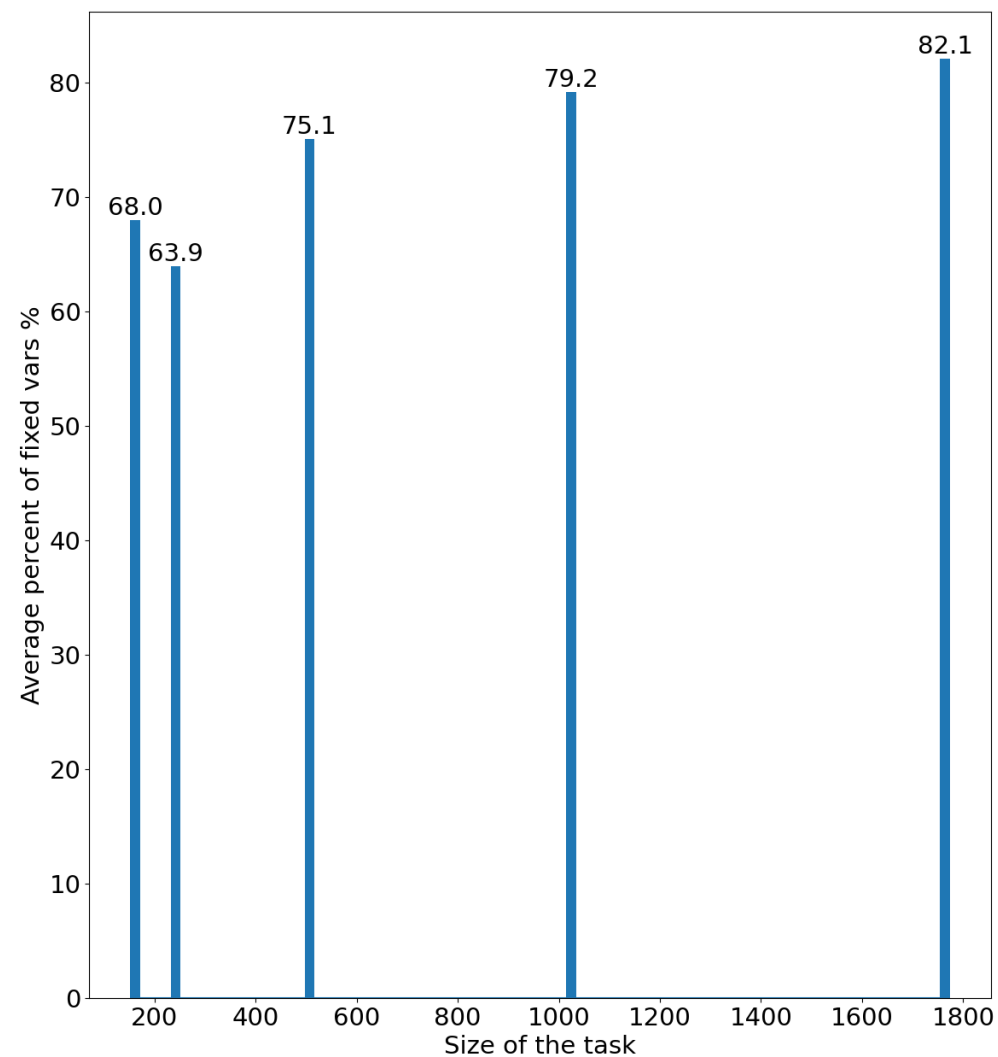
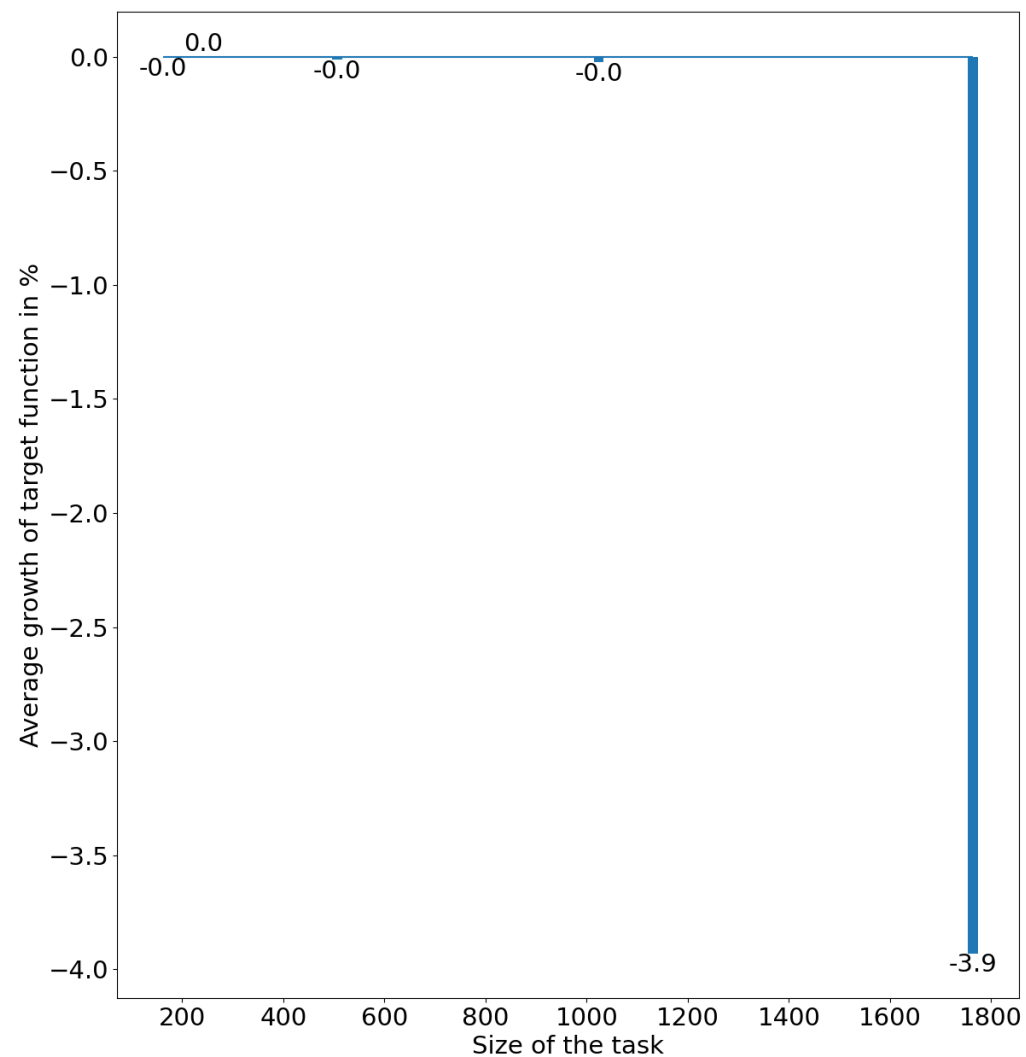
Причина плохих результатов



Knapsack



Логистические задачи



Ссылка на Github



<https://github.com/PaulRalnikov/SPVAR>