

# Адаптивная балансировка загрузки системы Web-серверов на основе рандомизированных алгоритмов стохастической аппроксимации

Ерофеева Виктория Александровна, 661 группа

Научный руководитель: Граничин О. Н., д.ф.-м.н., профессор

Рецензент: Иванский Ю. В., аспирант

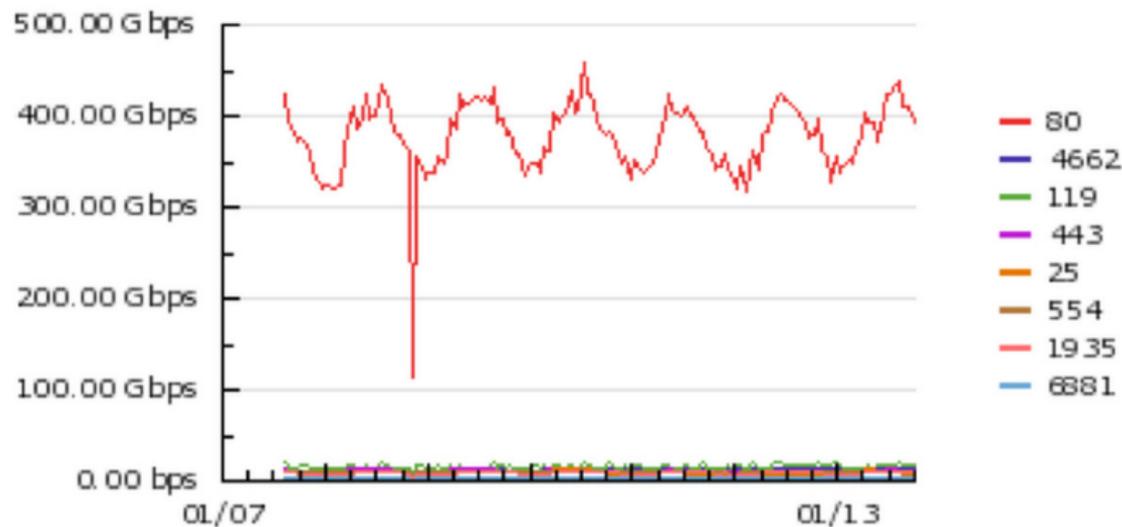
Санкт-Петербург, 2015 г.

# Балансировка нагрузки

*Балансировка нагрузки* – метод распределения заданий между несколькими узлами вычислительной сети с целью оптимизации использования вычислительных ресурсов, уменьшения времени выполнения заданий, а также обеспечения отказоустойчивости.

- ▶ задача балансировки нагрузки
- ▶ стратегии балансировки (централизованная, распределенная)
- ▶ виды балансировки (статическая, динамическая)

## Актуальность проблемы



1

<sup>1</sup>Internet Traffic Trends. URL: <https://www.nanog.org/>

## Балансировка нагрузки на основе SPSA

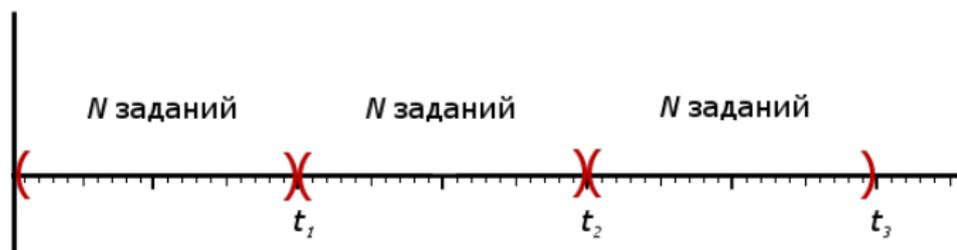
- ▶ Granichin O., Amelina N. Simultaneous Perturbation Stochastic Approximation for Tracking under Unknown but Bounded Disturbances // IEEE Transactions on Automatic Control, vol. 60, issue 6, June 2015, pp. 1653-1658.
- ▶ Граничин О.Н. Поисковые алгоритмы стохастической аппроксимации с рандомизацией на входе // Автоматика и телемеханика, 2015, № 5. С. 43-59.
- ▶ Amelina N., Erofeeva V., Granichin O., Malkovskii N. Simultaneous perturbation stochastic approximation in decentralized load balancing problem // In: Proc. of 1st IFAC Conference on Modelling, Identification and Control of Nonlinear Systems, June 24-26, 2015, Saint Petersburg, Russia.

## Цель работы

Целью диссертационной работы является исследование возможности применения алгоритма SPSA для отслеживания оптимального параметра  $\alpha$  в процессе балансировки системы. Для этого необходимо:

- ▶ реализовать алгоритм SPSA для отслеживания производительностей с использованием постоянного шага  $\alpha$
- ▶ определить факторы, взаимосвязанные с влиянием параметра  $\alpha$  на работу алгоритма балансировки
- ▶ предложить адаптацию алгоритма на базе SPSA для отслеживания производительностей совместно с параметром  $\alpha$  и реализовать ее
- ▶ провести сравнительный анализ полученного алгоритма с существующим, который использует постоянный шаг
- ▶ спроектировать архитектуру прототипа системы с балансировкой
- ▶ реализовать модуль балансировки

## Формализация задачи



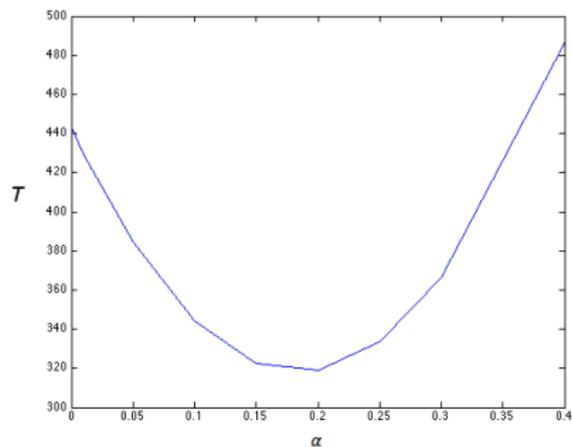
Функционал качества:

$$\Phi_t(\alpha_t) = \sum_{i=1}^N \sqrt{\frac{1}{d} \sum_{j=1}^d (x_i^j(\alpha_i) - x_m(\alpha_i))^2} \quad (1)$$

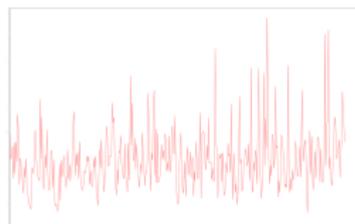
Оптимальное решение:

$$\alpha^* = \operatorname{argmin}_{\alpha} \Phi(\alpha) \quad (2)$$

# Исследование $\Phi(\alpha)$ от выбора $\alpha$



$\alpha = 0.006$



$\alpha = 0.4$



$\alpha^* = 0.2$

## Алгоритм адаптации $\alpha$

Задается начальное значение  $\alpha_0$ ,  $\Delta_t = \pm 1$  с вероятностью  $1/2$ ,  
 $\gamma > 0$ ,  $t = 0, 1, \dots$

Определяются новые значения

$$\alpha_t^\pm = \alpha_{t-1} \pm \gamma \delta_t \quad (3)$$

Находятся значения функционала качества

$$s_t^\pm = \Phi_{2t-1}(\alpha_t^\pm) \quad (4)$$

Вычисляется квазиградиент

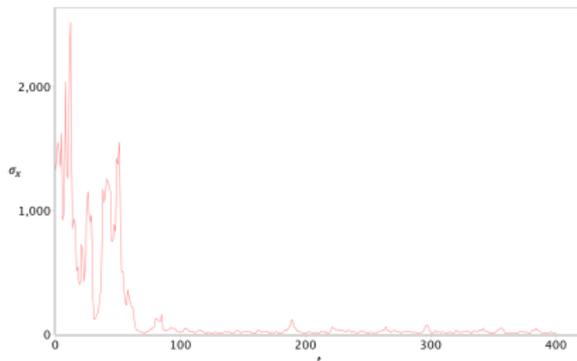
$$\nabla_t = \Delta_t \frac{s_t^+ - s_t^-}{2\gamma} \quad (5)$$

Получение новой оценки

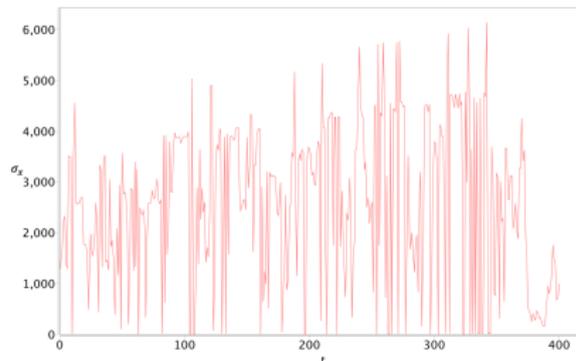
$$\alpha_{2t-1} = \alpha_{2t-2} \quad (6)$$

$$\alpha_{2t} = \alpha_{2t-1} - \gamma \nabla_t \quad (7)$$

# Сравнительный анализ

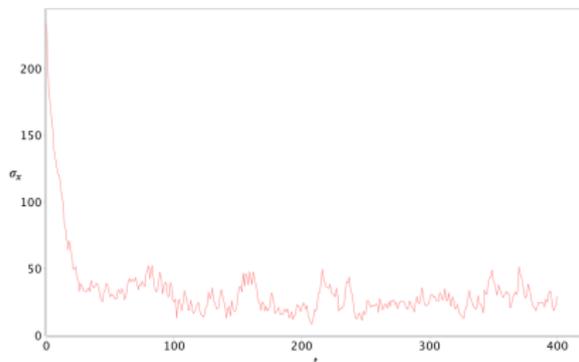


с адаптацией шага ( $\alpha_0 = 0.4$ )

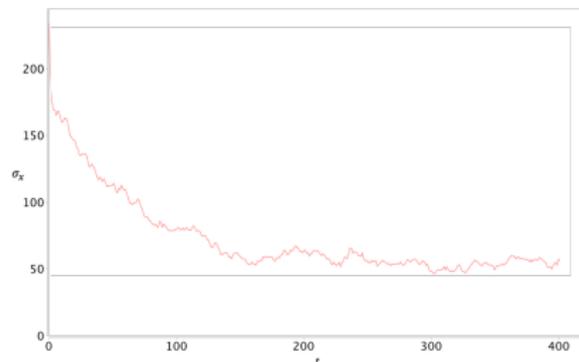


без адаптации шага ( $\alpha = 0.4$ )

## Сравнительный анализ: продолжение



с адаптацией шага ( $\alpha_0 = 0.006$ )



без адаптации шага ( $\alpha = 0.006$ )

# Реализация

Для реализации алгоритма был выбран Akka framework, который позволяет создать распределенную систему на основе акторов. Актор представляет собой сущность, которая предоставляет следующие возможности:

- ▶ простые высокоуровневые абстракции для параллельной работы
- ▶ высокопроизводительную асинхронную неблокирующую модель для реализации событий
- ▶ легковесное управление процессами

# Архитектура прототипа системы



# Заключение

В диссертационной работе получены следующие результаты:

- ▶ реализован алгоритм SPSA для отслеживания производительностей с использованием постоянного шага  $\alpha$
- ▶ определены факторы, взаимосвязанные с влиянием параметра  $\alpha$  на работу алгоритма балансировки
- ▶ предложена адаптация алгоритма на базе SPSA для отслеживания производительностей совместно с параметром  $\alpha$  и ее реализация
- ▶ проведен сравнительный анализ полученного алгоритма с существующим, который использует постоянный шаг
- ▶ спроектирована архитектура прототипа системы
- ▶ разработан модуль балансировки