

*Рандомизация для задач
анализа информации и
управления в реальном
времени*

Граничин Олег Николаевич

[\(oleg_granichin@mail.ru\)](mailto:oleg_granichin@mail.ru)

Весна 2011, 4 курс,
кафедра Системного программирования

1. Введение

Трудности задач анализа информации и управления в реальном времени

- Процесс получения данных и управления
- Неопределенности
- Байесовский подход
- Недостаточность разнообразия исходных данных. Изменчивость данных со временем
- Ограничениями по ресурсам в условиях реального времени
- Пример обработки заданий сервером
- Пример балансировки нагрузки в вычислительной сети

2. Рандомизированные алгоритмы

- «Провалы» детерминированных подходов
- Понятие рандомизированного алгоритма
- Парадигма рандомизированного подхода
- Пример вычисления по Методу Монте-Карло площади «подграфика»
- Пример состоятельности рандомизированного алгоритма в задаче обнаружения сигнала на фоне почти произвольных помех.

3-8. Теория оценивания

- Сценарный подход.
- Понятие функционала среднего риска. Метод эмпирического функционала.
- Приближение одной случайной величины с помощью семейства других
- Байесовское оценивание
- Метод максимального правдоподобия.
Достижимая точность оценивания
- Метод стохастической аппроксимации
 - Алгоритм Роббинса-Монро
 - Процедура Кифера-Вольфовица

9. Рандомизированные алгоритмы стохастической аппроксимации (SPSA)

- Алгоритмы с двумя измерениями
- Алгоритм с одним измерением
- Состоятельность при почти произвольных помехах
- Оптимальная минимаксная скорость сходимости
- Алгоритмы с постоянным размером шага
- Пример оптимизации работы сервера

10-16. Линейные задачи.

- Оценки МНК. Теорема Гаусса-Маркова.
- Рекуррентные модификации МНК.
- Фильтр Винера-Колмогорова
- Фильтр Калмана-Бьеси
- Compressive Sensing
- Алгоритмы обучения и самообучения.
Кластеризация
- Заключение. Перспективы стохастического программирования

Литература

- [Граничин О.Н. Стохастическая оптимизация и системное программирование // Стохастическая оптимизация в информатике, т.6, вып. 1, с. 3-44 \(Лекции 1-3\)](#)
- [Граничин О.Н., Поляк Б.Т. «Рандомизированные алгоритмы оптимизации и оценивания при почти произвольных помехах», М.:Наука, 2003. 291 с. \(Лекции 2, 4-13, 15\)](#)
- [Граничин О.Н. Введение в методы стохастической оптимизации и оценивания. Учебное пособие. СПб.: Изд-во С.-Петербур. университета, 2003, 131с. \(Лекции 2, 4-13, 15\)](#)
- [Граничин О.Н., Павленко Д.В. Рандомизация получения данных и 1_1-оптимизация // Автоматика и телемеханика, 2010, № 11, с. 3 -28 \(Лекция 1\)](#)
- [Граничин О.Н., Шалымов Д.С., Аврос Р., Волкович З. Рандомизированный алгоритм нахождения количества кластеров // Автоматика и телемеханика, 2011 \(Лекции 2, 15\)](#)

Дополнительная:

Кушнер Дж, Ин Г. «Stochastic Approximation and Recursive Algorithms and Applications »

Спал Д. [«Стохастическая оптимизация»](#)

[Borkar V. “Stochastic Approximation”](#)

Campi M. [“Selected Topics In Probability”](#)

About myself

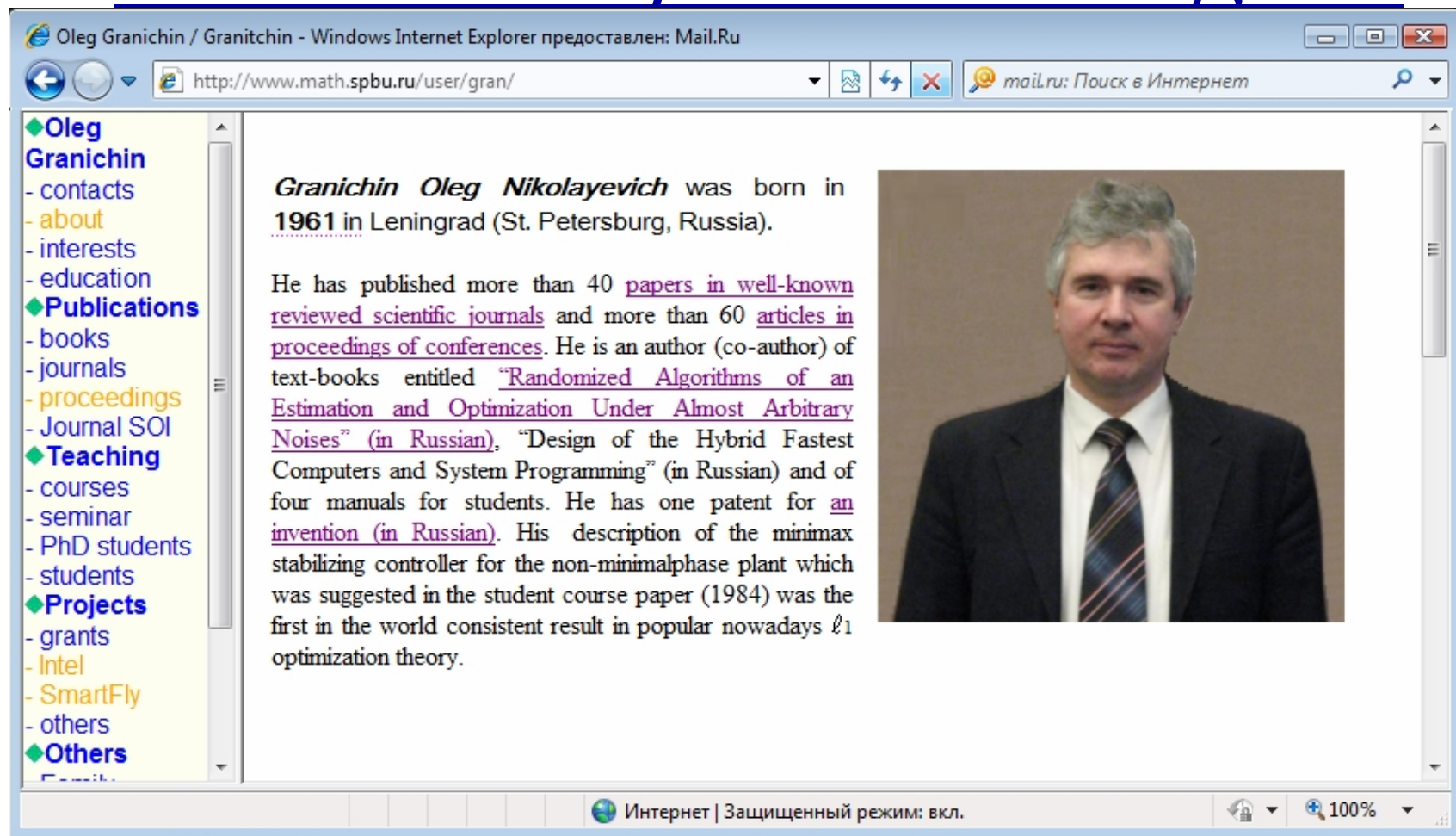
- PhD in Math Cybernetics, 1985
- Doctor degree in Data Mining, 2001
- Professor
- Member of – IEEE,
 - IEEE Control System Society,
 - AMS (American Mathematical Society),
 - St. Petersburg Mathematical Society,
 - Academy of Educational Informatization (Russian).

Sankt-Petersburg University

- <http://www.spbu.ru>
- Faculty of Mathematics and Mechanics
350 students per year
- Computer Science Department
150 students per year

My web-page

- www.math.spbu.ru/user/gran



The screenshot shows a Windows Internet Explorer browser window. The title bar reads "Oleg Granichin / Granichin - Windows Internet Explorer предоставлен: Mail.Ru". The address bar shows the URL "http://www.math.spbu.ru/user/gran/". The search bar contains "mail.ru: Поиск в Интернет".

The page content includes a left sidebar with a navigation menu:

- ◆ Oleg Granichin
- contacts
- about
- interests
- education
- ◆ Publications
- books
- journals
- proceedings
- Journal SOI
- ◆ Teaching
- courses
- seminar
- PhD students
- students
- ◆ Projects
- grants
- Intel
- SmartFly
- others
- ◆ Others

The main content area features a biography of Oleg Granichin:

Granichin Oleg Nikolayevich was born in **1961** in Leningrad (St. Petersburg, Russia).

He has published more than 40 [papers in well-known reviewed scientific journals](#) and more than 60 [articles in proceedings of conferences](#). He is an author (co-author) of text-books entitled "[Randomized Algorithms of an Estimation and Optimization Under Almost Arbitrary Noises](#)" (in Russian), "Design of the Hybrid Fastest Computers and System Programming" (in Russian) and of four manuals for students. He has one patent for [an invention \(in Russian\)](#). His description of the minimax stabilizing controller for the non-minimalphase plant which was suggested in the student course paper (1984) was the first in the world consistent result in popular nowadays ℓ_1 optimization theory.

To the right of the text is a portrait photograph of Oleg Granichin, a middle-aged man with grey hair, wearing a dark suit, white shirt, and a striped tie.

The browser's status bar at the bottom indicates "Интернет | Защищенный режим: вкл." and a zoom level of "100%".

Courses

- Stochastic programming
- Quantum computing

Scientific fields

- Optimization and Adaptive Control
- Computational Linguistic
- Business Intelligence
- New Computational Models

- Hi-tech Entrepreneurship

Topics in Math

- Randomized algorithms
- Stochastic optimizations (SPSA)
- Clustering
- Compressive sensing
- Financial mathematics
- Adaptive control
- Image and Video processing

Most interesting results

- l_1 -optimization
- SPSA algorithms
- Estimation under almost arbitrary noise
- Randomized clustering stability algorithm
- Randomized algorithm of R/S analysis
- Oriental languages recognition

List of recent publications

- [Randomized algorithm of finding the true number of clusters based on Chebychev polynomial approximation](#) // chapter in book: *DATA MINING: Foundations and Intelligent Paradigms*, Edit. D.E.Holmes. Springer, 2011.
- [Randomization of data acquisition and \$l_1\$ -optimization \(recognition with compression\)](#) // *Automation And Remote Control*, 2010, v. 71, no. 11, p. 2259-2282.
- [Computational model based on evolutionary primitives. Turing machine generalization](#) // *International Journal of Nanotechnology and Molecular Computation*, v. 2. 2010, no. 2, p. 30-43.
- [Algorithm for stochastic approximation with trial input perturbation in the nonstationary problem of optimization](#) // *Automation and Remote Control*, 2009, v. 70, no. 11. p. 1827-1835.
- [Methods of data transfer speed estimation in the data grid based on linear regression](#) // *Neurocomputers: Design&application*, 2009, no. 11, p. 45 - 52.
- [Using application of statistics for word extraction from Vietnamese documents](#) // *Vestnik SPbSU. App. Math.*, 2009, no. 3, pp. 162-170.
- [Speaker-independent isolated words recognition problem solving based on simultaneous perturbation stochastic approximation algorithm](#) // *Neurocomputers: Design, Application*, 2009, no. 3, p. 58-64.
- [Method of measurements with random perturbation: application in photoemission experiments](#) // *Review Of Scientific Instruments*. 79, 036103. 2008.

Conferences

- *Adaptive autonomous soaring of multiple UAVs using SPSA // 49th IEEE Conference on Decision and Control, December 15-17, 2010, Atlanta, GA. USA.*
- *Adaptive control of SISO plant with time-varying coefficients based on random test perturbation // 2010 American Control Conference, June 30-July 02, 2010, Baltimore, MD, USA. P. 4004-4009.*
- *A randomized algorithm for estimation number of clusters // XXIV European Conference on Operation Research, July 11-14, 2010, Lisbon, Portugal, p. 53.*
- *Discrete-time minimum tracking based on stochastic approximation algorithm with randomized differences // The Combined 48th IEEE Conference on Decision and Control and 28th Chinese Control Conference, December 16-18, 2009, Shanghai, P.R. China, p. 5763-5767.*
- *SPSA with a fixed gain for intelligent control in tracking applications // 2009 IEEE International Symposium on Intelligent Control, St. Petersburg, July 2009, pp. 1415-1420.*
- *Minimum tracking with SPSA and applications to image registration // In Proc. of Workshop on networked embedded and control system technologies: European and Russian R&D cooperation - NESTER, 6th International Conference on Informatics in Control, Automation and Robotics, 2-5 July 2009, Milan, Italy, pp. 66-74.*
- *Parameter estimation and tracking for the Rosenbrock function using simultaneous perturbation stochastic approximation algorithm // 6th St. Petersburg Workshop on Simulation, St. Petersburg, 2009, pp. 1130-1136.*
- *Speaker-independent isolated words recognition problem solving based on simultaneous perturbation stochastic approximation algorithm // Yalta conf. on discrete and global optimization. 2008, p. 13.*

Projects

- Randomized algorithms for optimization, estimation and clustering (SPbSU)
- Oriental language text's segmentation (SPbSU)
- Small UAV's multi-agent adaptive control (fund FASIE)
- New computational model's development
- Determining the bottom of the continental slope on the basis of bathymetric data (GNINGI)
- Adaptive scheduler for SPMD tasks with homogenous input in grid (Intel)
- Atom/MeeGo for mobility (Intel)

Обработка заданий сервером-1

Формализуем постановку задачи о повышении эффективности сервера. Пусть он используется для обслуживания очереди заданий, процесс поступления которых является случайным. Будем считать, что вероятностное распределение времени обслуживания задания сервером зависит от вещественного параметра θ , который требуется выбрать с целью минимизации среднего времени ожидания клиентами $L(x)$ вместе с некоторой стоимостью использования $q(x)$ параметра x

$$f(\theta) = q(\theta) + L(\theta) \equiv q(\theta) + \lim_N \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N E y_i(\theta) \rightarrow \min,$$

где $y_i(\theta)$ — время, которое задание, законченное i -м по счету, ожидало (“простаивало”) в сервере до момента своего завершения. Требуется найти параметр θ^* , минимизирующий $f(\theta)$ по θ из некоторого компактного множества $\Theta \subset \mathbb{R}$ (области определения).

Обработка заданий сервером-2

$$f(\theta) = EF(\theta, x).$$

Кроме перечисленных трудностей с течением времени оптимальное значение θ обычно дрейфует, например, как при колебаниях параметров входных потоков в корпоративных вычислительных сетях. Поэтому наряду с задачей оптимизации не менее актуальной является проблема о трекинге (отслеживании изменяющейся точки минимума). Более точно, пусть $F_t(\theta, x)$ — случайная функция дискретного времени $t = 1, 2, \dots$, векторного параметра θ и вектора неконтролируемых возмущений x . Обозначим через f_t “текущий” функционал среднего риска:

$$f_t(\theta) = E\{F_t(\theta, x)|\theta\}.$$

Точку минимума функционала f_t обозначим

$$\theta_t = \arg \min_{\theta} f_t(\theta).$$

Обработка заданий сервером-3

Для простоты считаем, что сервер обрабатывает задания следующим образом:

- задается шаг диспетчеризации θ ($\theta \in \Theta = [a; b]$);
- первое поступившее задание начинает выполняться сервером сразу после поступления;
- поступающие задания попадают в естественную очередь;
- в каждый момент времени сервер обрабатывает только одно текущее задание;
- в моменты времени кратные выбранному шагу диспетчеризации θ , если сервер свободен, то он переключается на выполнение первого в очереди задания, если он занят, то выполняющееся задание прерывается и отправляется в конец очереди, а сервер переключается на первое задание из очереди. На эту операцию “загрузки-выгрузки” сервер всегда затрачивает фиксированное время d_{load} .

Балансировка загрузки сети-1

Рассмотрим модель системы разделения однотипных заданий между разными узлами для параллельных вычислений с обратной связью. Обозначим $N = \{1, \dots, n\}$ набор интеллектуальных агентов (вычислительных узлов), каждый из которых обслуживает поступающие заявки на вычисления по принципу очереди, то есть первый вошел - первый вышел. Будем считать, что всем агентам присылают однотипные задания, которые можно раздробить на одинаковые по сложности атомарные единицы. Задания поступают в различные моменты времени и на разные узлы. Считается известным размер каждой задачи (или задания), то есть его трудоемкость, в секундах или циклах процессора.

В каждый момент времени t состояние агента i , $i = 1, \dots, n$, описывается двумя характеристиками:

- 1) q_t^i – длина очереди из атомарных элементарных заданий в момент времени t
- 2) p_t^i – производительность узла (количество (или доля) выполненных атомарных заданий за предшествующий такт времени, при условии полной загрузки).

Балансировка загруженности сети-2

Новые задачи могут поступить прямо на любой из n узлов. Каждый узел i в определенный момент времени t “видит” только соседей из множества N_t^i . При этом считаем, граф связности полный, т. е. из каждого узла существует цепочка в любой другой. Динамики изменений каждого из узлов при неизменных производительностях описываются следующими уравнениями

$$\begin{aligned} \dot{q}_t^i &= -p_t^i + u_t^i; \\ \dot{p}_t^i &= 0. \end{aligned}$$

В каждый момент времени t узел i может получить от своих “видимых” соседей $j \in N_t^i$ следующую информацию:

- 1) наблюдения о том, какова его загрузка y_t^j ;
- 2) p_t^j – производительность узла.

Задача состоит в том, чтобы составить протокол общения между агентами, при котором все узлы будут загружены равномерно, т. е. $q_t^i/p_t^i \rightarrow c_t^*$, независимой от i , т. е. если в систему не будут поступать новые заказы, то все узлы закончат работать одновременно.