

Санкт-Петербургский государственный университет  
Математико-механический факультет  
*Кафедра системного программирования*

*«Стохастические методы оптимизации работы  
вычислительных систем»*

---

**лекция**  
профессора Граничина Олега Николаевича  
**для стажеров лаборатории**  
Системного программирования и технологий СПбГУ

Санкт-Петербург  
2004

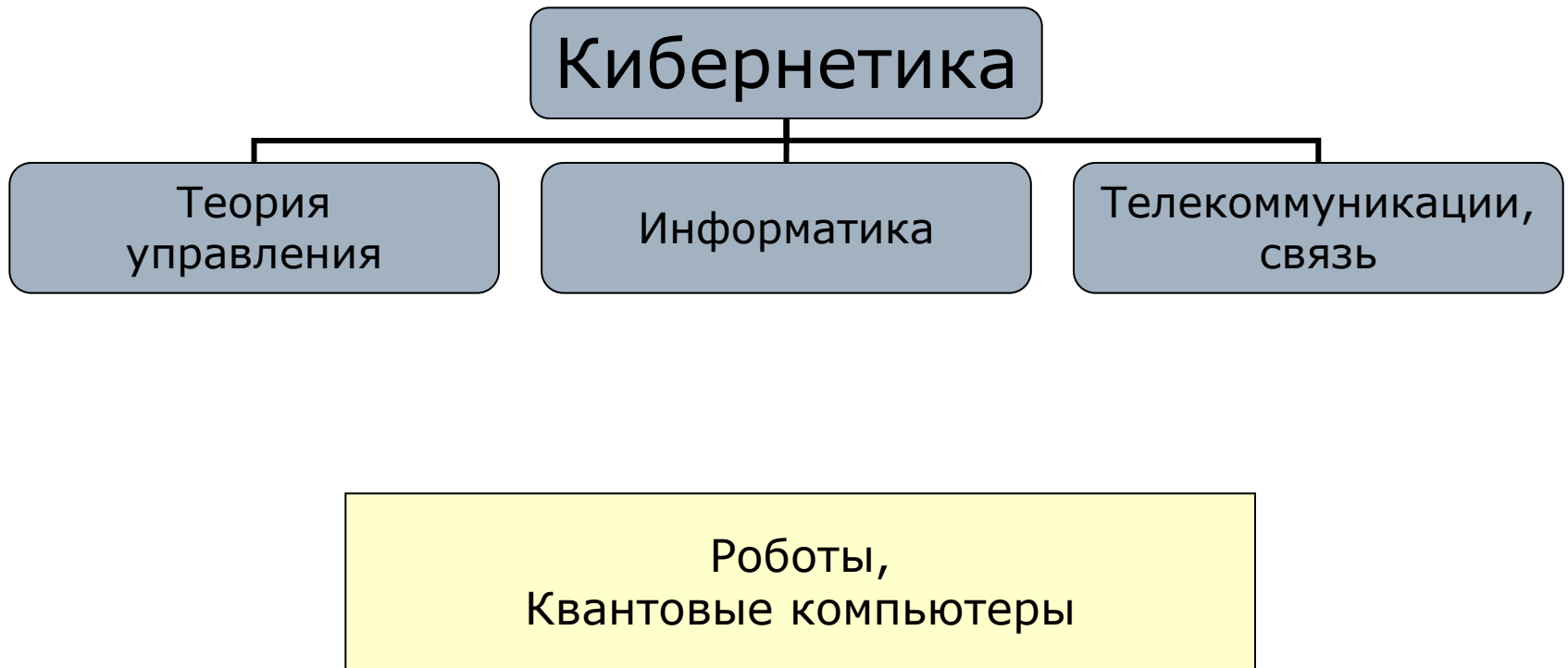
# Кибернетика

---

- Н.Винер: «информационно-управленческую связь в разнообразных явлениях и процессах («живых» и машинных) надо рассматривать как неотъемлемую их составную часть».
  - Кибернетика – область науки, техники и биологии
-

# Разделение кибернетики к 1970-м

---



# Задачи кибернетики к 2050

---

Доклад Мюррея

[www.cds.caltech.edu/~murray/cdspanel](http://www.cds.caltech.edu/~murray/cdspanel)

- Создание команды роботов-футболистов
  - Управление через Интернет
  - Асинхронная теория управления
  - Динамически реконфигурируемое интеллектуальное управление
  - Перепрограммировать систему управления бактерией
-

# Системное программирование

---

- Операционные системы
- Программирование «ядер» процессоров
- Системное администрирование

Организация работы систем  
(сложных систем)

---

# Что такое «система»?

---

## Математические модели

- результат эксперимента - число, множество чисел, кривая и т.п.
  - погрешности
    - статистическая (случайная)
    - систематическая (модели)
-

# Динамика

$$\dot{x} = F(t, \theta, x, u)$$

$$x \in \mathcal{X} \subset \mathbb{R}^n, n \in \mathbb{N}$$

$$u(t) \in U \subset \mathbb{R}^m$$

## Измерение

$$y(t) = \int_{t-\delta}^t dx D(t', x, u), \quad M \subset \mathbb{N}$$

$$y_t = D_t(x_t, u_t) + \bar{v}_t + \hat{v}_t(\theta),$$

$\bar{v}_t$  - стандартная погрешность

$\hat{v}_t(\theta)$  - систематическая погрешность

(обычно не центрированная нестационарная погрешность)

# Новые задачи

---

- поведение группы людей
  - процессы образования белка в клетках
  - распространение фронта ударной волны внутри вещества,
  - движение в турбулентном потоке или в разреженном газе,
  - течения концентрированных дисперсных смесей,
  - реакция на внешнее нагружение сред со сложной внутренней структурой,
  - пластические течения твердых материалов при интенсивных нагрузках,
  - переходные слои вблизи межфазных границ
-



# НОВЫЙ тип моделей

$$\dot{x} = F(t, \theta, x, u)$$

$$x \in \mathfrak{X} \subset R^n, n \in N$$

$$u(t) \in U \subset R^m$$

$$y(t) = \int_{t-\delta}^t \int_M dx D(t', x, u), \quad M \subset \mathfrak{X}$$

$$y_t = D_t(x_t, u_t) + \bar{v}_t + \hat{v}_t(\theta).$$

$$\dot{x} = F_s(t, \theta_s, x, u)$$

$$x(t) \in \mathfrak{X}(s(t)) \subset R^{[C/\|s(t)\|]} \subset L$$

$$s(t) = \int_{-\infty}^t dt' \int_{\mathfrak{X}(s(t'))} S(s, x) dx.$$

$S$  — (текущая структура — информация)

Обычно  $\|\dot{s}\| \ll \|\dot{x}\|$  для почти всех  $t$

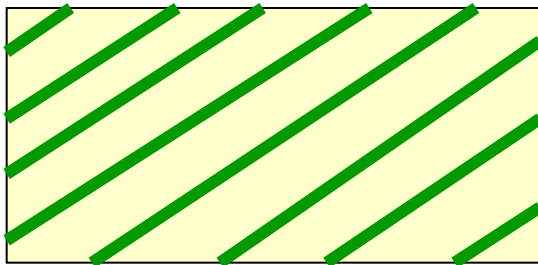
$$y(t) = \int_{t-\delta}^t \int_M dx D(t', x, u), \quad M \subset \mathfrak{X}(s(t'))$$

$$y_t = D_t(x_t, u_t) + \bar{v}_t + \hat{v}_t(\theta_s)$$

# Уровни описания модели

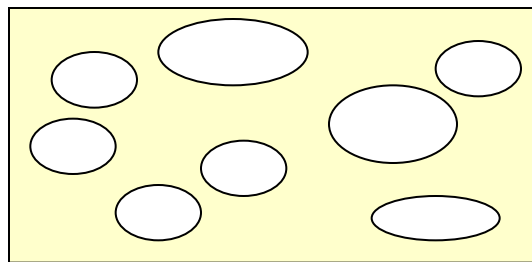
---

Macro

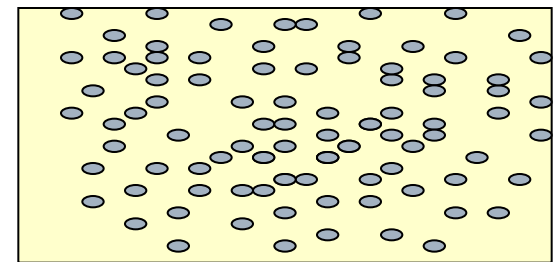


Solid

Mezo



Micro



Liquid  
Gas

# Невозможно (трудно) исключить систематические ошибки (погрешности модели)

---

Рандомизация модели позволяет:

- дать обоснованные ответы для задач, в которых пользуются догадками и эвристическими решениями
  - получать решения сложных задач за конечное (полиномиальное) время с определенной степенью достоверности
-

# Простой пример

---

$$Y = X + V$$

$$y_n = \varphi_n \theta^* + v_n, \quad n = 1, 2, \dots$$

$\{\varphi_n\}$  - изв. случ. процесс с  $M_\varphi$  и  $\sigma_\varphi^2 > 0$

$\{\theta^* = 1\}$  — сигнал есть

$\{\theta^* = 0\}$  — сигнала нет

$\{v_n\}$  - ограниченные помехи в измерениях

$$(МНК) \quad \hat{\theta}_n = \frac{\sum_{k=1}^n \varphi_k y_k}{\sum_{k=1}^n \varphi_k^2} \rightarrow \theta^* + \frac{M_\varphi M_v}{\sigma_\varphi^2} \quad \text{a.s.}$$

$\delta = \frac{M_\varphi M_v}{\sigma_\varphi^2} + \frac{1}{2}$  - уровень принятия решения

If  $\hat{\theta}_n < \delta$  then *сигнал есть* otherwise - *нет*

---

# Рандомизированный алгоритм

---

Обозначим  $\Delta_n = \varphi_n - M_\varphi$

Домножим на  $\Delta_n$

$$\Delta_n y_n = \Delta_n^2 \theta^* + \Delta_n M_\varphi \theta^* + \Delta_n v_n$$

Просуммируем

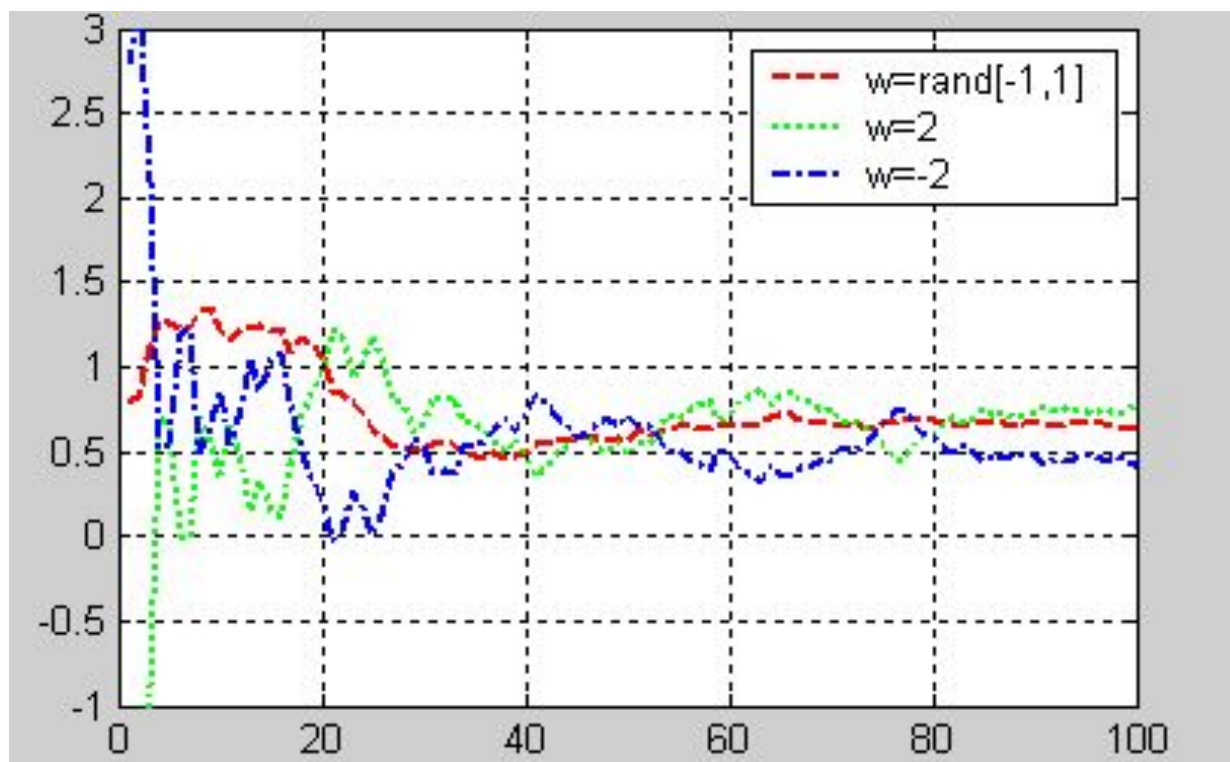
$$\frac{\sum_{k=1}^n \Delta_k y_k}{\sum_{k=1}^n \Delta_k^2} = \theta^* + \frac{\sum_{k=1}^n \Delta_k (M_\varphi \theta^* + v_k)}{\sum_{k=1}^n \Delta_k^2}$$

$$(PMHK) \quad \hat{\theta}_n = \frac{\sum_{k=1}^n \Delta_k y_k}{\sum_{k=1}^n \Delta_k^2} \rightarrow \theta^* \quad \text{a.s.}$$

---

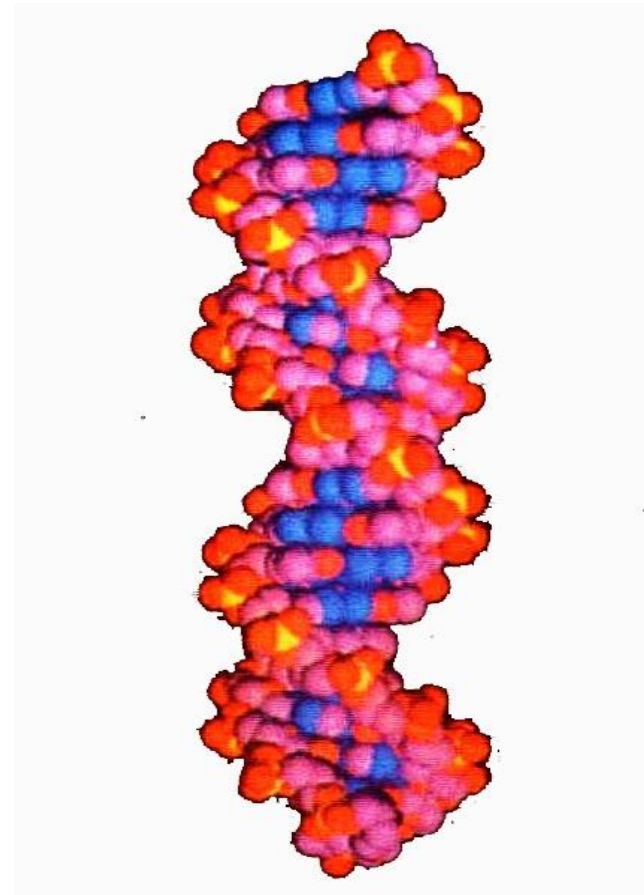
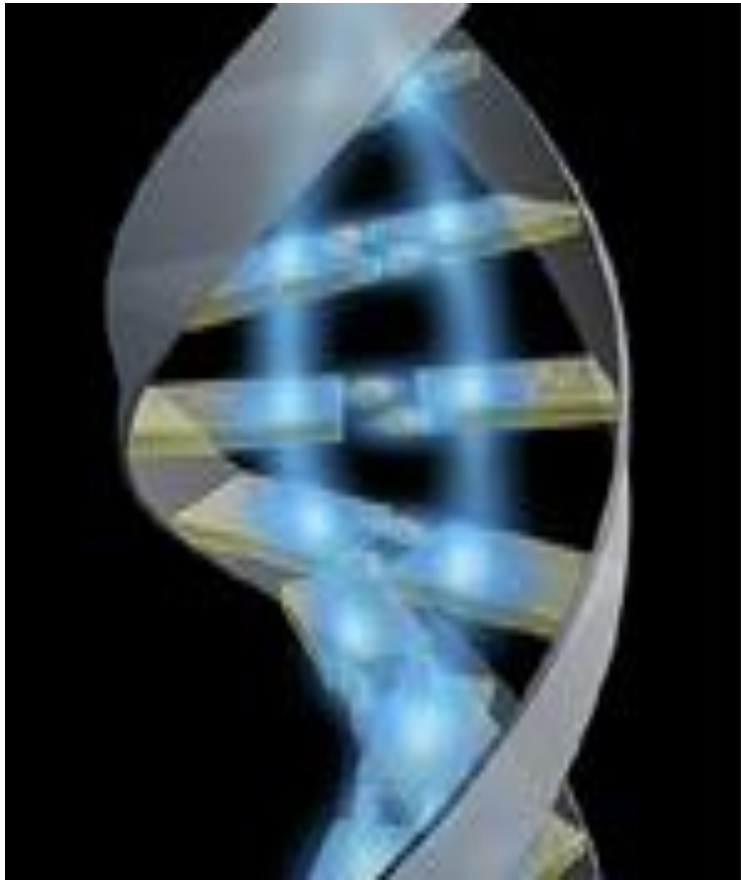
# Результаты моделирования

$\{\varphi_n\}$  i.i.d.:  $\varphi_n \in [0.5, 1.5]$ ,  $|v_n| \leq 2$



# Искусственный интеллект

---



# Настройка нейронных сетей

Вход  $w^n$     Уровень 1    Нелинейность    Уровень 2

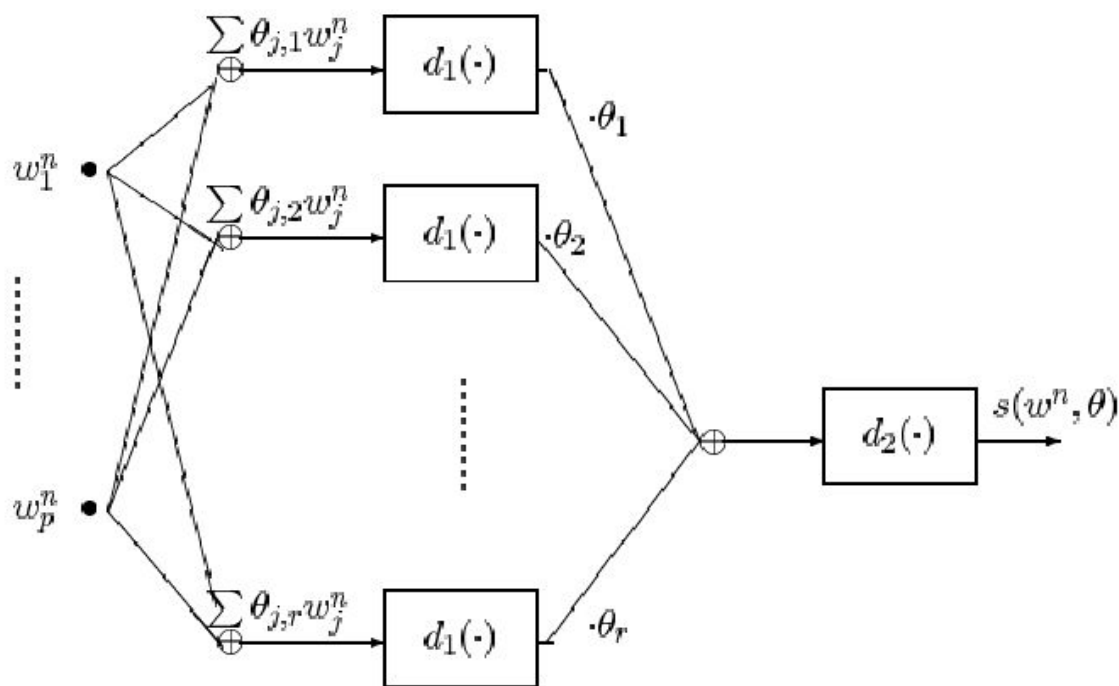
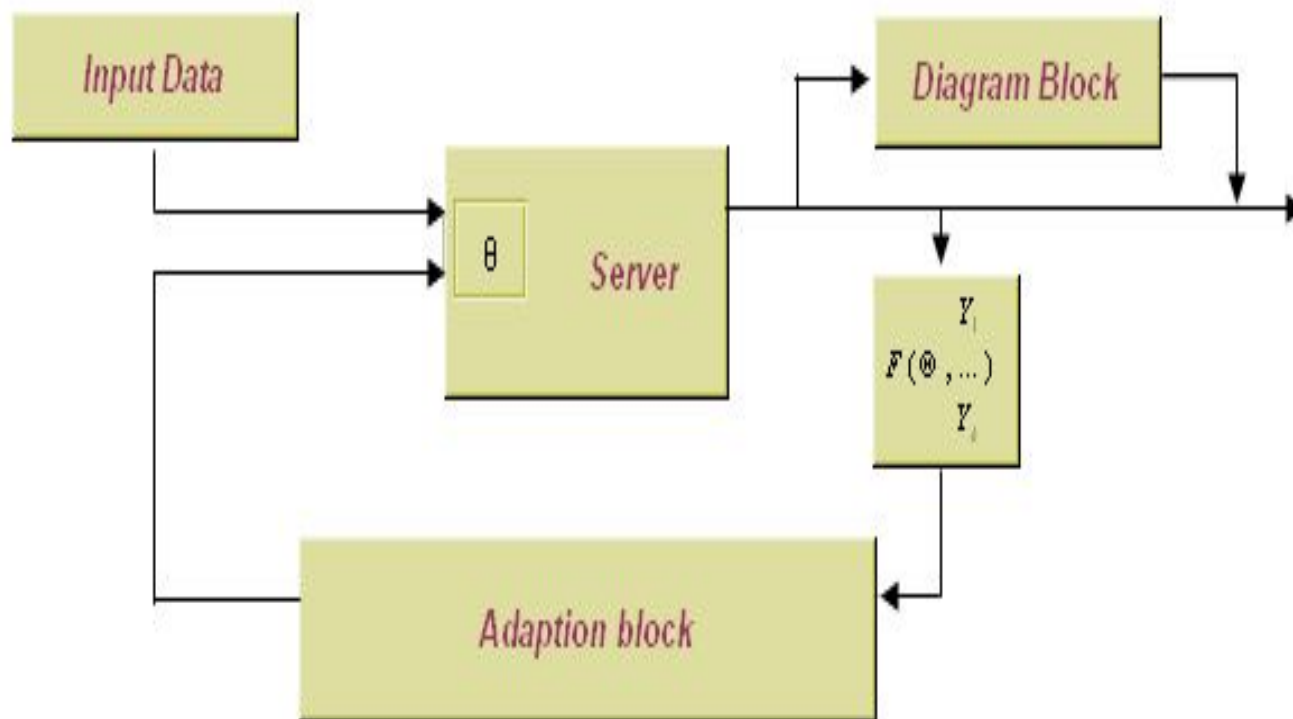


Схема двухуровневой нейронной сети



# Оптимизация работы сервера

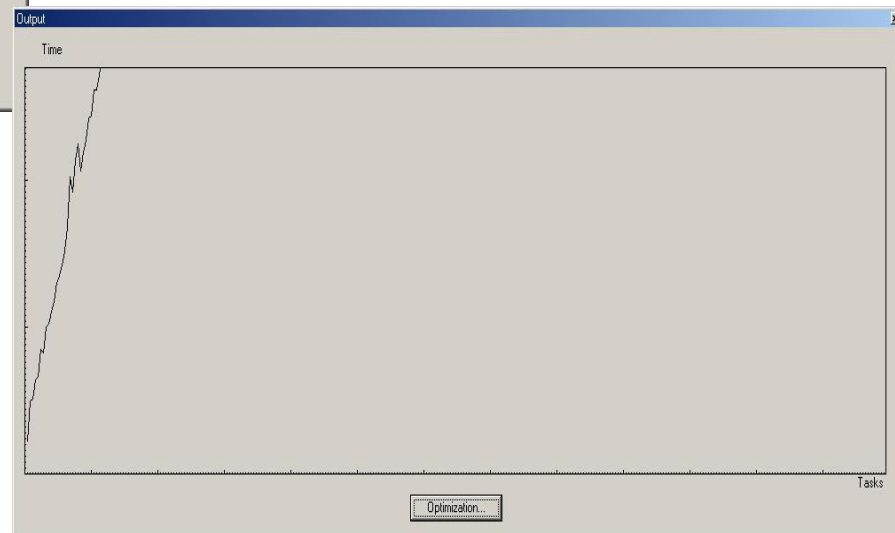
---



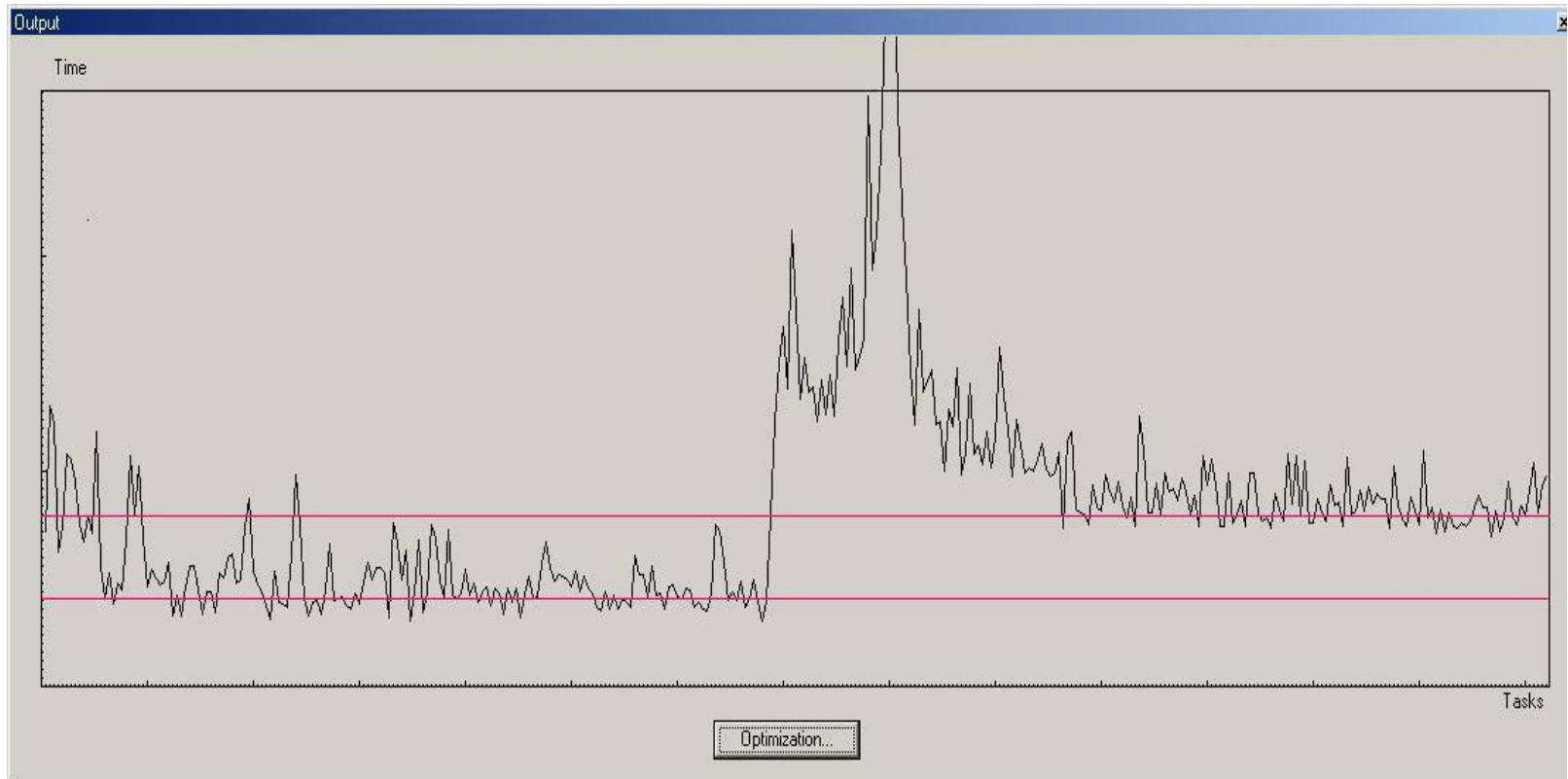
# Панель управления и диаграмма блока выходных данных

The 'Server' control panel window features three buttons at the top: 'Start', 'Pause', and 'Stop'. Below these are two input fields: 'theta' with a value of 1.382752 and 'Dload' with a value of 0.050000. A central text area displays a list of numerical data points, with the first row highlighted in blue. To the right of the text area is a 'Time' field showing the value 889.604353.

819.081000	2.209120	70.523353	2.2
651.155000	3.958460	238.449353	0.
824.221000	0.290150	65.383353	0.2
824.561000	1.144630	65.043353	1.1
824.568000	0.641887	65.036353	0.6
760.425000	1.965670	129.179353	0.
826.468000	0.424691	63.136353	0.4
827.388000	4.259350	62.216353	4.2
830.193000	1.125560	59.411353	1.1



# Результат адаптации



# Биоинформатика



# Виртуальный футбол

---

- Для апробирования новых методов и демонстрации в широких кругах их преимуществ хотелось бы поддержать команду «студентов» для разработки и развития виртуальной команды роботов, либо играющих в футбол, либо стреляющих танков.
  - [www.robocup.org](http://www.robocup.org) - футбол
  - [www.thetech.org/exhibits/online/robotics/robotart/](http://www.thetech.org/exhibits/online/robotics/robotart/)
  - [www.robotbattle.com/home.html](http://www.robotbattle.com/home.html)
  - [www.koth.org](http://www.koth.org)
-

# Заключение

---

- Спецкурс+спецсеминар  
Четверг 9.45-12.50 ауд.1522 (мат.-мех.)
  - [Oleg\\_granichin@mail.ru](mailto:Oleg_granichin@mail.ru)
  - [www.math.spbu.ru/user/gran/oleg\\_gr.html](http://www.math.spbu.ru/user/gran/oleg_gr.html)
  - Граничин О.Н., Поляк Б.Т. «Рандомизированные алгоритмы оценивания и оптимизации при почти произвольных помехах», М. Наука, 2003
-

Спасибо за внимание

---