



# Обзор современного состояния области алгоритмов и структур данных

Калачёв Максим Александрович

Разработчик

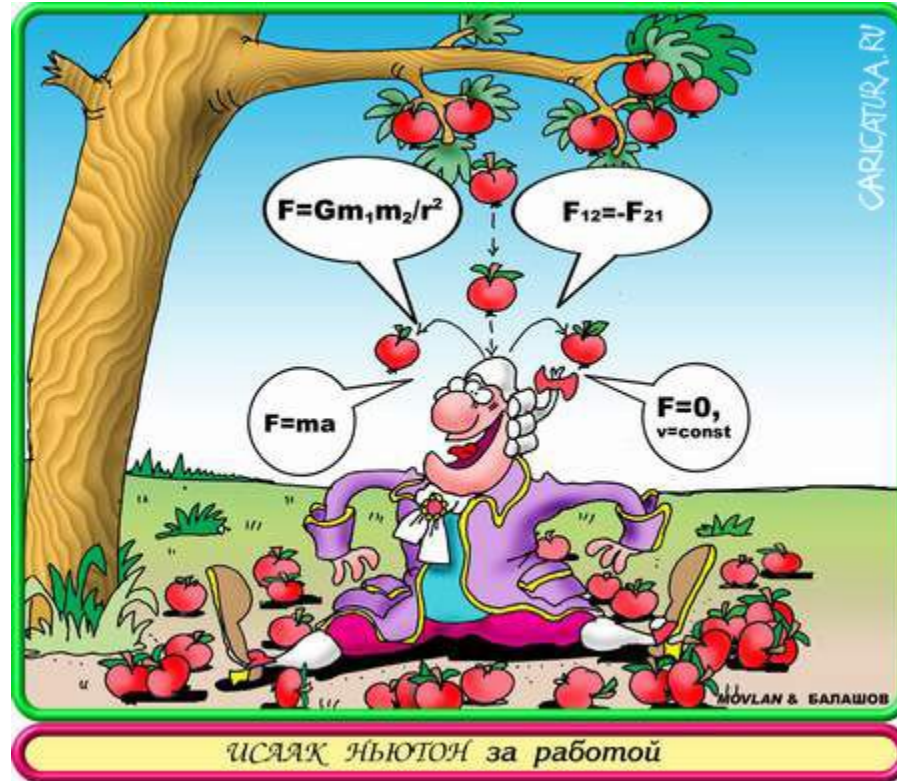
[maxkalachev@yandex.ru](mailto:maxkalachev@yandex.ru)

Cloud

Software

Services

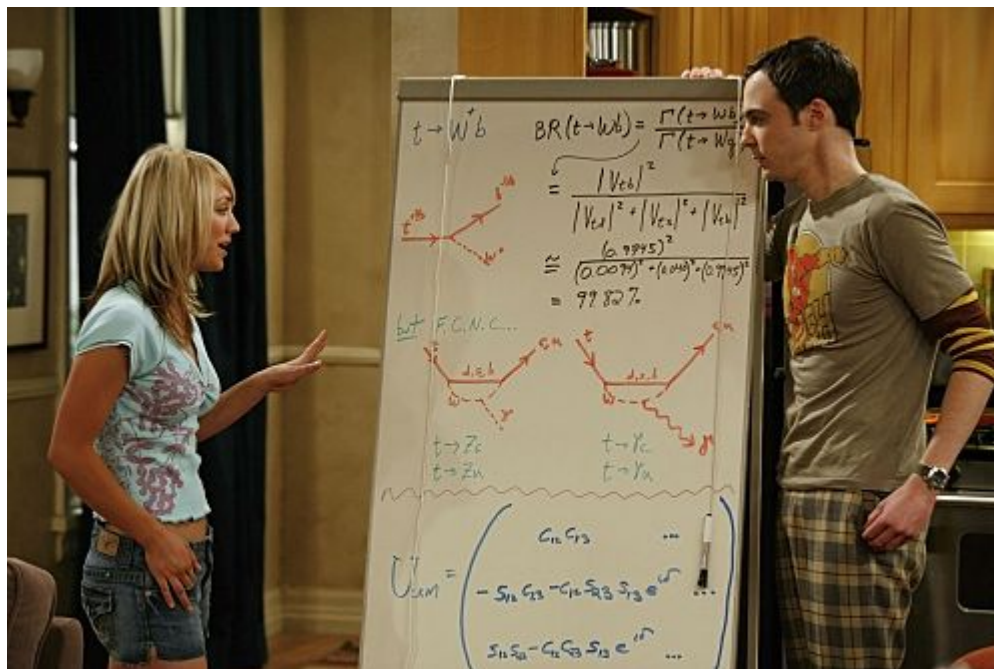
# Идеи



## План

- Computer Science
- Web-графы
- Случайные графы
- Highway dimension
- NP vs P
- Что осталось нерассмотренным
- Послесловие

# Теоретики



11001101010001011110 SERVICES SOFTWARE 100110101 VIRTUALIZATION 01010010 SECURITY DATA LEAK  
PREVENTION PROTECTION 101000 CONSULTING HARDWARE CAD/CAM/CAE 11101001000 OPEN SOURCE 10100101 LINUX  
101010010 TECHNICAL SUPPORT SAM LEGAL SUPPORT 111010101010 ERP & CRM EDUCATION SERVICES

# Практики

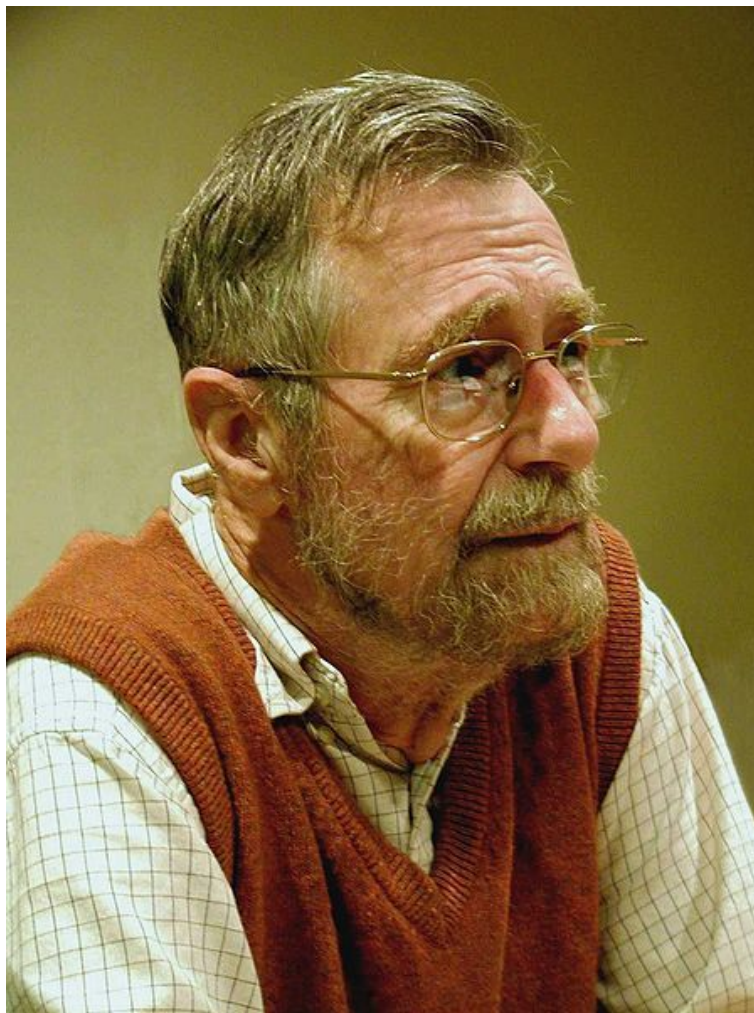




# Программисты

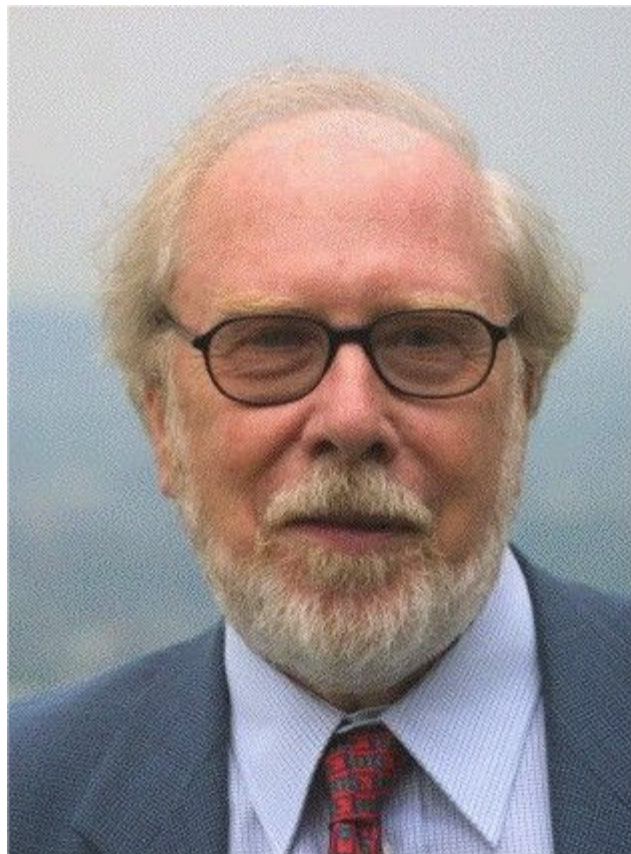


# Эдгар Дейкстра



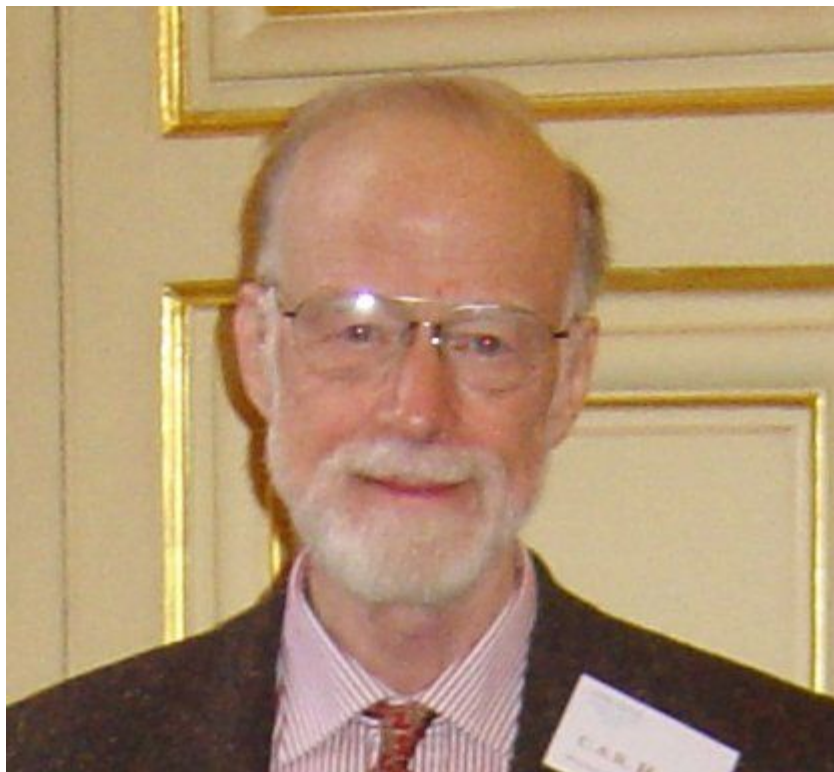
11001101010001011110 SERVICES 0100000101 SOFTWARE 100110101 VIRTUALIZATION 0100010 SECURITY DATA LEAK  
PREVENTION PROTECTION 101000 CONSULTING HARDWARE CAD/CAM/CAE 11101001000 OPEN SOURCE 10100101 LINUX  
101010010 TECHNICAL SUPPORT SAM LEGAL SUPPORT 1110101010 ERP & CRM EDUCATION SERVICES

# Никлаус Вирт





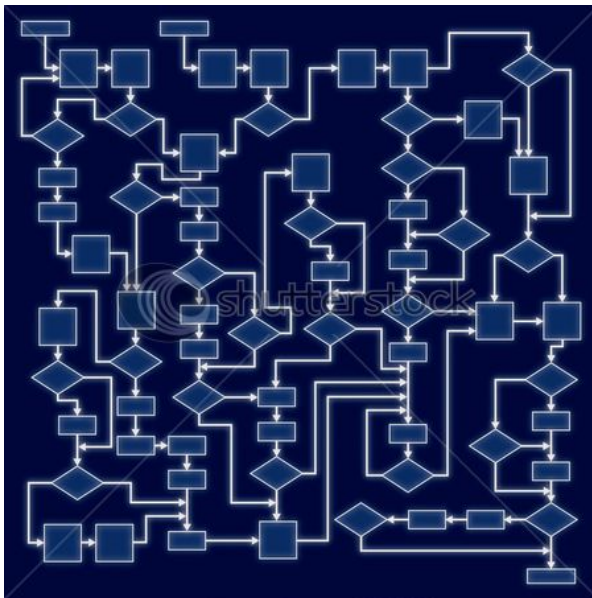
# Чарльз Хоар



# Дональд Кнут

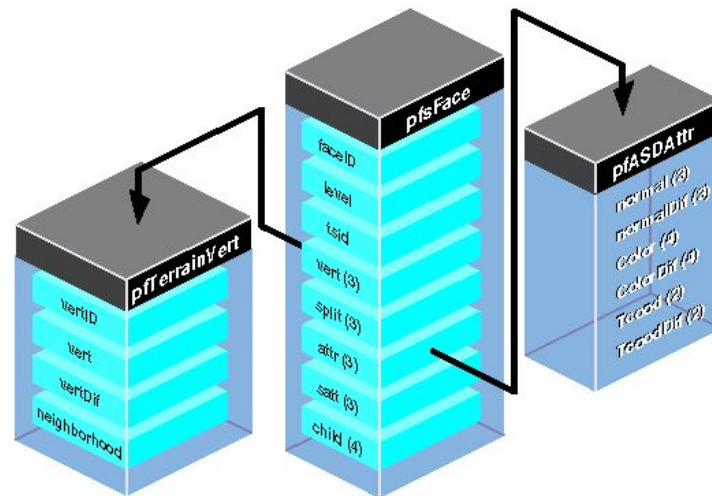


# Программа



www.shutterstock.com · 49830424

+



# Computer Science

$$P = \langle A_i, DS_i \rangle$$

$$A = \langle M_\rho, R_2 \rangle$$

$M_\rho$  - множество процедур решения задачи

$R_2 \subset M_\rho^2$  - бинарное отношение на  $M_\rho$

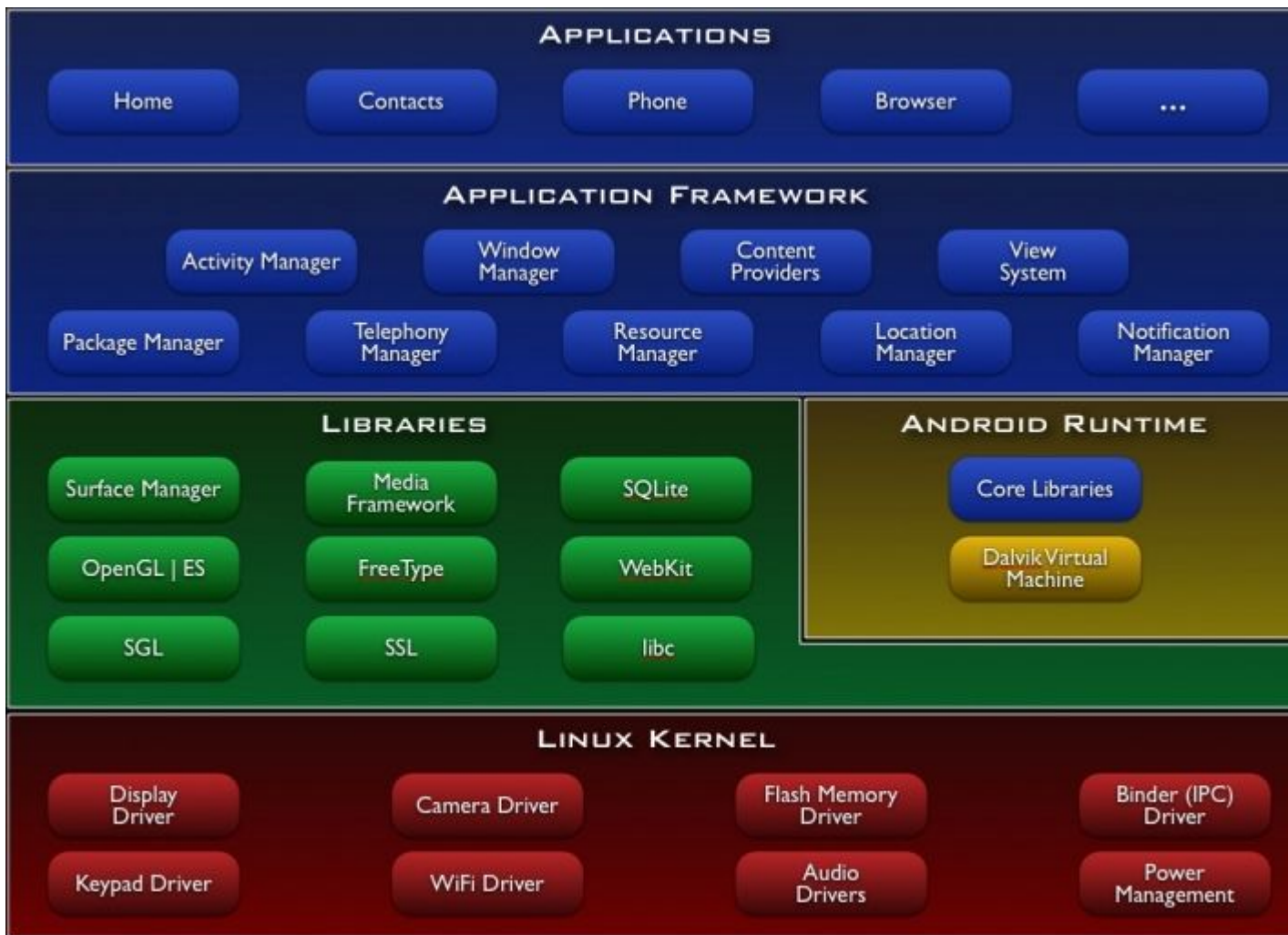
$(\rho_i, \rho_j) \in R_2 \Leftrightarrow$  после процедуры  $\rho_i$  выполняется процедура  $\rho_j$

## Закон Вирта

Программы становятся медленнее, чем компьютеры становятся быстрее



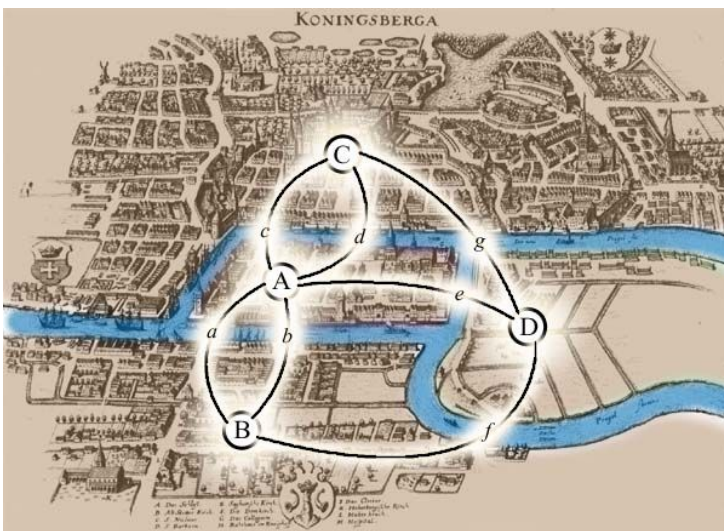
# Абстракции



# Математическое моделирование



# Теория графов + Теория вероятностей = PROFIT

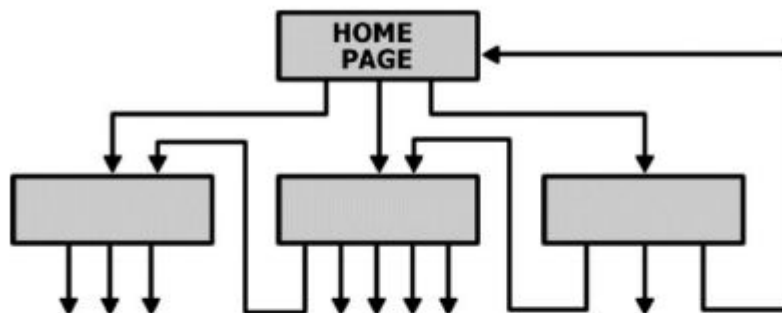


+

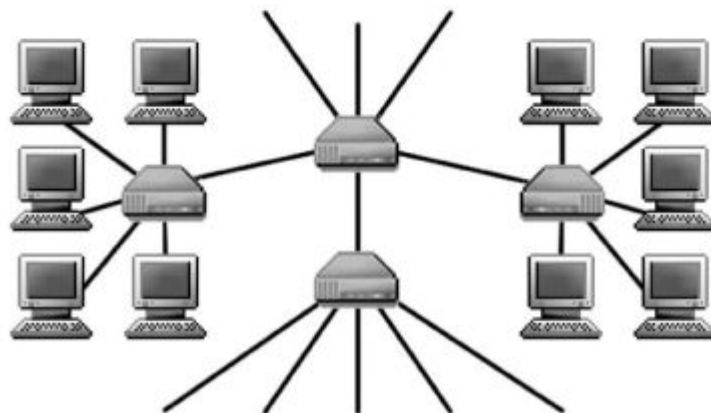


# Веб-графы

## WORLD-WIDE WEB

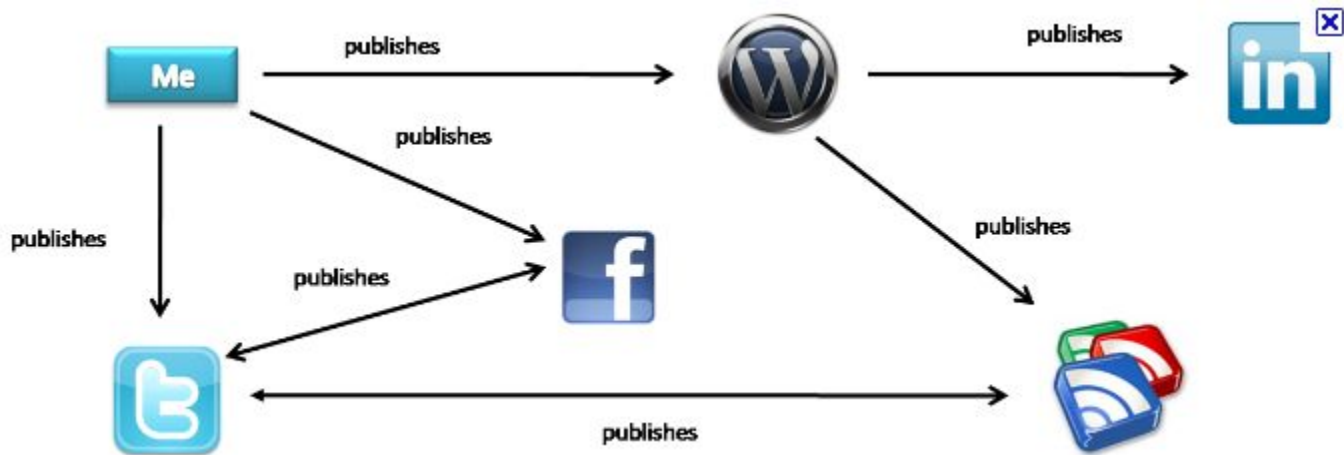


## INTERNET





# Веб-графы



# Случайные графы

## Наблюдения Барабаши-Альберт

Как устроен web-граф?

Barabashi, Albert, 1999, 2000

5 млрд вершин, псевдомультиторграф

Ключевые свойства веб-графа:

- Разрежённость

на  $k$  вершин  $k^2$  рёбер,  $k \geq 1$

- Диаметр графа  $\in \{5, 6\}$

Теория о шести рукопожатиях

- Степенное распределение степеней вершин

$$P(d) \sim c / d^\lambda$$

$\lambda \approx 2.1$ ,  $c$  – нормирующий множитель

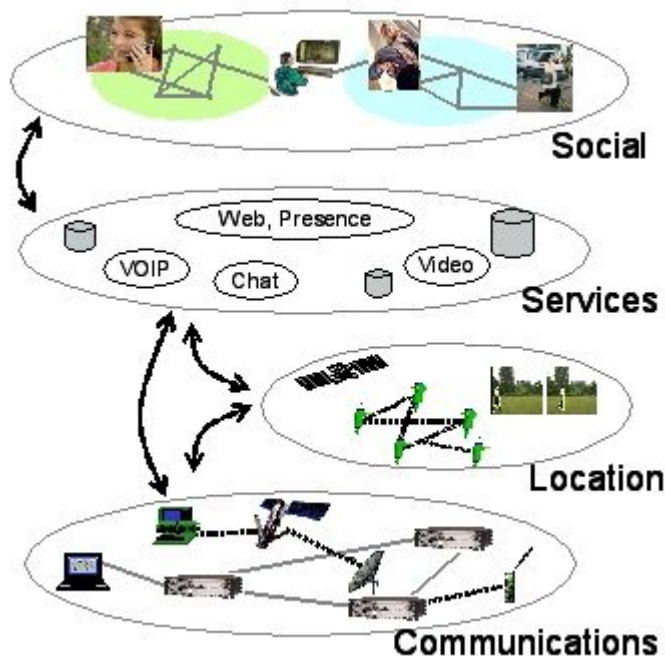
# Случайные графы

## Наблюдения Барабаши-Альберт

Веб-граф очень специфичен – разрежен и тесен

Степенной закон объединяет социальные, биологические и транспортные сети

Модели предпочтительного соединения



# Случайные графы

## Модель Эрдёша-Реньи

$G(n,p)$

$V = \{1, 2, \dots, n\}, E$

рёбра проводятся взаимно-независимо с вероятностью  $p \in [0, 1]$  в соответствии со схемой Бернулли

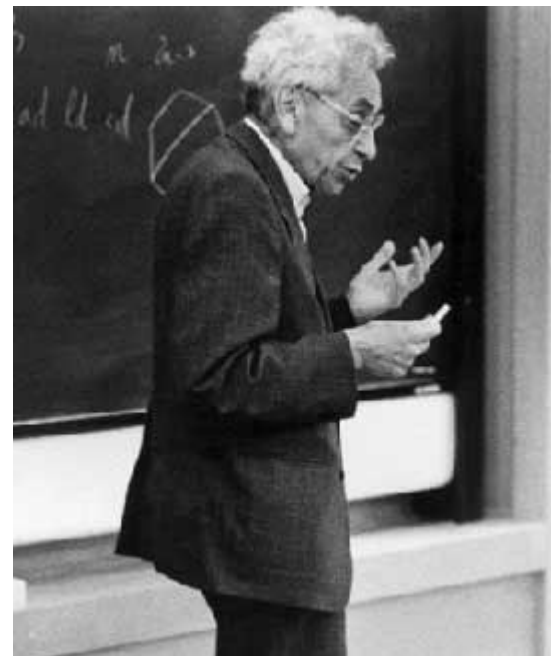
$e_1, \dots, e_m, m = C_n^2$  – количество всех испытаний

Вероятностное пространство  $\langle \Omega_n, F_n, P_{n,p} \rangle$

$\Omega_n = \{G = (V_n, E)\}$  – множество элементарных событий

$F_n = 2^{\Omega_n}$  – множество событий

$P_{n,p}(G) = p^{|E|}(1-p)^{m-|E|}$  - вероятность появления конкретного графа

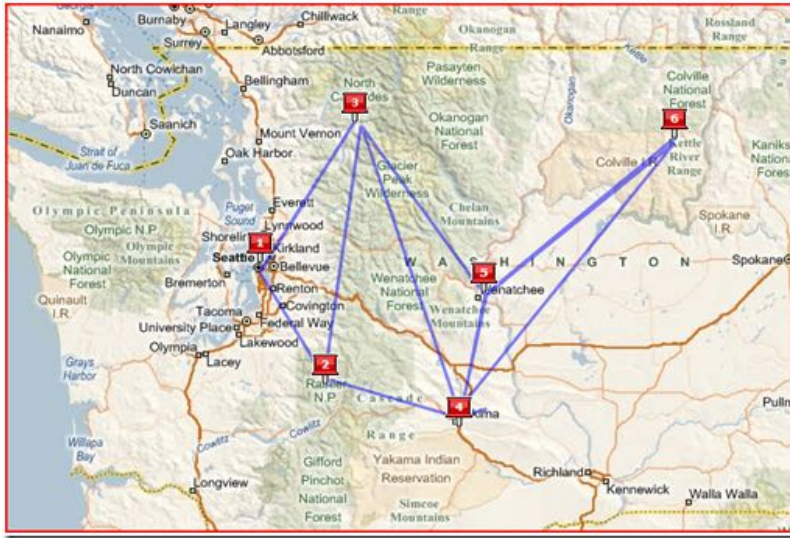




# Транспортная интерпретация



# Highway dimension



## Highway dimension

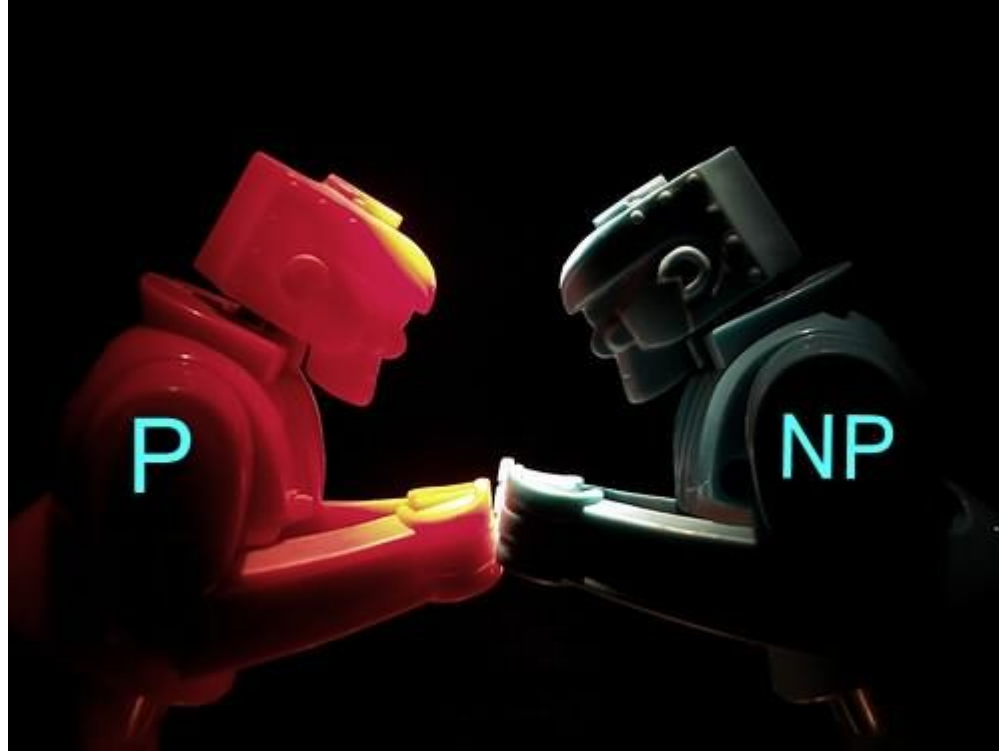
Почему современные алгоритмы на картах работают очень быстро

100000 млн вершин  
Время работы  $10^{-2}$  с

Интуитивные идеи:

- Указатели на дугах
- Поиск  $A^*$
- Достижимость
- Шоссейная и желаемые иерархии
- Перевалочные пункты

# P vs NP





# 1 миллион долларов!



## Clay Mathematics Institute

Dedicated to increasing and disseminating mathematical knowledge

HOME | ABOUT CMI | PROGRAMS | NEWS & EVENTS | AWARDS | SCHOLARS | PUBLICATIONS

### First Clay Mathematics Institute Millennium Prize Announced

#### Prize for Resolution of the Poincaré Conjecture Awarded to Dr. Grigoriy Perelman

**March 18, 2010.** The Clay Mathematics Institute (CMI) announces today that Dr. Grigoriy Perelman of St. Petersburg, Russia, is the recipient of the Millennium Prize for resolution of the Poincaré conjecture. The citation for the award reads:

*The Clay Mathematics Institute hereby awards the Millennium Prize for resolution of the Poincaré conjecture to Grigoriy Perelman.*

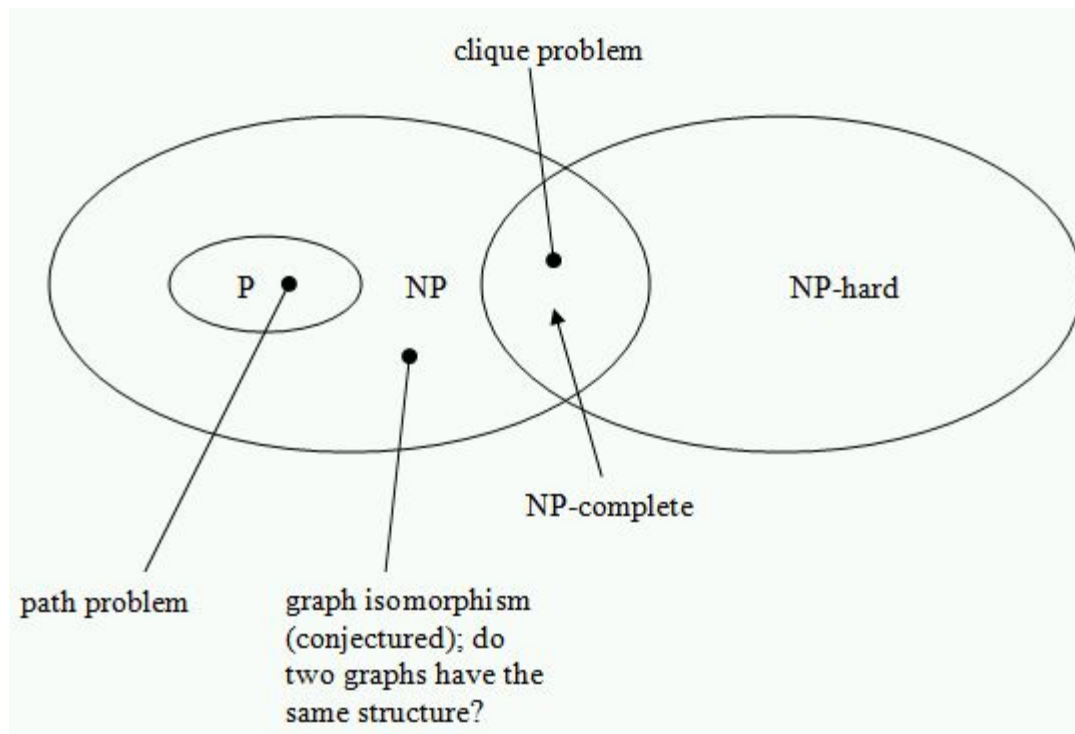
[More ...](#)

#### The Millennium Prize Problems

- ▶ [Birch and Swinnerton-Dyer Conjecture](#)
- ▶ [Hodge Conjecture](#)
- ▶ [Navier-Stokes Equations](#)
- ▶ [P vs NP](#)
- ▶ [Poincaré Conjecture](#)
- ▶ [Riemann Hypothesis](#)
- ▶ [Yang-Mills Theory](#)
- ▶ [Rules](#)
- ▶ [Millennium Meeting Videos](#)



# Классы задач



# P vs NP

Задача поиска задаётся алгоритмом  $C$ , который получает на вход условие  $I$  и кандидата на решение  $S$  и имеет полиномиальное, относительно  $I$  время работы.

$S$  называется решением если и только если  $C(S, I) = \text{true}$

NP – класс всех задач поиска, решение для которых может быть быстро проверено

P – класс задач поиска, решение для которых может быть быстро найдено

$P \neq NP$  – верно ли, что каждый раз, когда решение можно быстро проверить, его можно быстро найти

Задача о расписании

Задача о вершинном покрытии

$A \rightarrow B$



# Андрей Михайлович Райгородский



11001101010001011110 SERVICES 0100000101 SOFTWARE 100110101 VIRTUALIZATION 0100010 SECURITY DATA LEAK  
PREVENTION PROTECTION 101000 CONSULTING HARDWARE CAD/CAM/CAE 111101001000 OPEN SOURCE 10100101 LINUX  
1010100010 TECHNICAL SUPPORT SAM LEGAL SUPPORT 1110101010 ERP & CRM EDUCATION SERVICES

# Андрей Гольдберг



# Что осталось нерассмотренным

- Параллельные алгоритмы
- Распознавание изображений
- Нейронные сети
- Генетические алгоритмы
- Нечёткие модели
- Строковые алгоритмы
- Комбинаторная оптимизация
- Численные алгоритмы
- Вычислительная геометрия
- Криптографические алгоритмы
- Компьютерная лингвистика
- .....



## Так говорил Дейкстра

I think it wise, and only honest, to warn you that my goal is immodest. It is not my purpose to "transfer knowledge" to you that, subsequently, you can forget again. My purpose is no less than to effectuate in each of you a noticeable, irreversable change. I want you to see and absorb calculational arguments so effective that you will never be able to forget that exposure. I want you to gain, for the rest of your lives, the insight that beautiful proofs are not "found" by trial and error but are the result of a consciously applied design discipline. I want to inspire you to raise your quality standards. I mean, if 10 years from now, when you are doing something quick and dirty, you suddenly visualize that I am looking over your shoulders and say to yourself "Dijkstra would not have liked this.", well, that would be enough immortality for me.