

Инфографика & Co.

ЗКШ МФТИ, 27 февраля 2015

Александр Дайняк, ФИВТ МФТИ

Построение диаграмм и графов

С древних времён до наших дней

Деревья

Генеалогическое дерево династии
Саксонов (XII век)



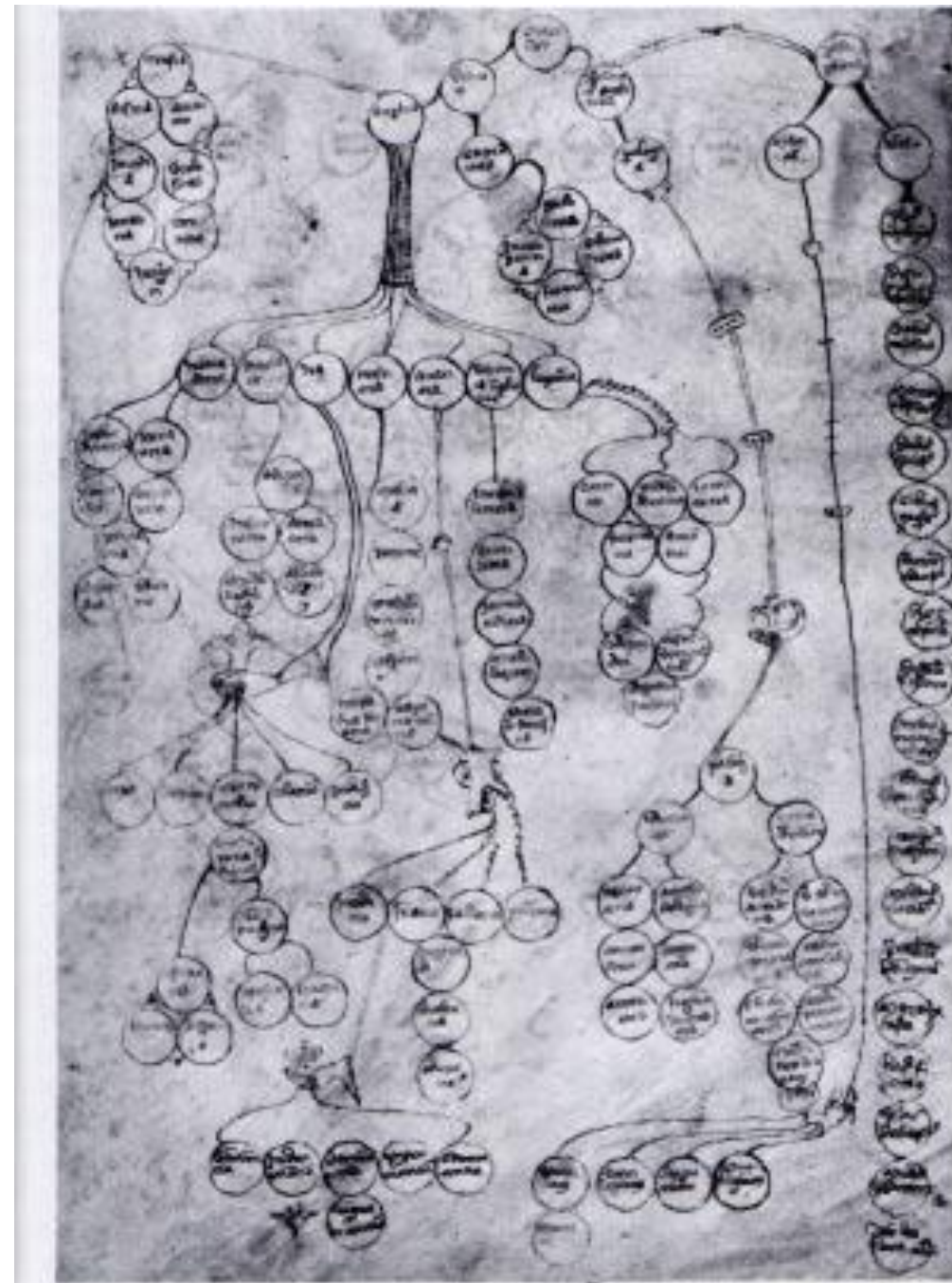
Деревья

Дерево добродетелей (XIV век)



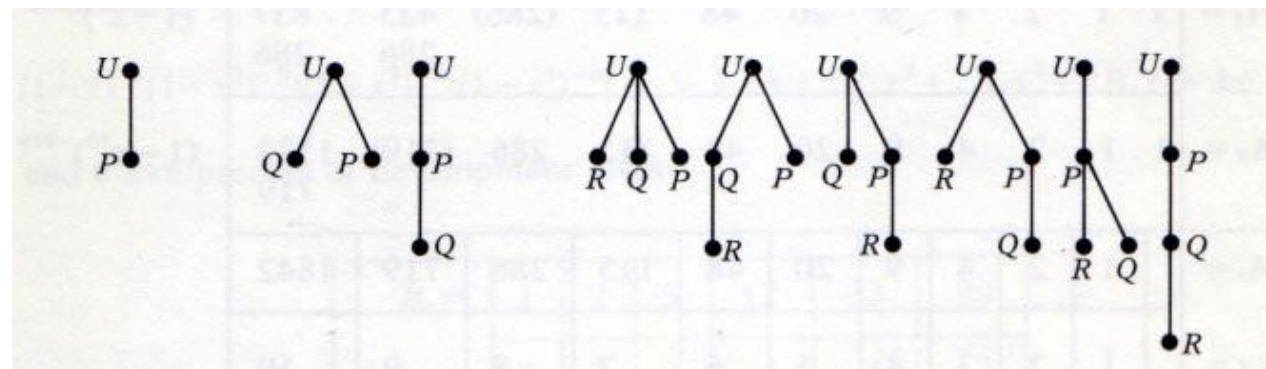
Деревья

Дерево грехов (XIV век)



Деревья

Помеченные деревья из статьи Кэли (1857) о деревьях.



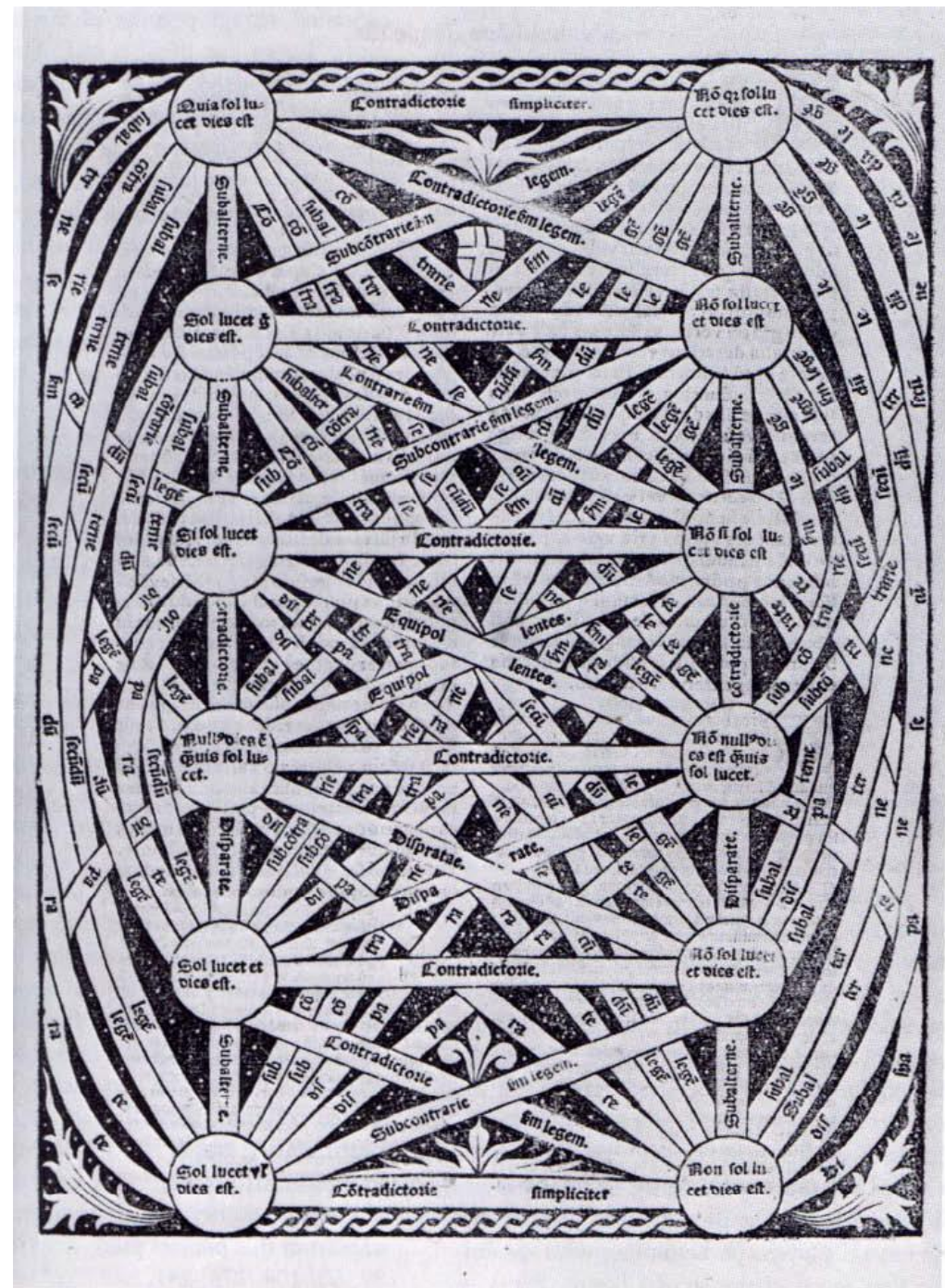
A. Cayley. On the Theory of the Analytical Forms Called Trees.
Philosophical Magazine, 4(13):172–176, 1857.

Графы

Логический квадрат — диаграмма отношений между силлогизмами.

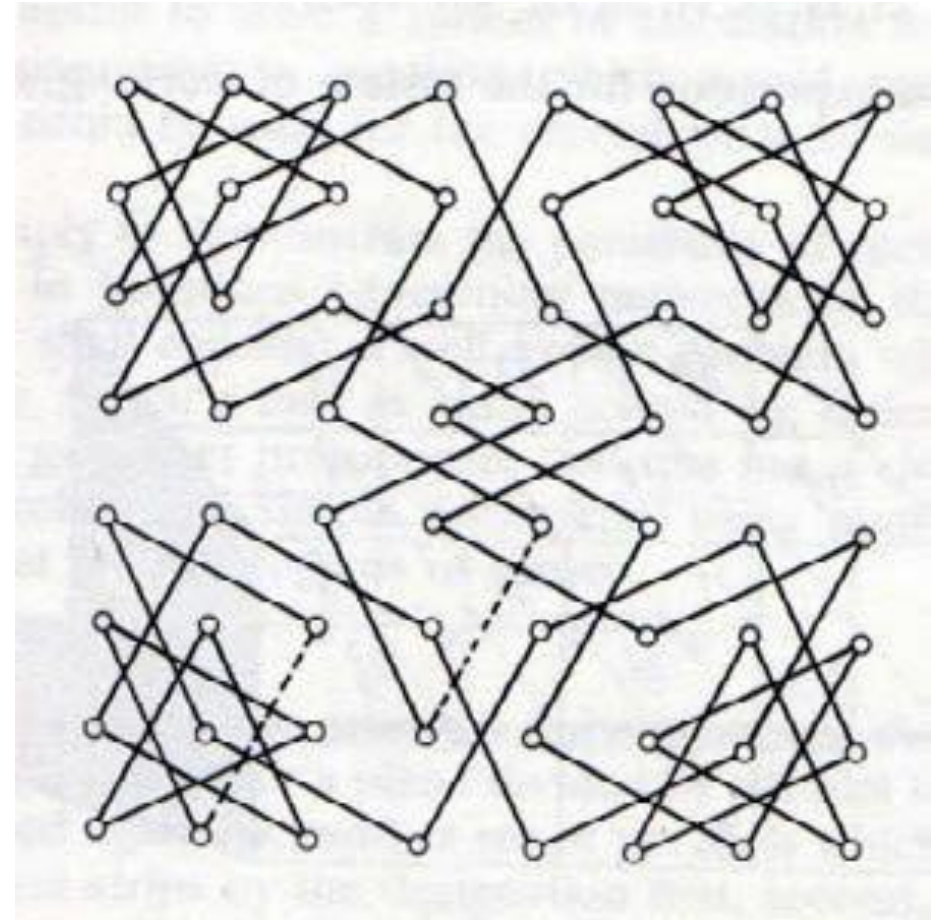
Juan de Celaya (1490—1558)

(Это граф K_{12} .)



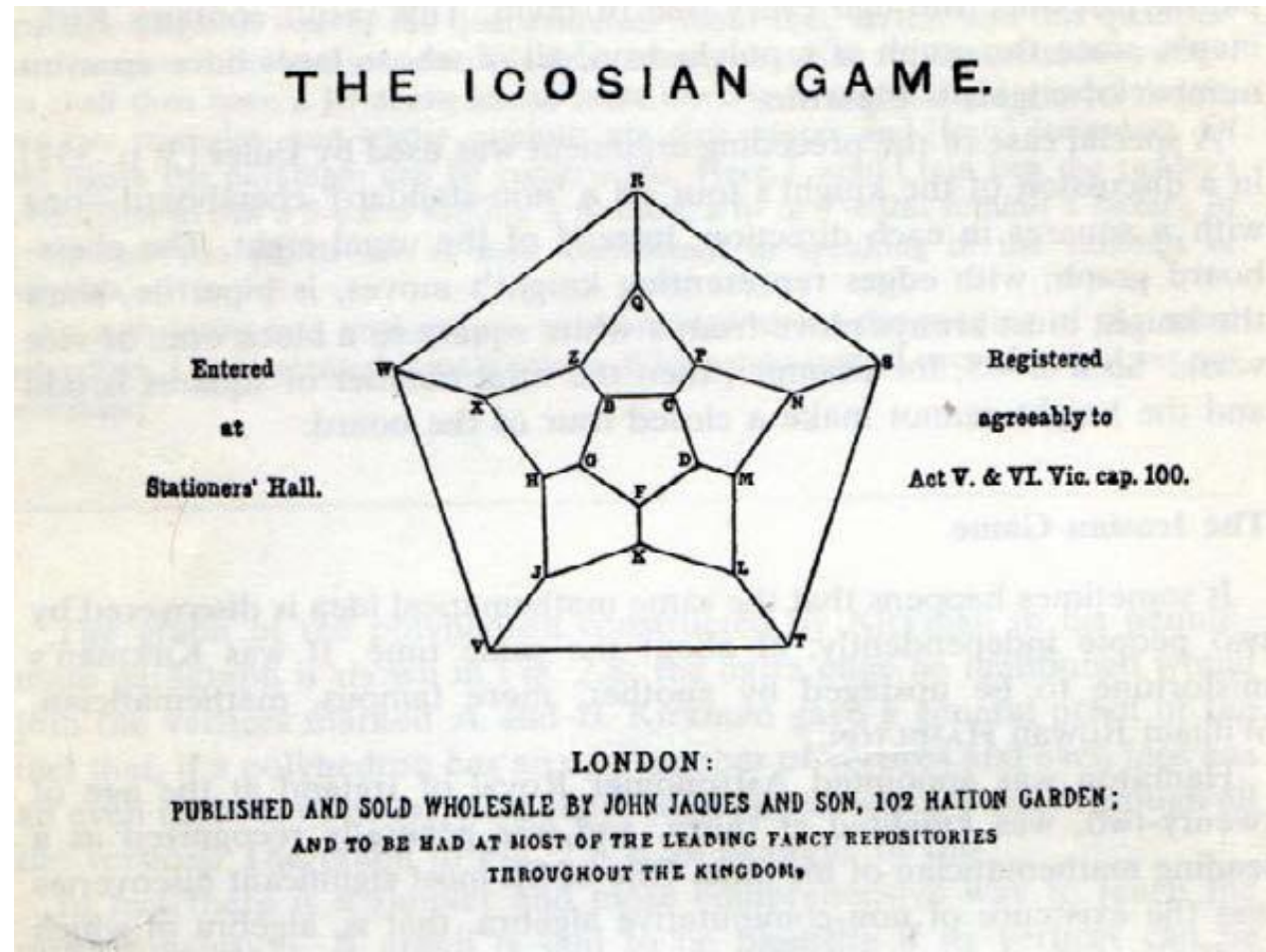
Графы

Иллюстрация А.-Т. Вандермонда (1771 г.) к задаче об обходе шахматной доски конём.



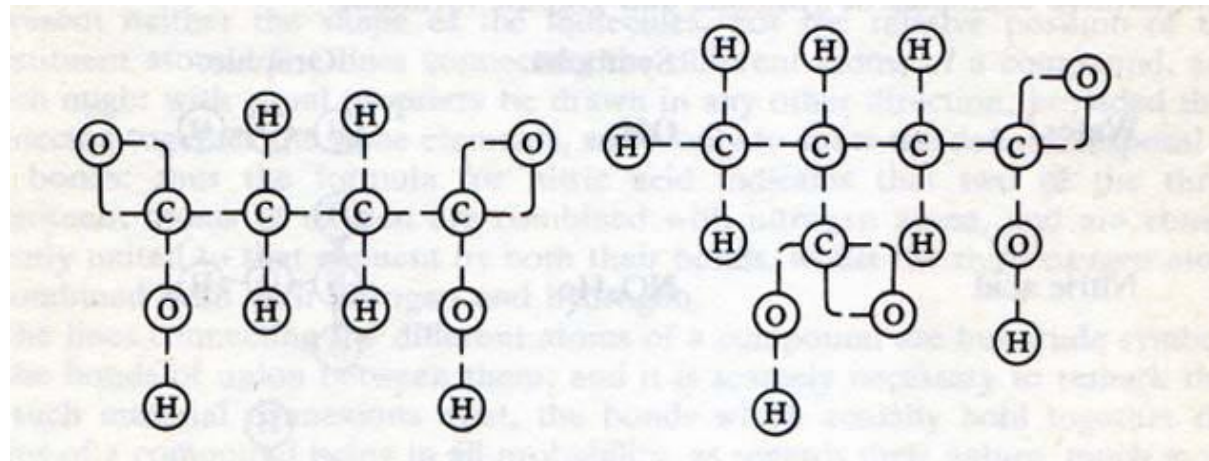
Графы

Иллюстрация У. Гамильтона (1857) к задаче об обходе икосаэдра.



Графы

Графы молекул из статьи А.К. Брауна (1864).



Ранние статьи по визуализации

- H.W. Tutte '1963
How to draw a graph
- D. E. Knuth '1970
How shall we draw a tree

Д. Кнут о визуализации графов

D.E. Knuth (GD' 1996):

- Graph drawing is the best possible field I can think of:
It merges aesthetics, mathematical beauty and wonderful algorithms.
It therefore provides a harmonic balance between the left and right brain parts.
- A good graph drawing algorithm should leave something for the user's satisfaction.

Типичные области применения графов

- Software engineering: UML диаграммы, диаграммы вызовов
- Биология: геномика, пищевые цепи, ...
- Сети: инструменты управления сетями, Интернет
- Безопасность: сетевые атаки
- Социальные сети: Twitter, Facebook, etc.

Пользовательские требования

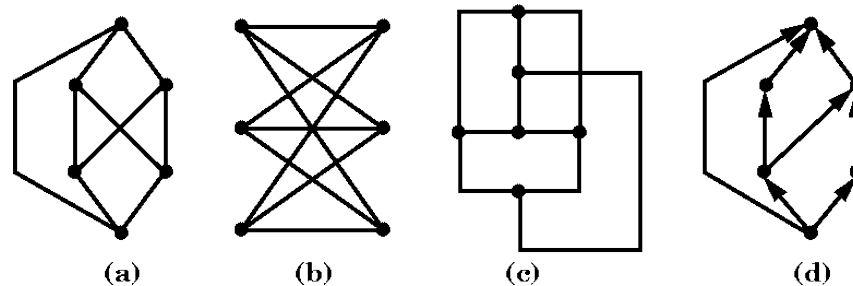
- **Читабельность:** видны основные структурные особенности графа.
- **Конформизм:** рисунок должен соответствовать стилевым соглашениям, характерным для конкретной прикладной области.
- **Управляемость:** пользователь может контролировать параметры укладки.
- **Быстродействие** соответствует цели (динамический граф на экране / высококачественная диаграмма для печати / ...)

Соглашения (conventions)

Соглашение — это свойство, которому укладка графа должна удовлетворять «беспрекословно», в противном случае граф не считается уложенным вовсе.

Примеры:

- Вершины графа не должны лежать на рёбрах, концами которых они не являются.
- Как могут изображаться рёбра (отрезком прямой / полилинией / дугой окружности / сплайном / ...)
- Как должны располагаться вершины (если ребро идёт из u в v , то v лежит ниже u / вершины и изгибы рёбер должны иметь целочисленные координаты / ...).

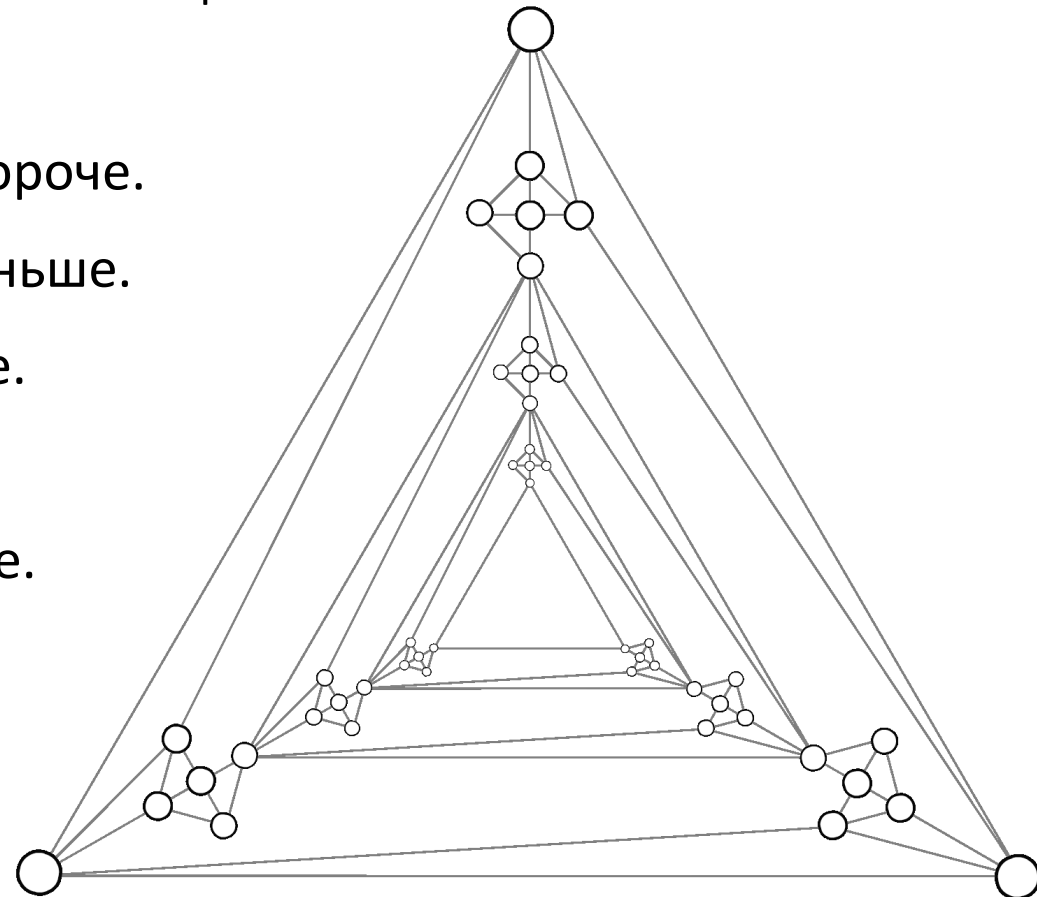


Соглашения (conventions)

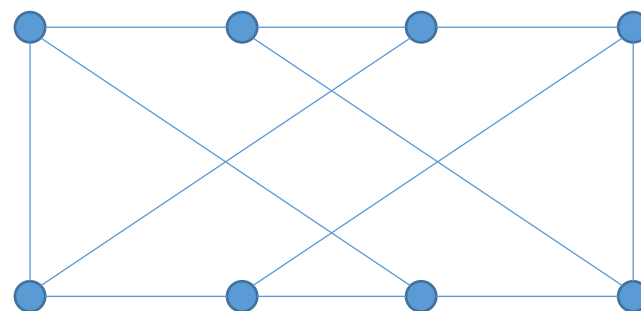
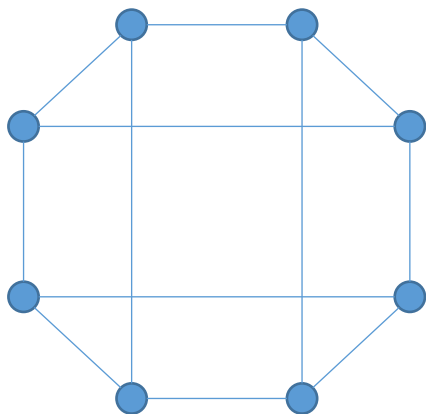
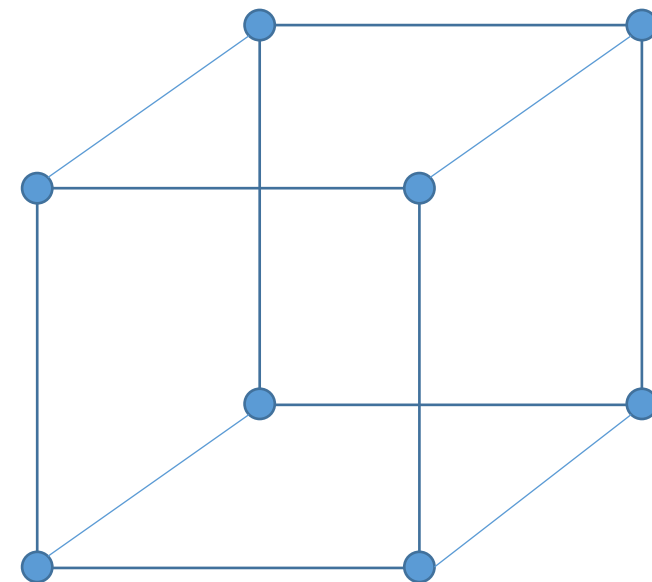
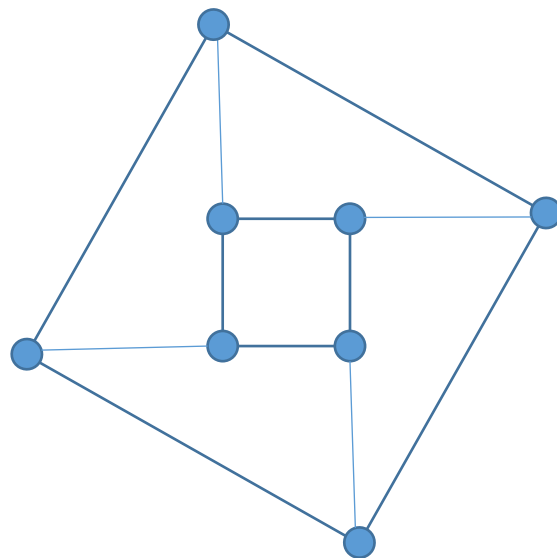
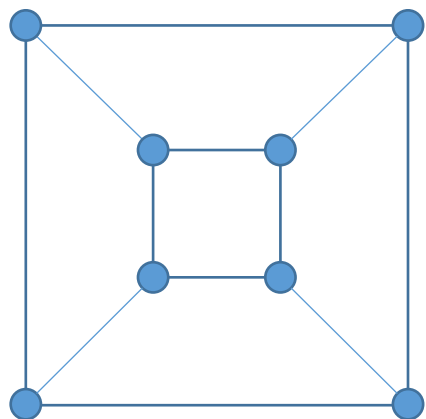
Правило — это пожелание, которое следует выполнить в максимально возможном объёме. Правила имеют, в основном, эстетическую мотивацию.

Примеры:

- Кривые, изображающие рёбра, должны быть покороче.
- Количество изгибов на рёбрах должно быть поменьше.
- Число пересечений рёбер должно быть поменьше.
- Вершины не должны находиться слишком близко.
- Углы между пересекающимися рёбрами побольше.
- Площадь укладки поменьше.
- Симметрии графа должны прослеживаться.



Часто не бывает «лучшей» укладки



Читабельность vs. соответствие правилам

*There is [always] a gap between
the user's view and the formalism*
D. E. Knuth

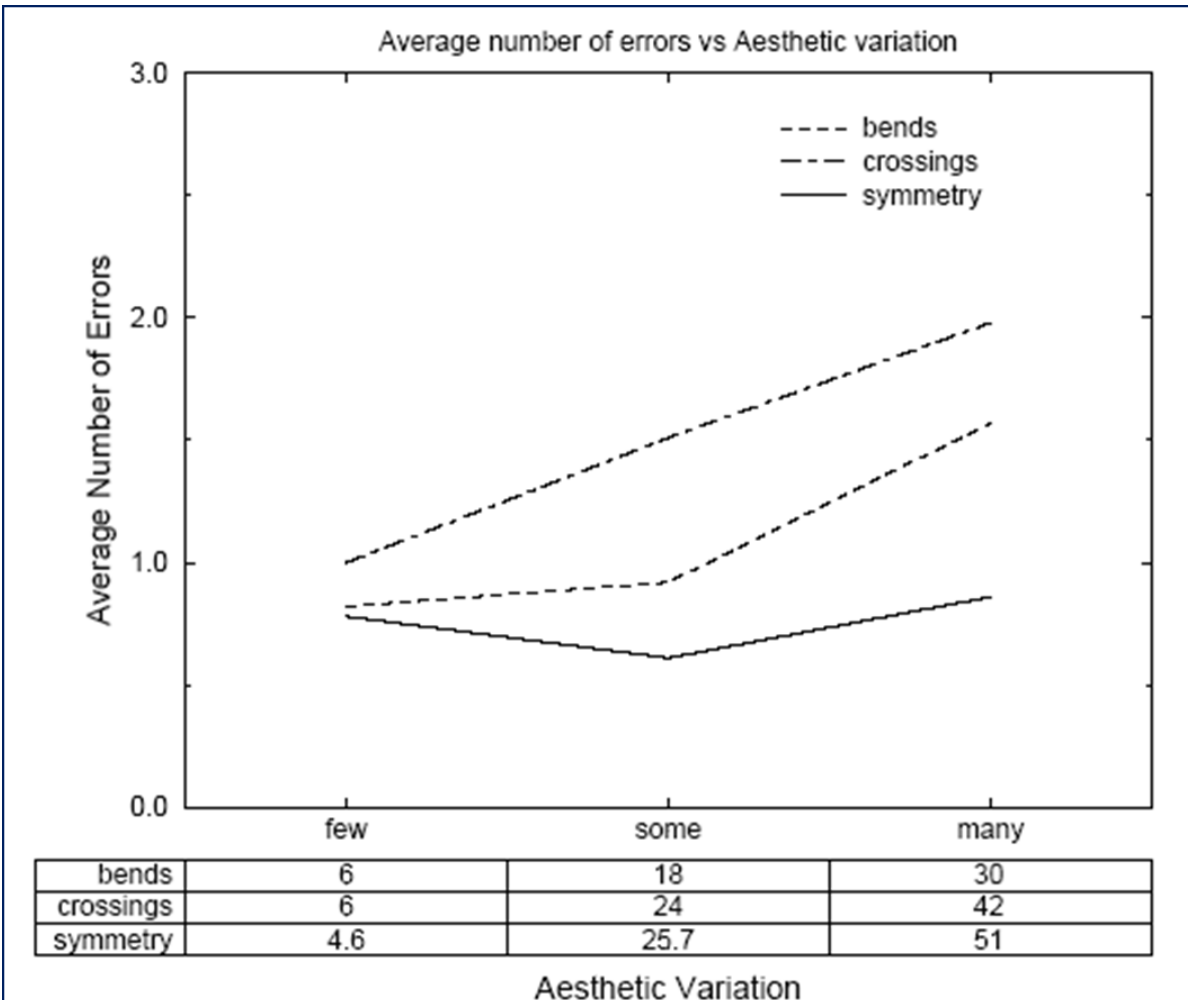


Fig. 3. Results for the dense graph

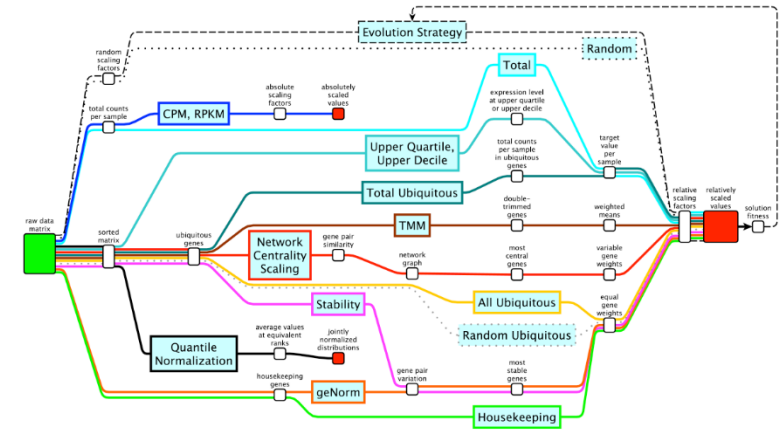
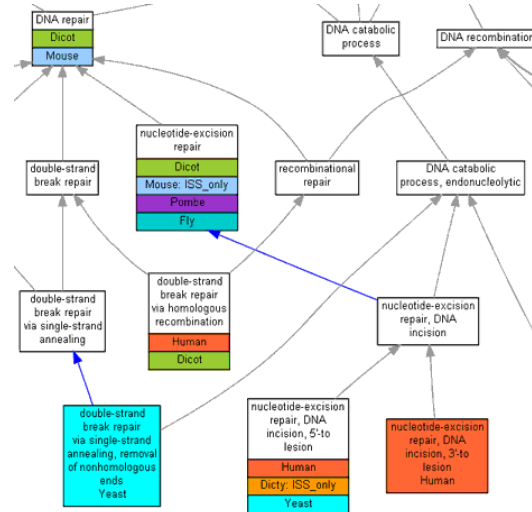
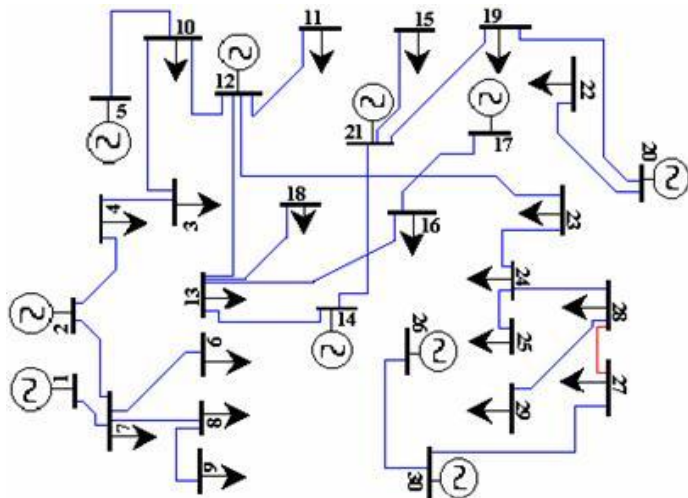
Трудности визуализации реальных графов

People don't want to draw *graphs*.

They want to draw *pictures* that contain graphs.

Brendan Madden, 2003

У реального графа есть семантика → появляются семантические правила.



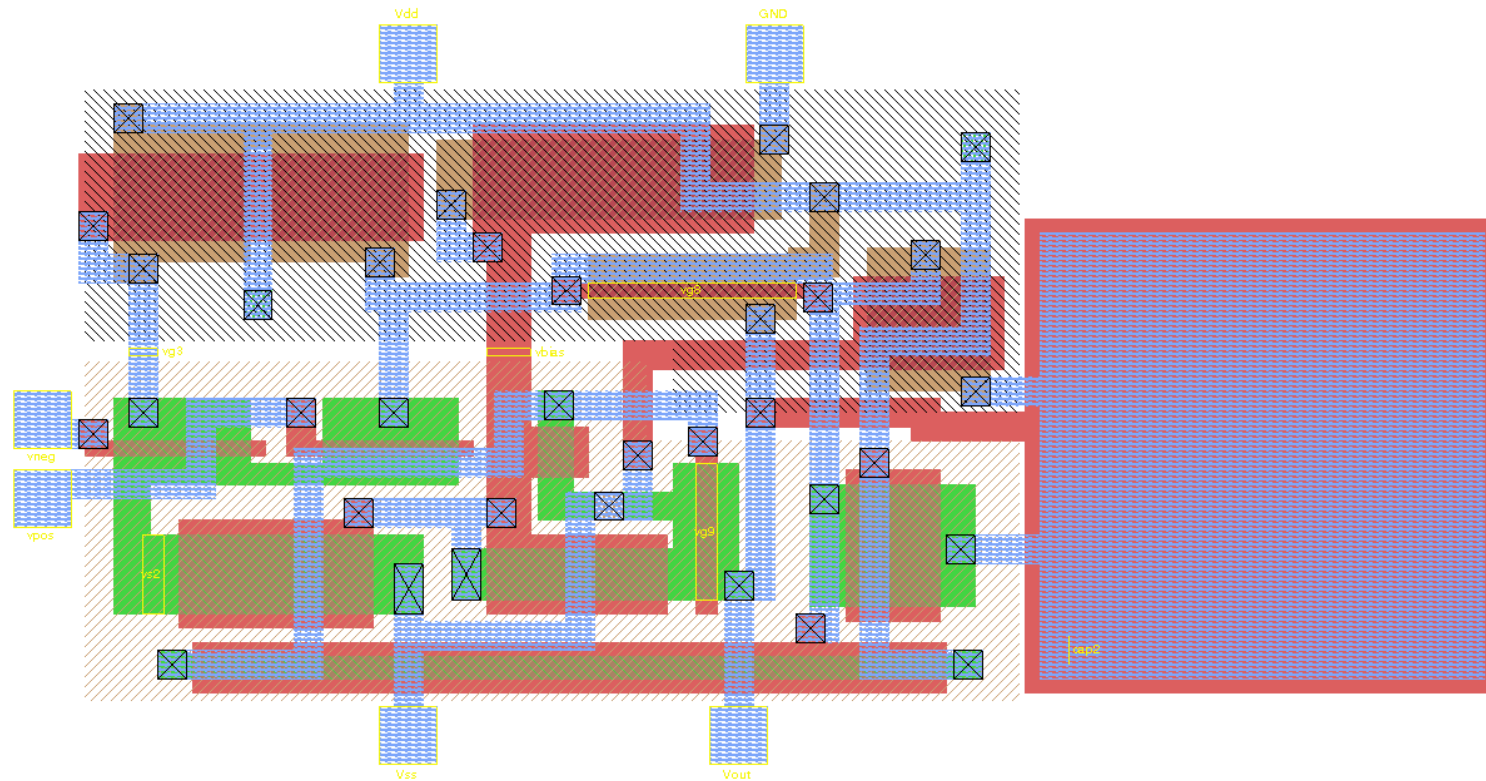
Трудности визуализации реальных графов

Примеры семантически-продиктованных правил:

- Выделенные вершины должны располагаться неподалёку.
- Выделенные вершины должны располагаться на одной прямой.
- Выделенные вершины должны располагаться в центре рисунка.
- Выделенные вершины должны располагаться на периферии.

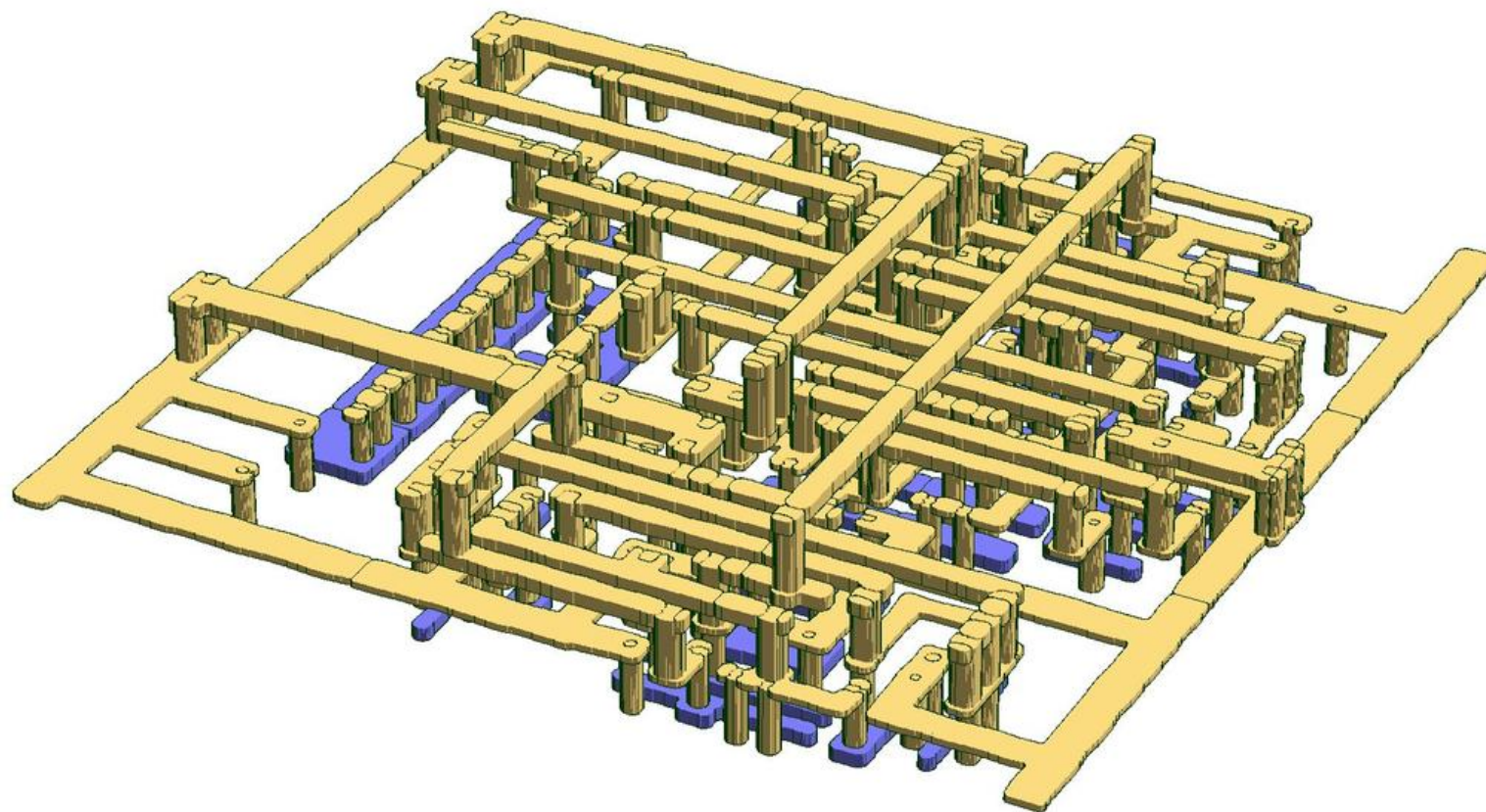
Укладки СБИС

Ещё сложнее, чем укладка графов: множество дополнительных технологических правил.



Укладки СБИС

Ещё сложнее, чем укладка графов: множество дополнительных технологических правил.



Технические подходы к визуализации

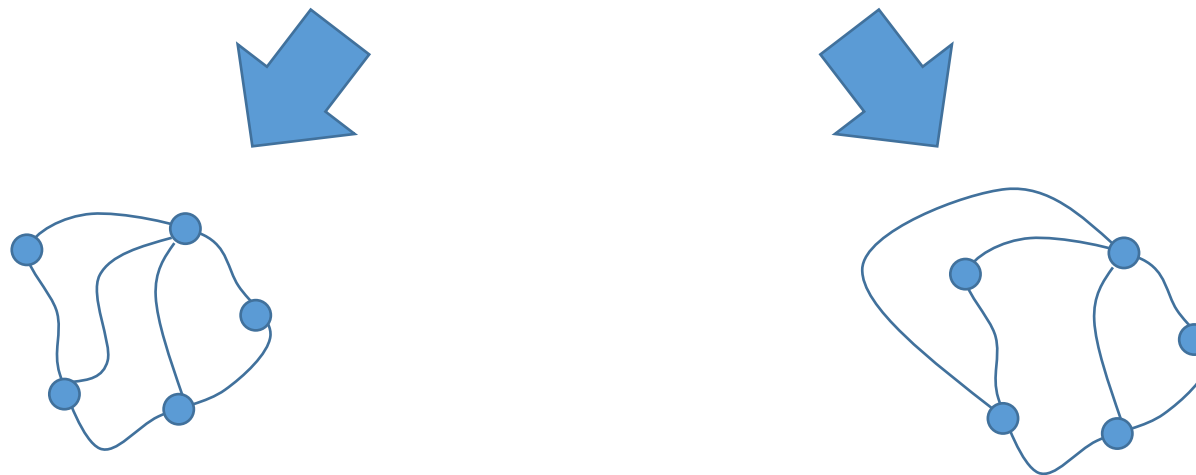
- **Топология → форма → метрика**
- **Силовые методы**
- Методы, основанные на укладках планарных графов
- Методы типа «разделяй и властвуй»

Топология → форма → метрика

Этап «топология»: определяем, как упорядочены рёбра вокруг каждой вершины.

$$V := \{1,2,3,4,5\}$$

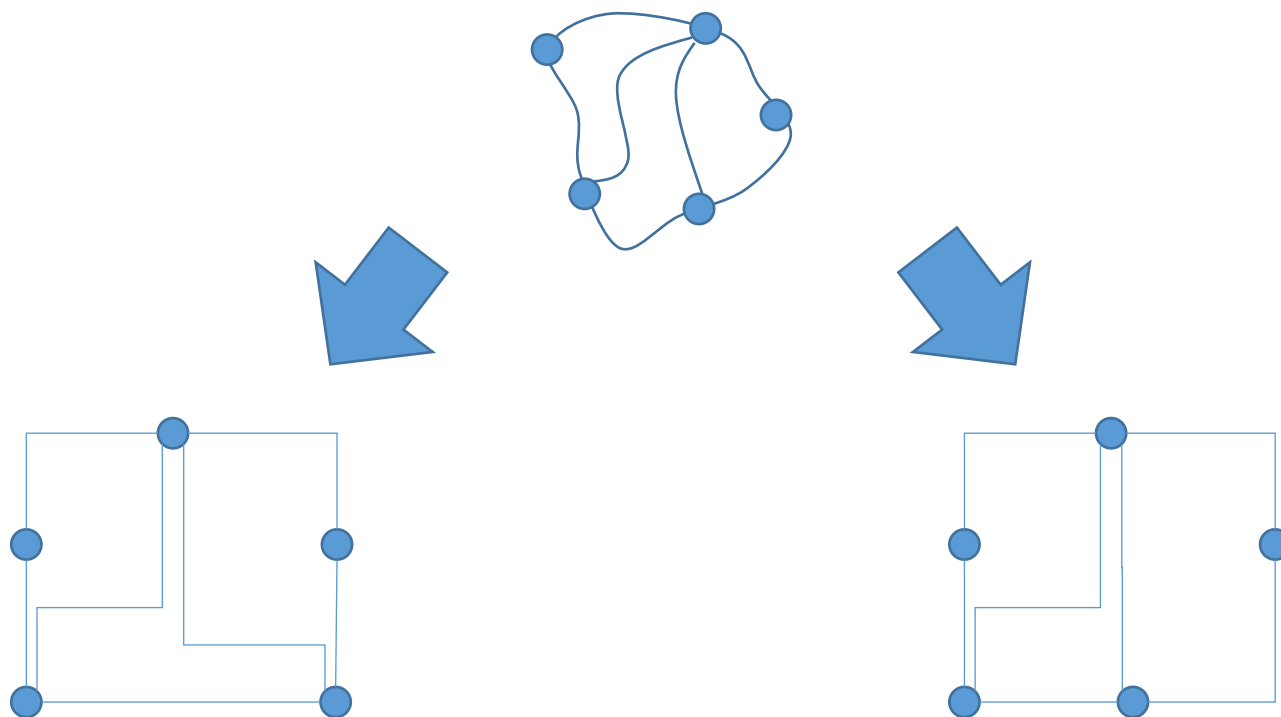
$$E := \{(1,2), (1,3), (1,4), (1,5), (2,4), (3,5), (4,5)\}$$



Топология \rightarrow форма \rightarrow метрика

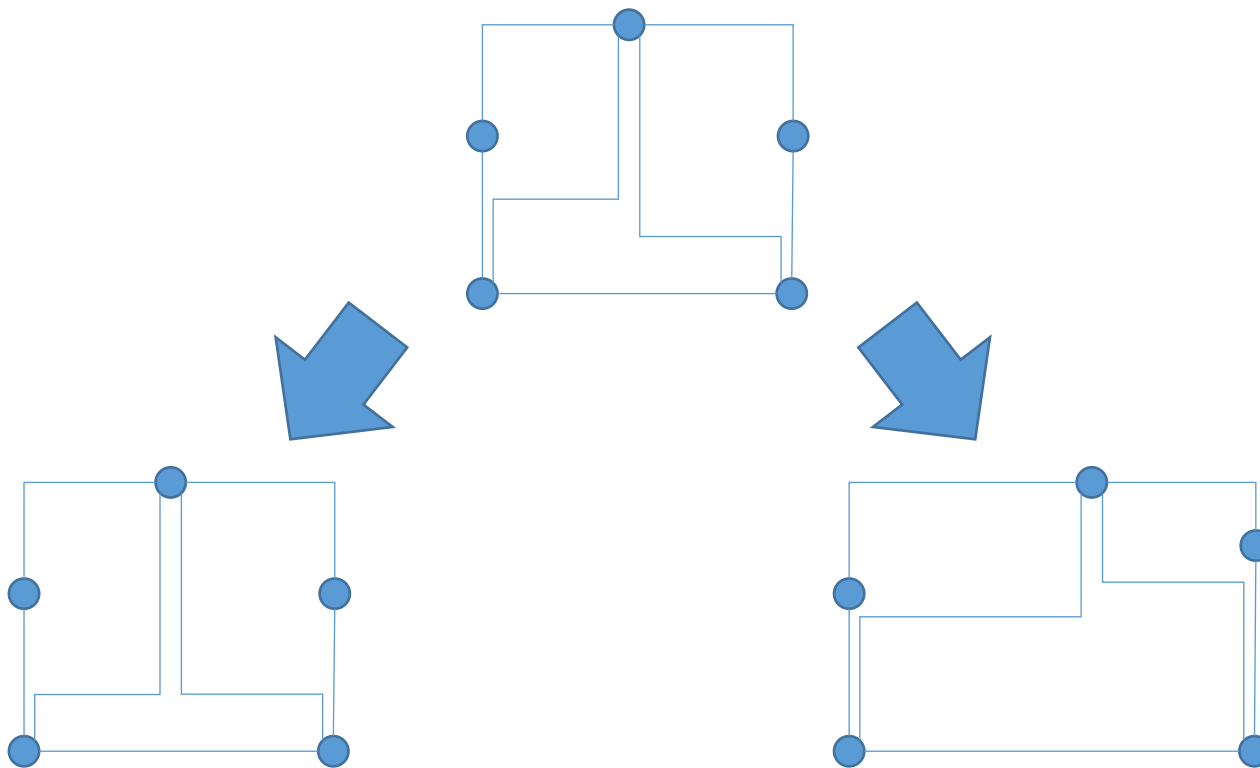
Этап «форма»: определяем форму рёбер.

(В случае ортогональных представлений — количество изломов.)



Топология \rightarrow форма \rightarrow метрика

Этап «метрика»: подбираем все длины.



Теорема Татта «о резиновой укладке»

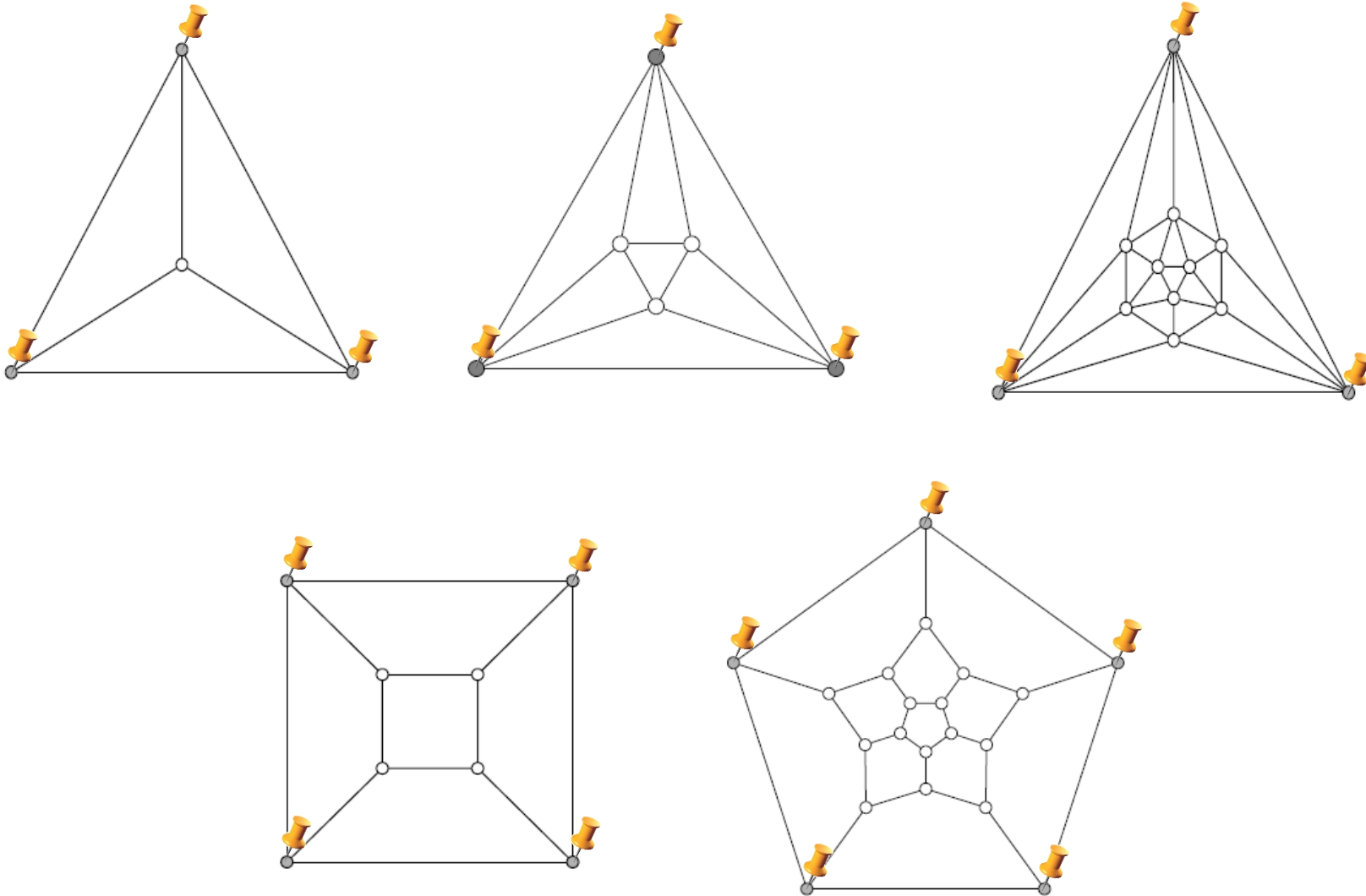
Теорема. (Tutte '1963 — Tutte's rubber band embedding)

Пусть Γ — множество вершин *трёхсвязного* планарного графа, составляющее границу одной из граней в какой-нибудь укладке.

Тогда укладку графа можно получить, если закрепить вершины Γ в вершинах произвольного выпуклого многоугольника, и представить, что рёбра графа стремятся стянуться, как резинки.

Полученная при стабилизации такой физической системы «картинка» и будет искомой укладкой.

Укладки графов платоновых тел, полученные методом Татта



Силовые (force-directed) методы укладки

Определяется система сил, действующих на укладку:

- Силы притяжения между вершинами
- Силы отталкивания между вершинами
- Силы, действующие на рёбра

Минимизируется «энергия» системы: стандартные численные методы, моделирование отжига и пр.

Примеры инфографики

Инфографика в сети и инфографика сетей

Ссылки

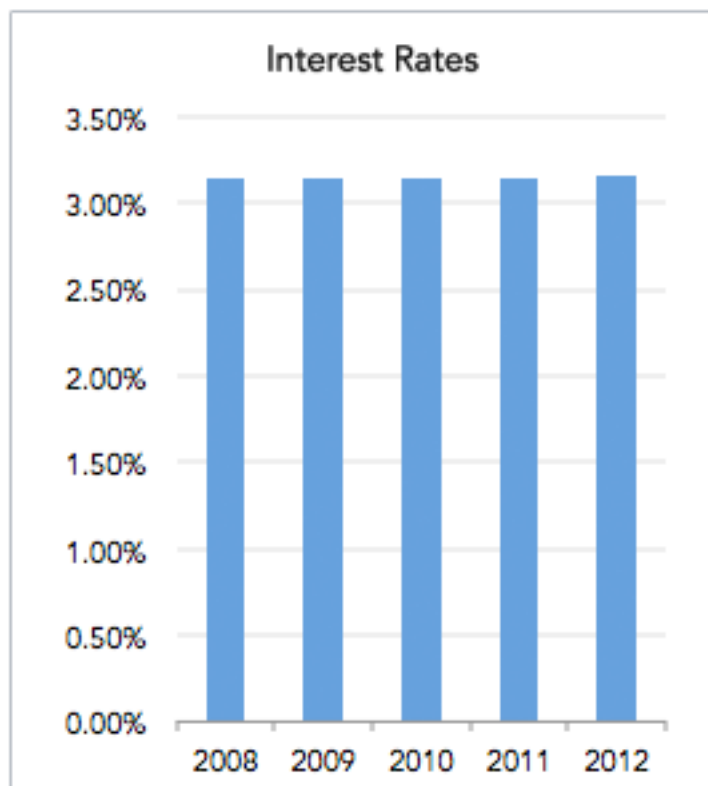
- [Взаимное влияние различных языков программирования](#)
- [Семантические сети](#)
- [Отделение данных от их представления, например, HTML+CCS](#)
- [Библиотека D3, примеры использования](#)
- [Пример интерактивной силовой укладки](#)
- [Gerhi — визуализация графов в домашних условиях](#)



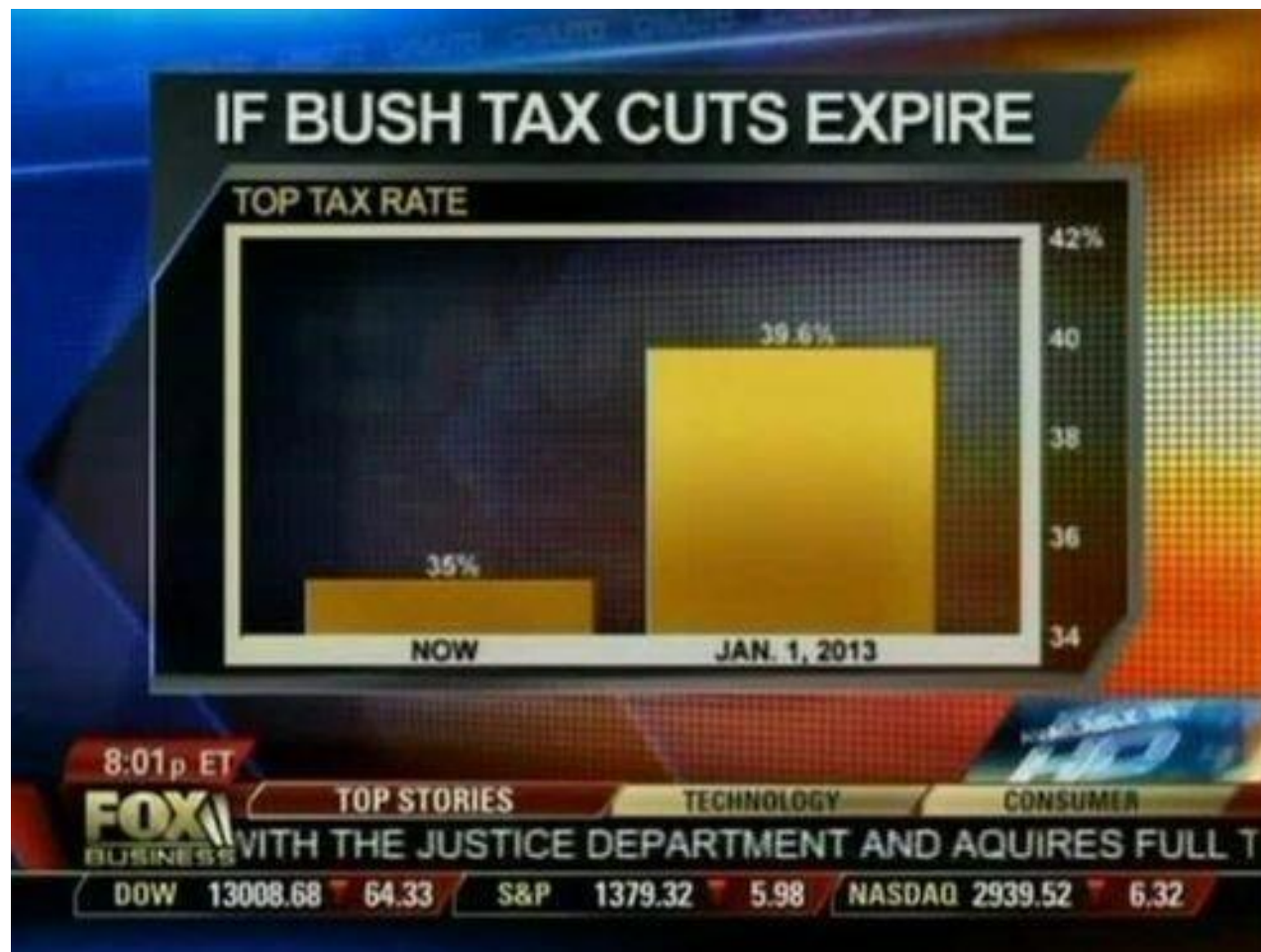
Как нужно делать инфографику

Несколько способов ввести людей в заблуждение с помощью графиков

Обрезаем ось ординат...

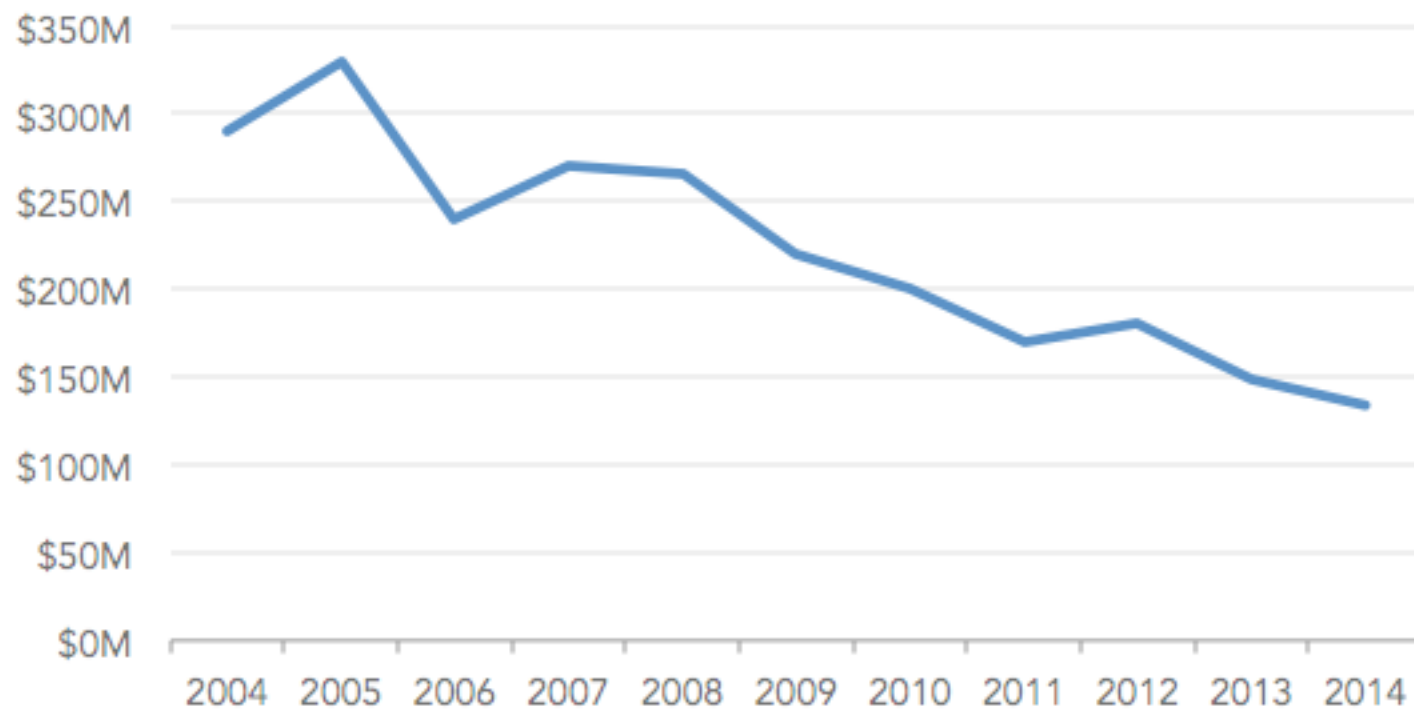


Обрезаем ось ординат...



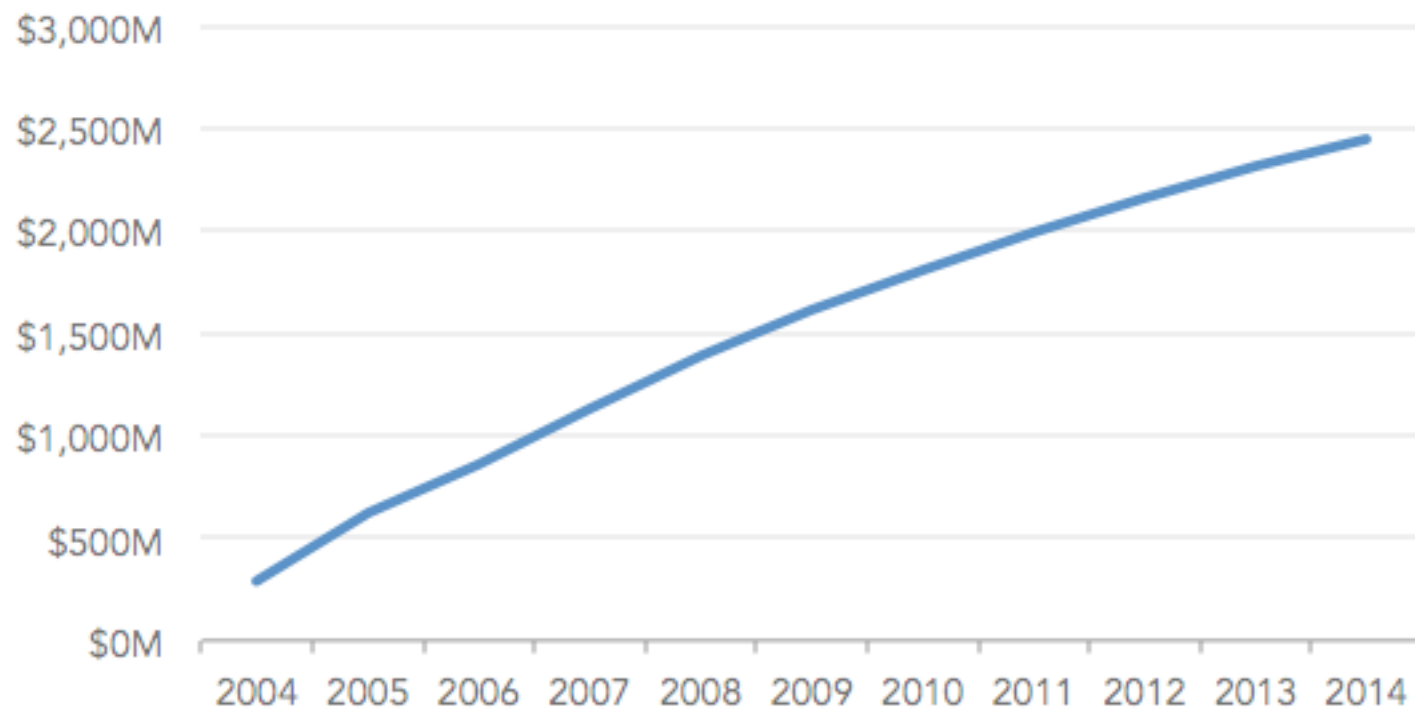
Переходим к кумулятивным показателям...

Annual Revenue

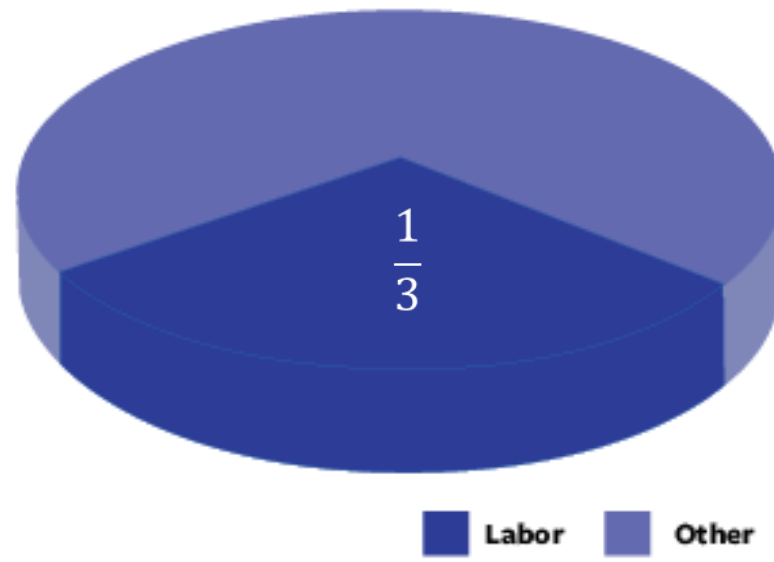


Переходим к кумулятивным показателям...

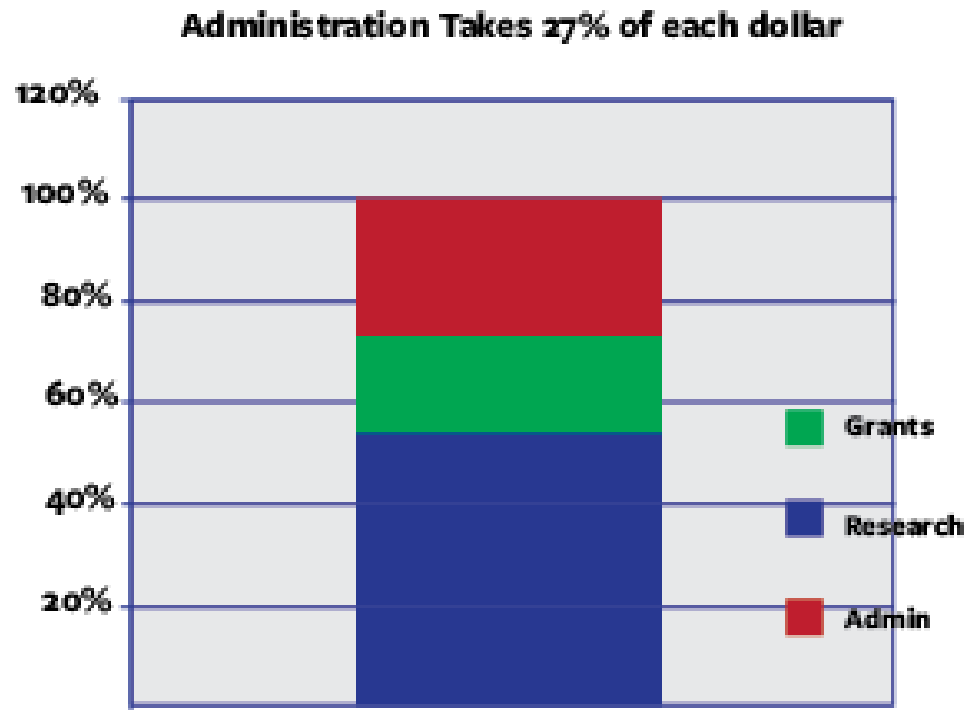
Cumulative Annual Revenue



3D нас спасёт...

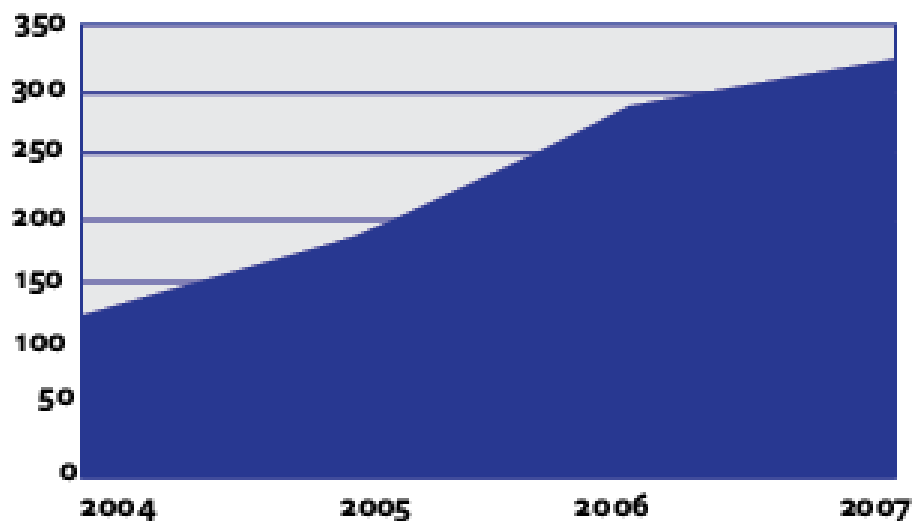


3D нас спасёт...

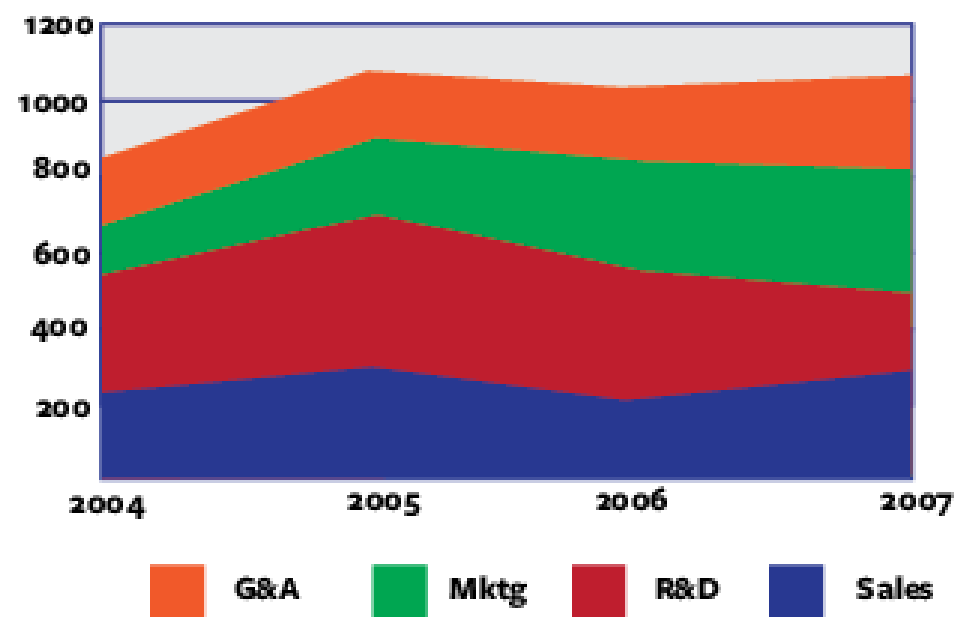


Когда за деревьями леса не видно...

Mktg Costs Are Through the Roof



Who Can Tell What's Going On?



Успехов!

