

地理空间数据可视化

Carte Figurative des pertes successives en hommes de l'Armée Française dans la campagne de Russie 1812-1813.

Dressée par M. Minard, Inspecteur Général des Ponts et Chaussées en retraite

Paris, le 20 Novembre 1869.

Les nombres d'hommes présents sont représentés par les largeurs des zones colorées à raison d'un millimètre pour dix mille hommes; ils sont de plus écrits en travers des zones. Le rouge désigne les hommes qui ont été en Russie; le noir ceux qui en sont sortis. — Les renseignements qui ont servi à dresser la carte ont été puisés dans les ouvrages de M. M. Chiers, de Léguir, de Fexendac, de Chambray et le journal inédit de Jacob, pharmacien de l'Armée depuis le 28 Octobre.

Pour mieux faire juger à l'œil la diminution de l'armée, j'ai supposé que les corps du Prince Jérôme et du Maréchal Davout, qui avaient été détachés sur Minsk et Mohilow et qui ont rejoint vers Otscha et Witebsk, avaient toujours marché avec l'armée.

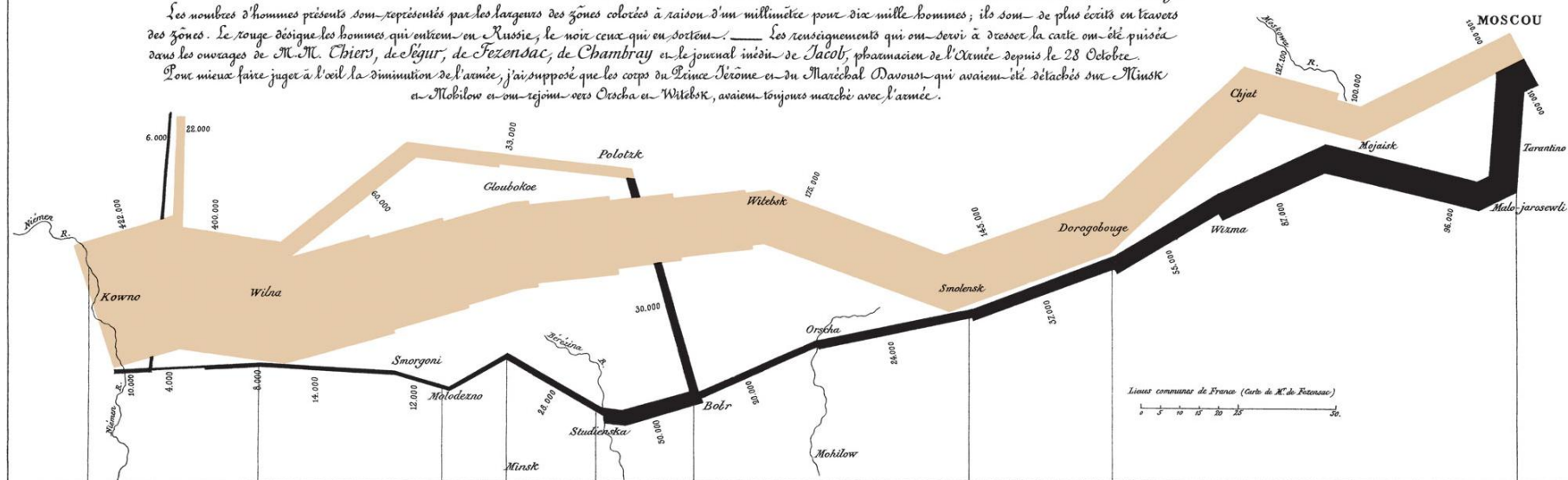
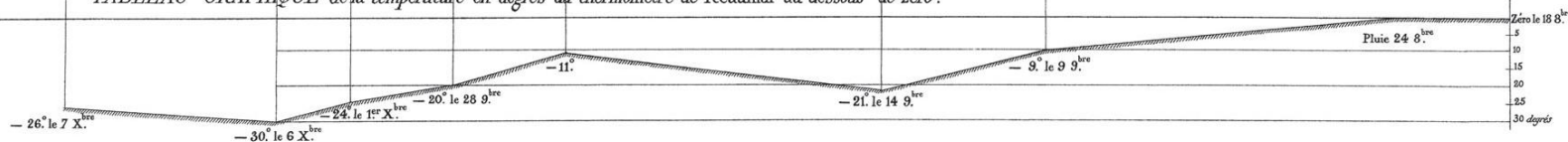
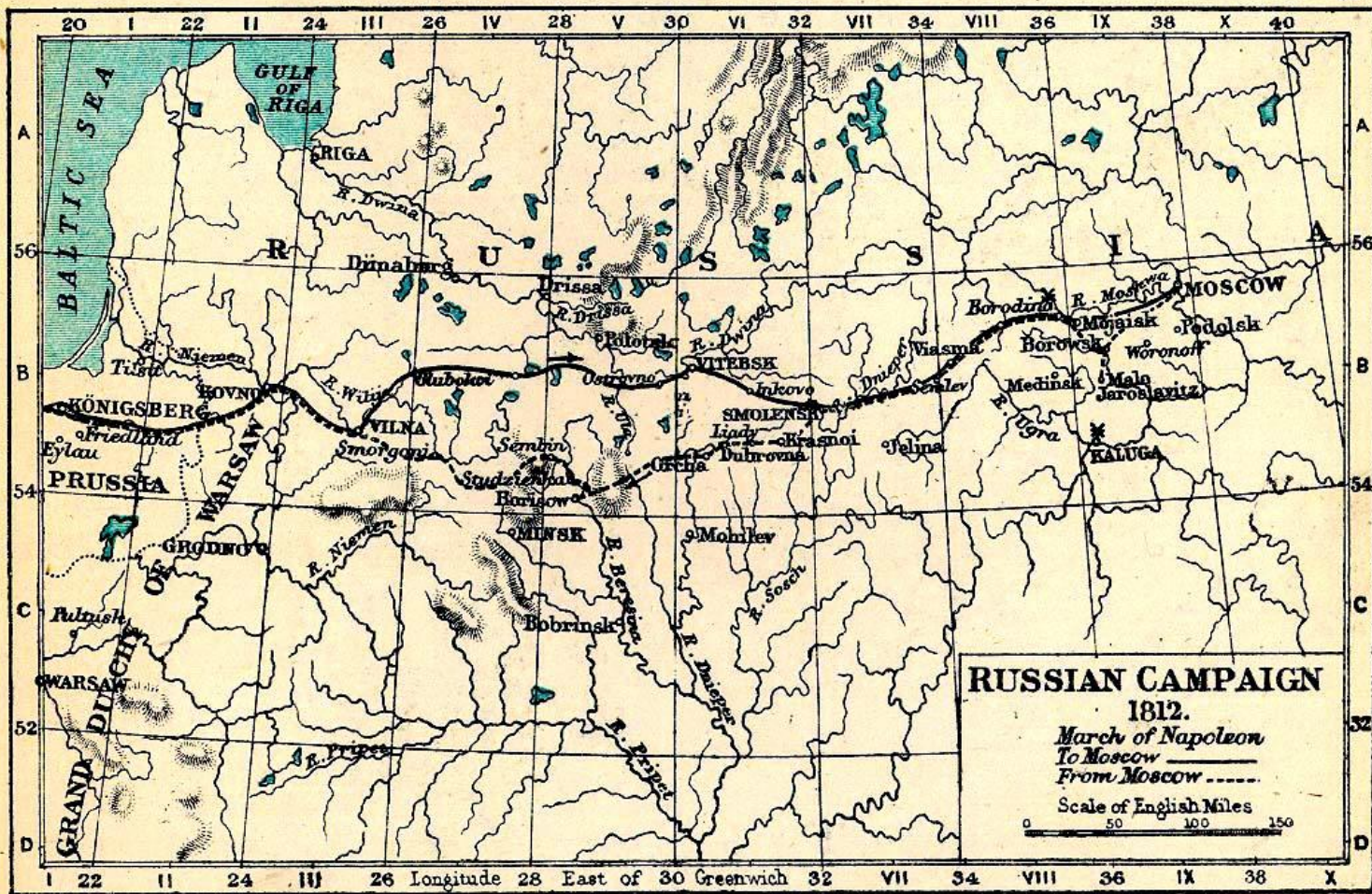


TABLEAU GRAPHIQUE de la température en degrés du thermomètre de Réaumur au dessous de zéro.

Les Cosaques passent au galop le Niémen gelé.





Longmans, Green & Co. London, New York & Bombay.

提要

- 从地图到地理空间数据可视化
- 地理数据可视化的方法和技术
 - 可视化思考
 - 点数据可视化
 - 线数据可视化
 - 区域数据可视化
 - 三维数据可视化
 - 时间属性可视化

传统地图学 (Cartography)

- 地图的主题

- 疆界，地形，河流

- 地图的映射

- 球面投影，圆锥投影，等距投影

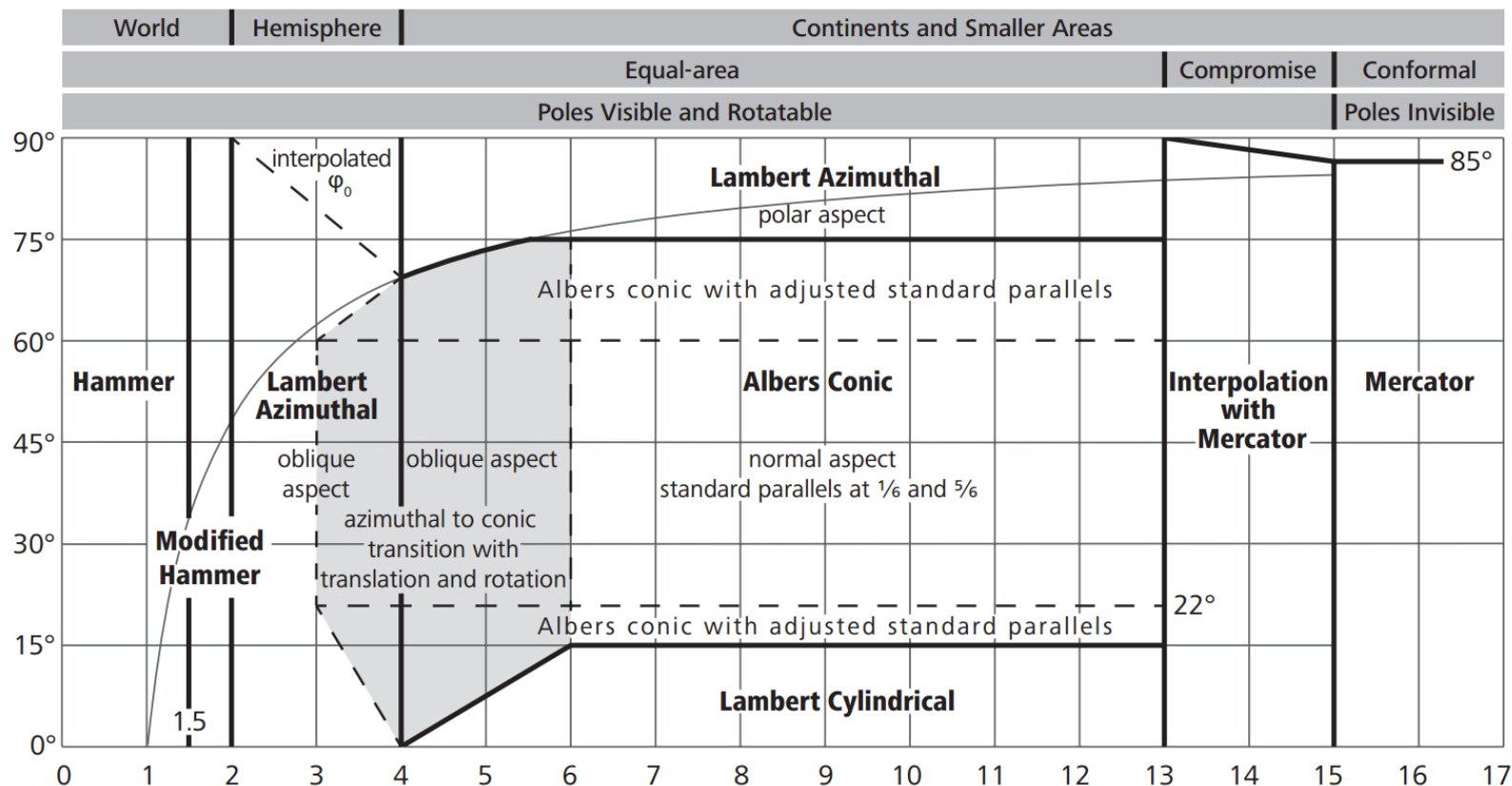
- 地图细节的选择

- 简化，合并，强调

地图映射

- 地图映射，也就是将数据中的地理坐标转换成屏幕上的坐标
- 按照曲面映射过程中的优化目标区分，地图映射主要包含以下三种类型
 - 等角度（正形投影）：源曲面和目标曲面（即投影前后）的任何位置的局部切向和法向方向组成的角度保持不变
 - 等面积：地图上任何图形面积经主比例尺放大以后与实地上相应图形面积大小保持不变
 - 等距离：在标准经纬线上无长度变形，即投影后任何点到原点的距离保持不变

应该用什么样的映射



从地图到地理数据可视化

- Visualization最早在地图学文献中出现：

- Philbrick, A. K., Toward a unity of cartographical forms and geographical content: Professional Geographer, v. 5, no. 5, p. 11 – 15, 1953

- 现代意义的visualization在文献中出现：

- McCormick, Defanti, and Brown, Visualization in scientific Computing: Computer graphics. V.21, no. 6, 1987
 - “Use of sophisticated computing technology to create visual displayed, the goal of which is to facilitate thinking and problem solving.”

从地图到地理数据可视化

➤ 地理空间数据可视化的先行者：

- DiBiase, D., Visualization in the earth sciences: Bull College of Earth and Mineral Sciences, Pennsylvania State Univ. v59, no. 2, 13-18, 1990.
- MacEachren, A. M., and Ganter, J. H., A pattern identification approach to cartographic visualization: Cartographica, v. 27, no. 2, p. 64 – 81, 1990.

地图角色的改变

- 传统的角色：沟通功能

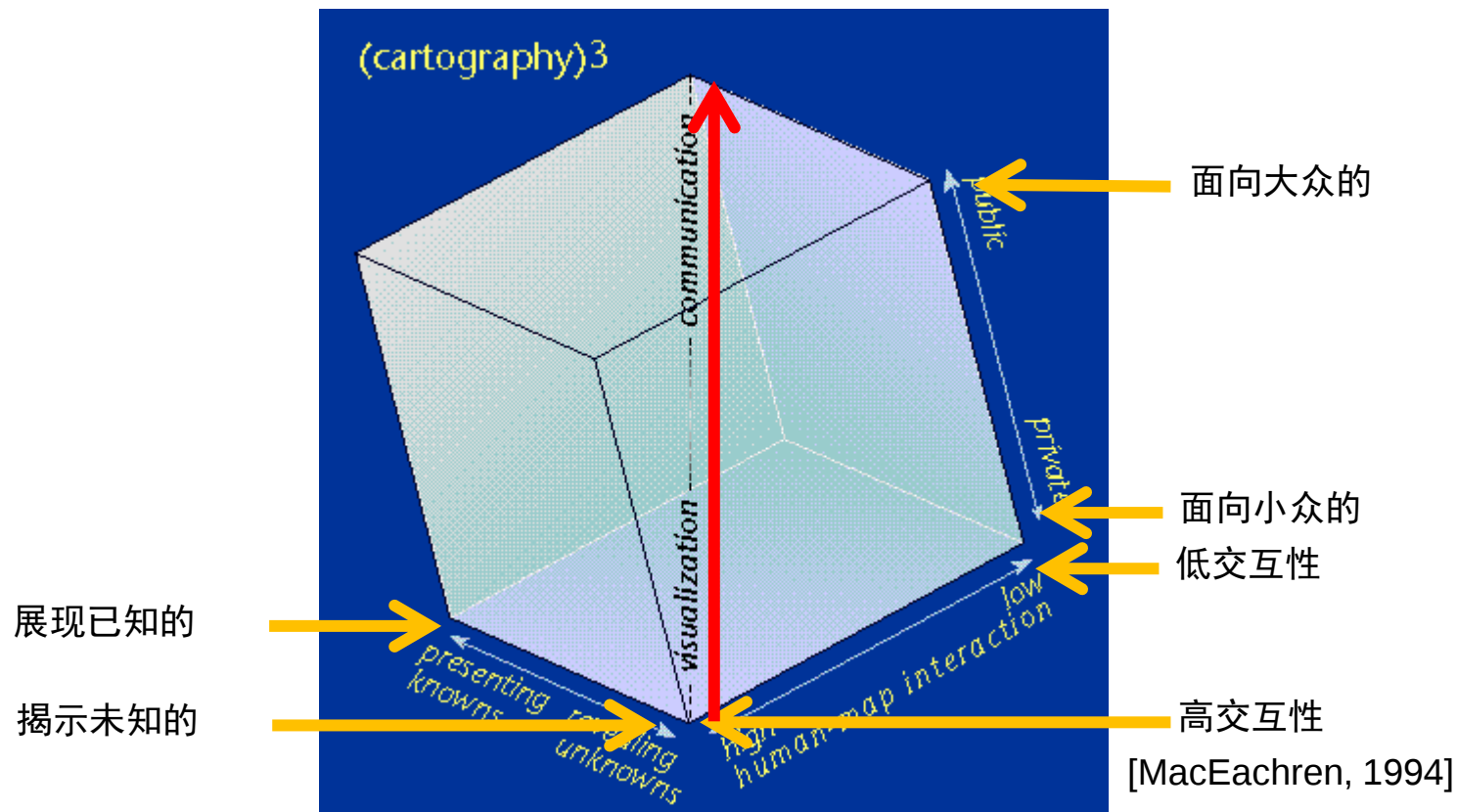
- 传递信息给大众

- 新的角色：认知功能

- 帮助人们思考，解决问题，做决定

- [Freitag 1993]

[CARTOGRAPHY]3



地理空间数据可视化的定义

- “Geovisualization integrates approaches from visualization in scientific computing (ViSC), cartography, image analysis, information systems (GISystems) to provide theory, methods, and tools for visual exploration, analysis, synthesis, and presentation of geospatial data”
- --International cartographic association commission (2001)

地理数据可视化的推动力

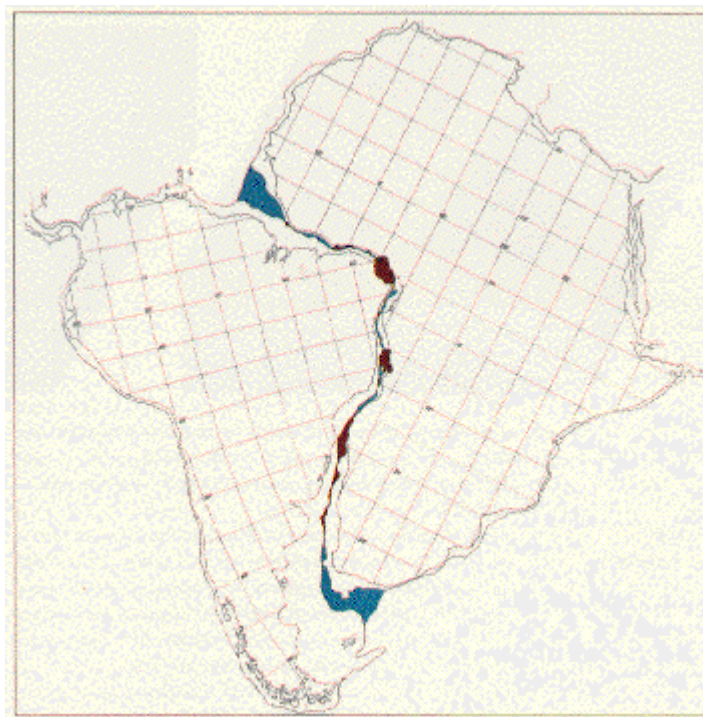
- 图形硬件和个人电脑的普及
 - 虚拟现实技术
- 爆炸性增长的数据
 - 80%的采集数据包含地理信息
- 互联网的发展
 - 信息的聚合，地图制作门槛的降低

地理空间数据可视化技术

- 可视化思考
- 可视化图形语言
- 地理数据和可视化技术
 - 点数据
 - 线数据
 - 面数据
 - 三维数据
 - 数据的时间属性

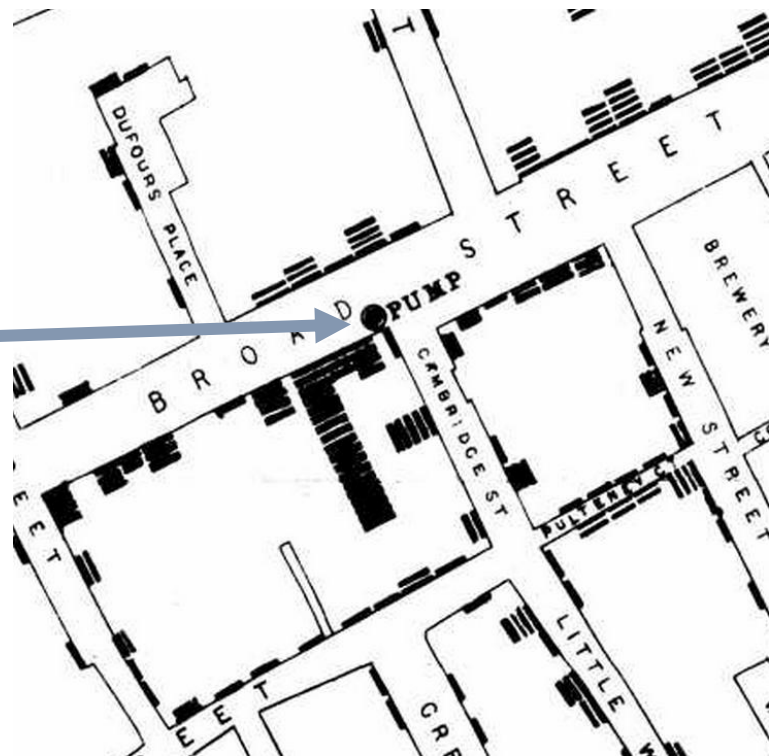
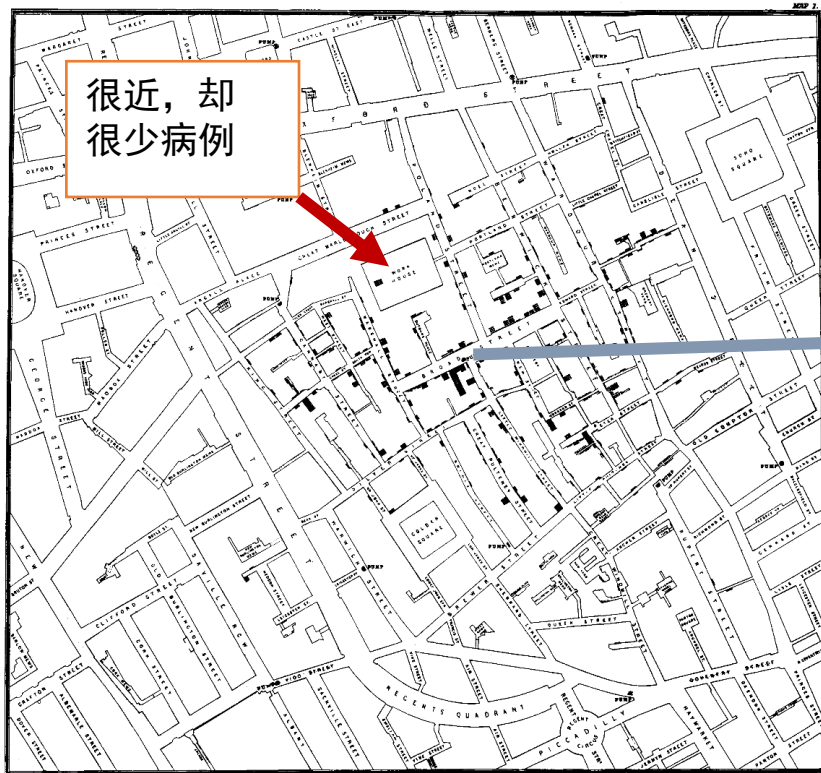
可视化思考例子1

➤ 瓦格纳和大陆漂移



可视化思考例子2

► 1854年伦敦霍乱案例



地理数据图形语言

- Bertin（1967年）：

- 地点，大小，纹理密度/大小，颜色，色调，饱和度，方向，形状等

- MacEachren（2001年）：

- 时间位置，时长，顺序，变化率，频率，同步性等

地理空间数据

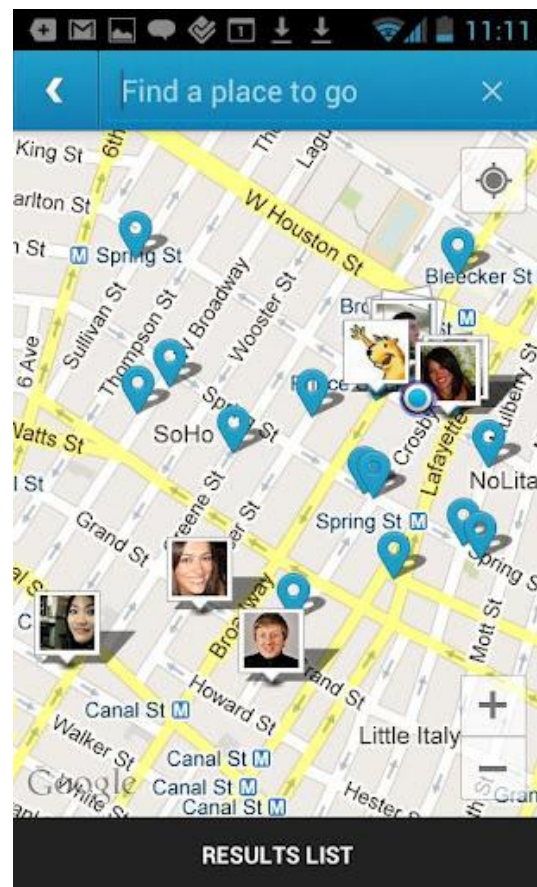
- 地理信息空间数据与普通的空间数据都描述了一个对象在空间中的位置
 - 点，线，面，空间，时空
- “Fundamentally different from other kinds of data since they are inherently spatially structured in two or three dimensions” [MacEachren and Kraak]

点数据可视化

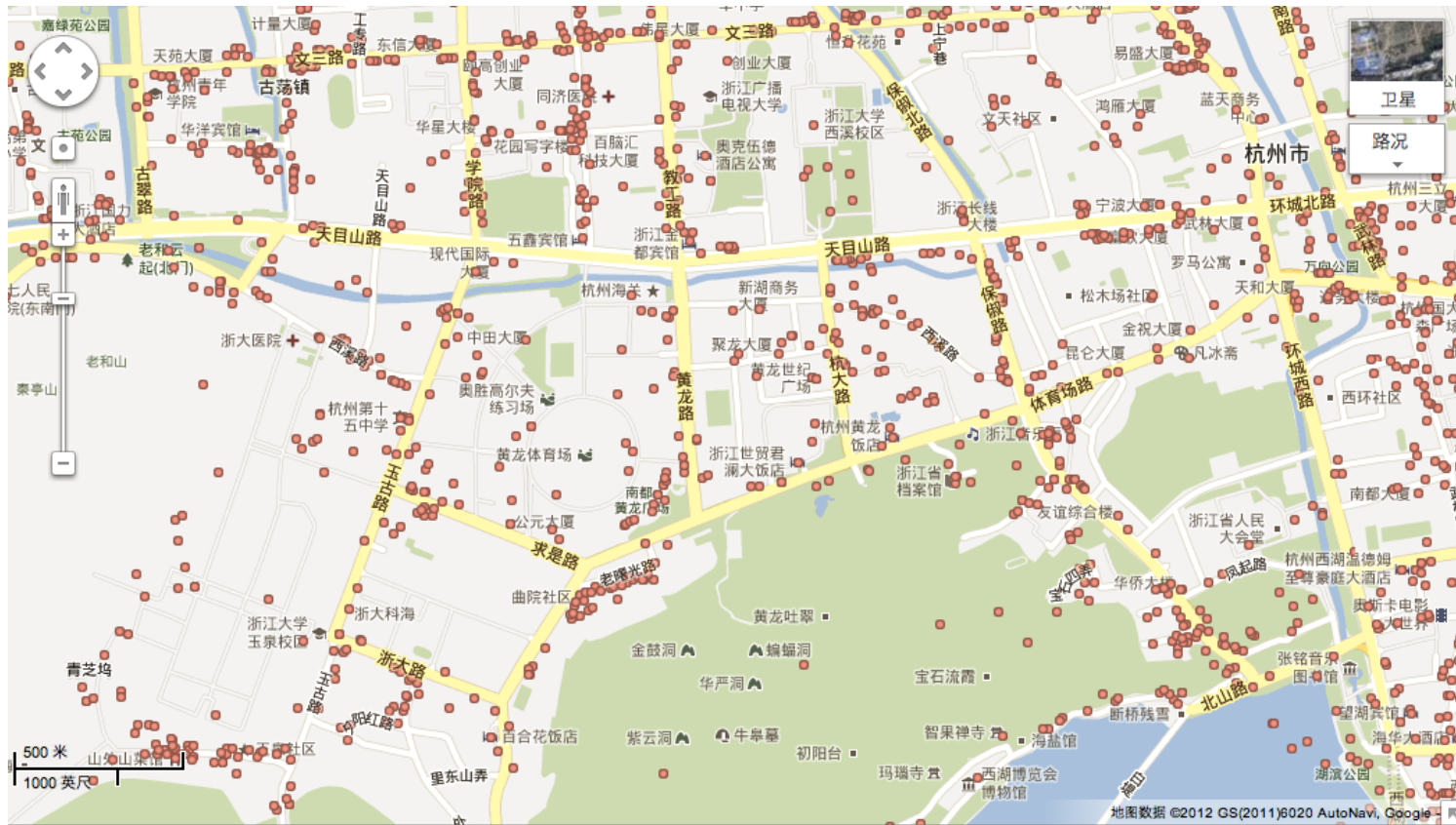
点数据

- 点数据描述的对象是地理空间中离散的点，具有经度和纬度的坐标，但不具备大小尺寸
 - 地图上的地标
 - 附近的学校
- 最直接可视化点数据的方法
 - 根据坐标直接标识在地图上，圆点是最常用的标识符号
 - 其它标识符号：向量箭头、六边形蜂窝网格.....

基于位置信息的服务



谷歌地图上的加油站



时间+地理数据



After the Vote

The New York Times

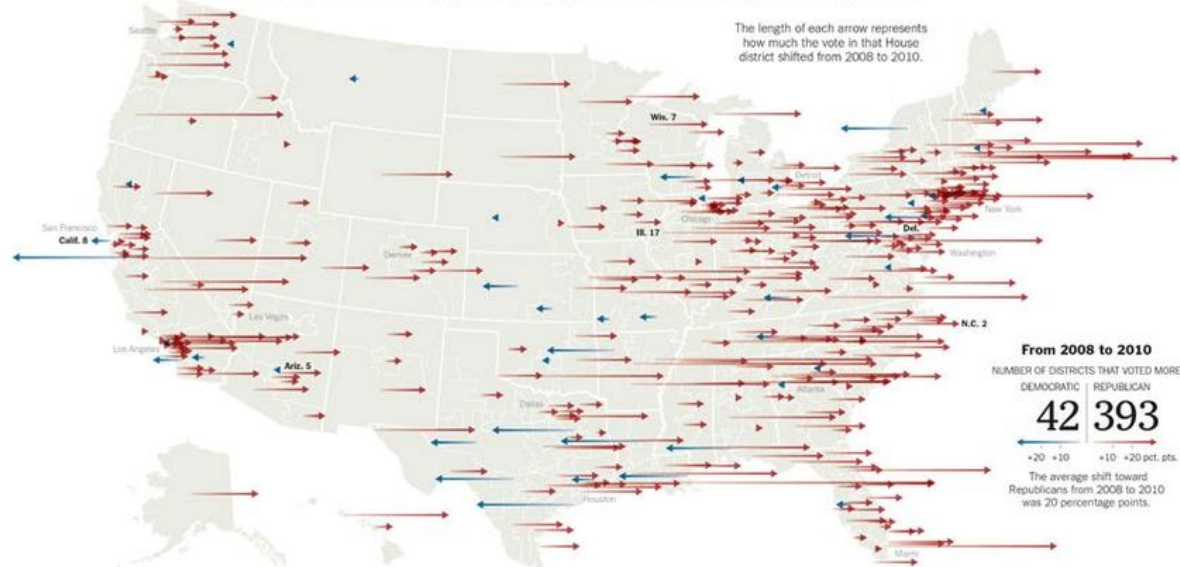
N

P1

THURSDAY, NOVEMBER 4, 2010

Districts Across the Country Shift to the Right

In a sign of discontent with the party in power, 9 of every 10 House districts voted more Republican than they did in 2008.



While Republicans increased their share of the vote in **California 8**, Nancy Pelosi's lead still increased in the absence of a strong third-party candidate.

Arizona 5 shifted right about 20 points — enough to switch the seat to Republicans. David Schweikert defeated the Democrat he lost to in 2008.

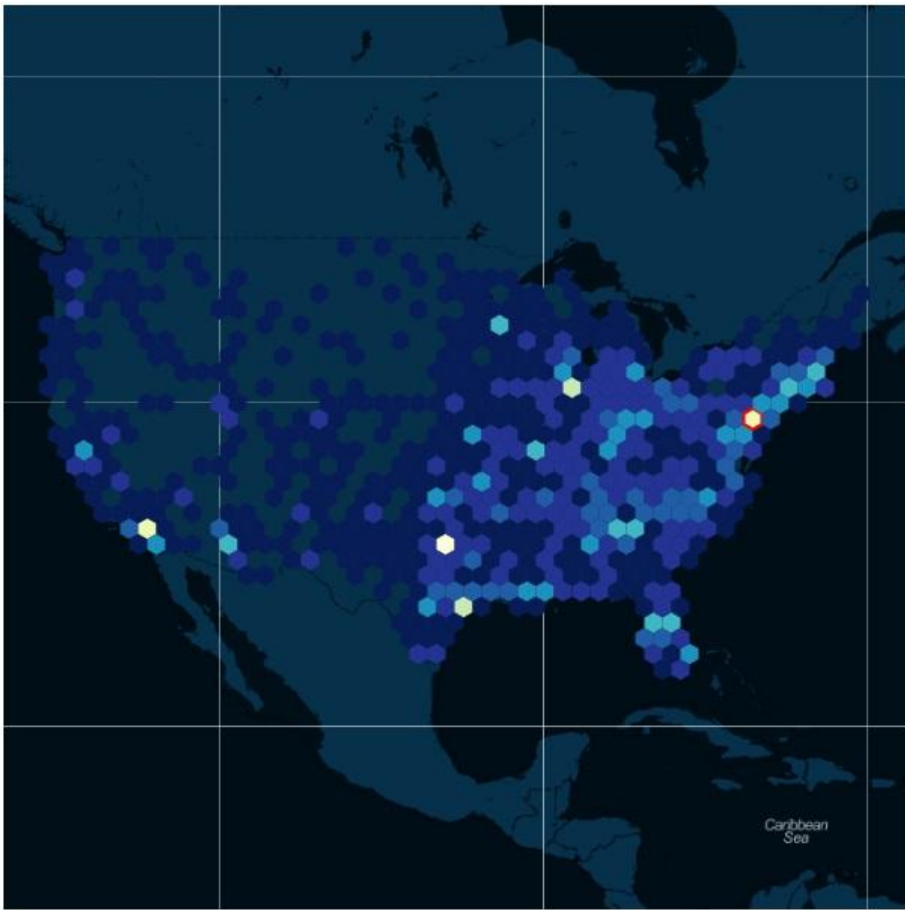
The shift in **Wisconsin 7** was about average for an open race. Here, Sean P. Duffy, a Republican district attorney, won by 8 percentage points.

One of the largest shifts was in **Illinois 17**, where Republican Bobby Schilling, a pizza business owner, beat Phil Hare, a two-term Democratic incumbent.

Only a few districts voted more Democratic. In **Delaware**, the shift helped John Carney defeat Glen Unruh for the seat held by Michael N. Castle since 1993.

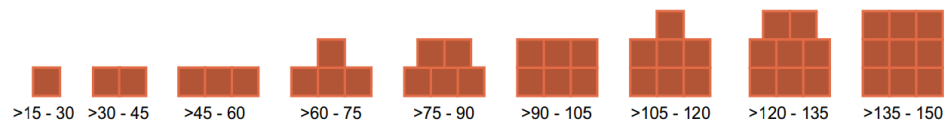
Renee Ellmers delivered one of the Republican Party's narrowest gains in **North Carolina 2**, a district that Democrats won by 36 percentage points in 2008.

六边形（蜂窝）网格



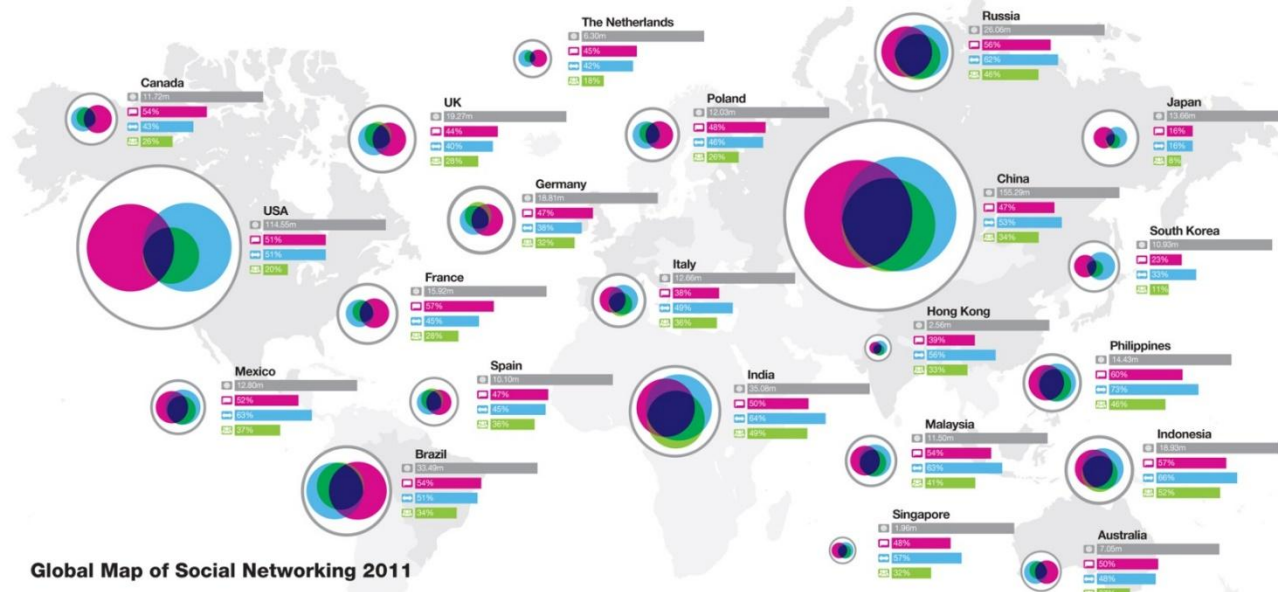
Bricks点数据

- Bricks能更好地进行数值对比
- 不能解决bricks重叠覆盖的问题



世界社交媒体

designed by rikard.andersen@gmail.com

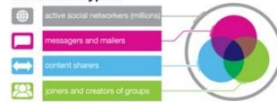


Global Map of Social Networking 2011

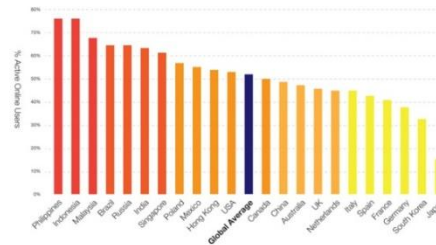
About the Map

This shows the universe size of active social networkers for each market and then segments users into three behaviour types: Messages, Groups and Content Sharers. This behavioural data is based on a number of detailed questions we conduct into the way that consumers use social networks. Because social networking is now so big and touches every aspect of our internet experience, this data is essential for the effective planning and implementation of marketing activity across social networks. This data reveals that users across the world are very different in how they utilise their network, with more focus on messaging and less on content sharing in established markets like the US and UK but more focus on content and groups in fast growing markets like Indonesia and China.

Behaviour Types:



Global Social Network Penetration

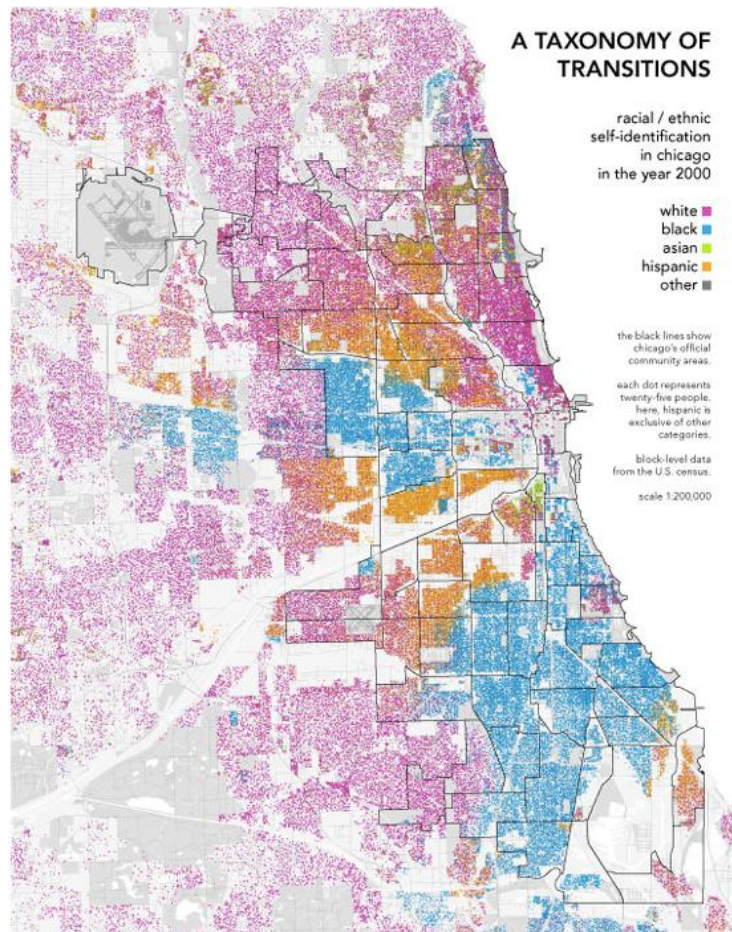


The most detailed study on the consumer adoption of the internet ever compiled.

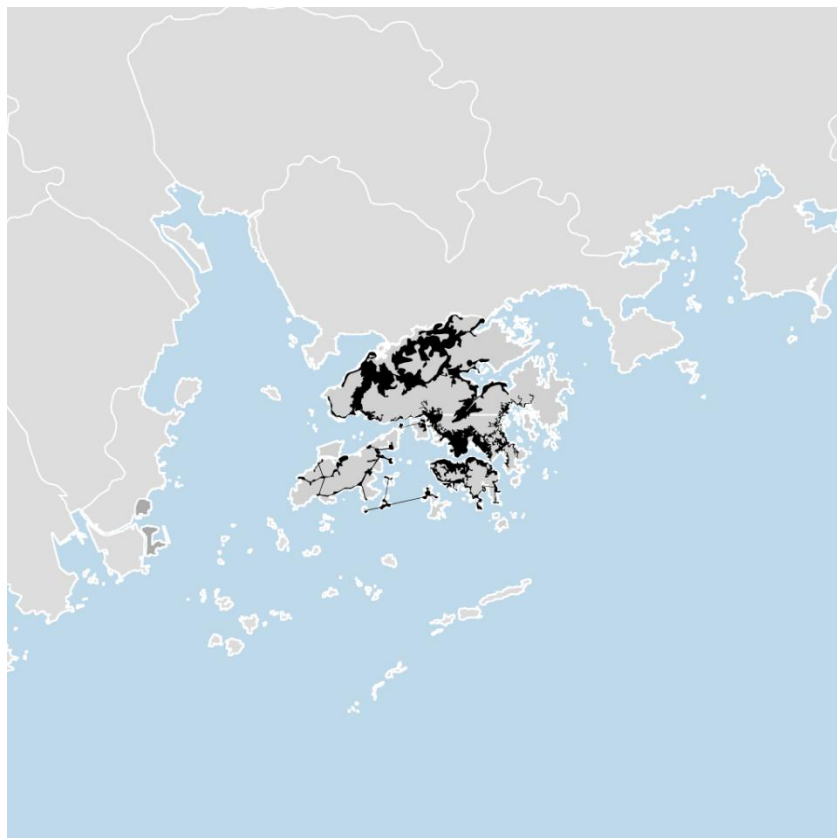
PC /// Mobile /// Tablets /// TV sets /// Gaming
100%+ surveys in year /// 3 waves a year /// 36 markets

Find out more /// www.globalwebindex.net/
mail /// globalwebindex@trendstream.net

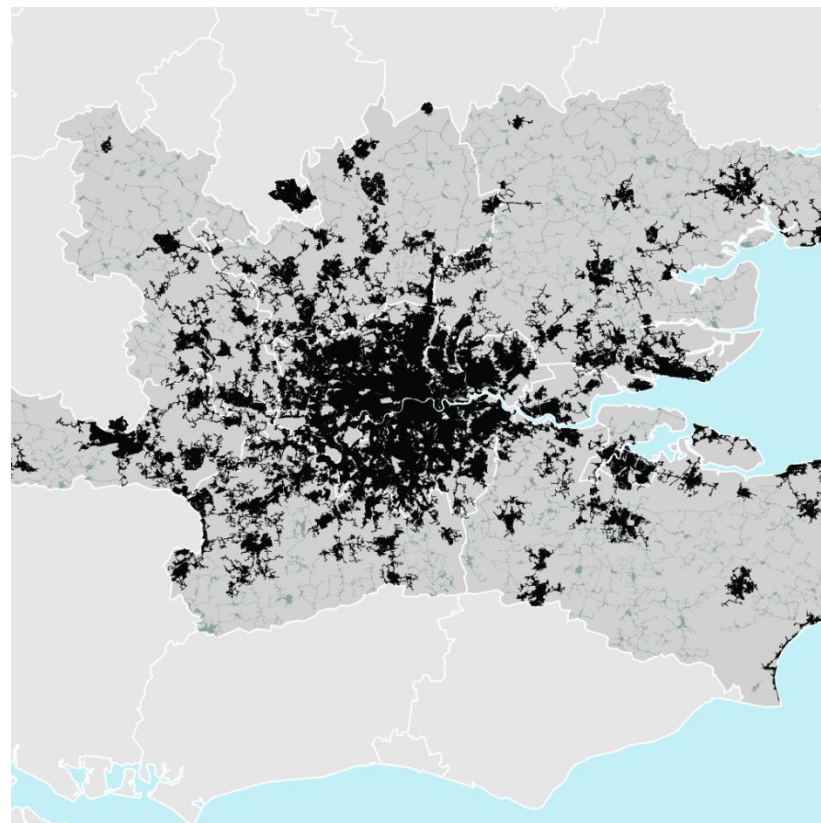
芝加哥人口与种族



人口密度图

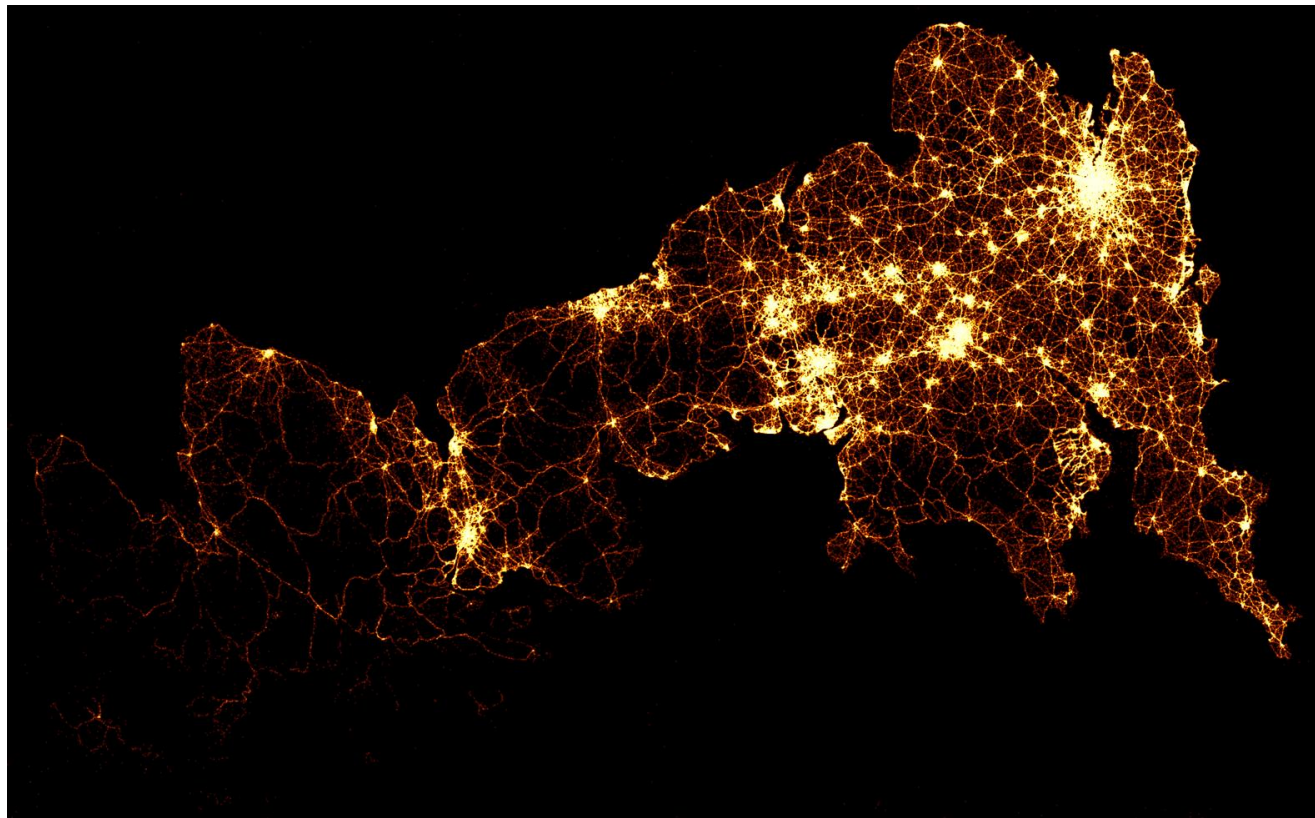


香港

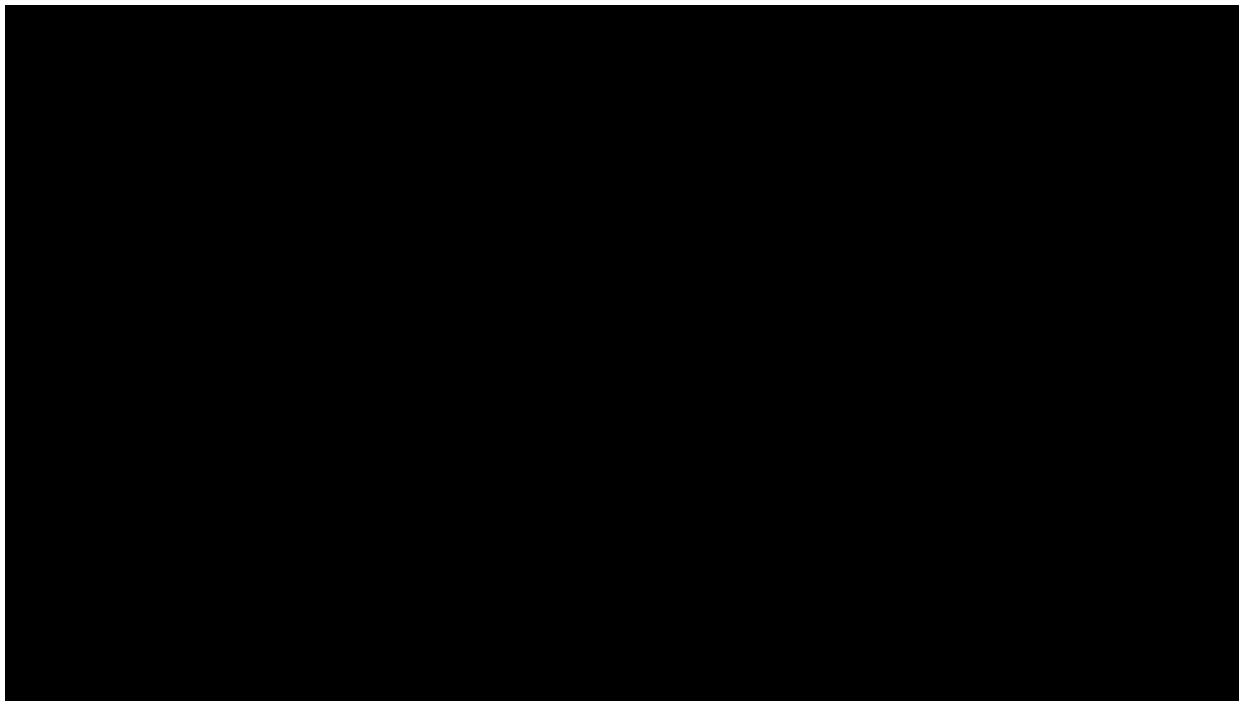


伦敦

英国的交通事故可视化



英国的交通事故可视化



线数据可视化

线数据

➤ 线数据通常指连接两个或更多地点

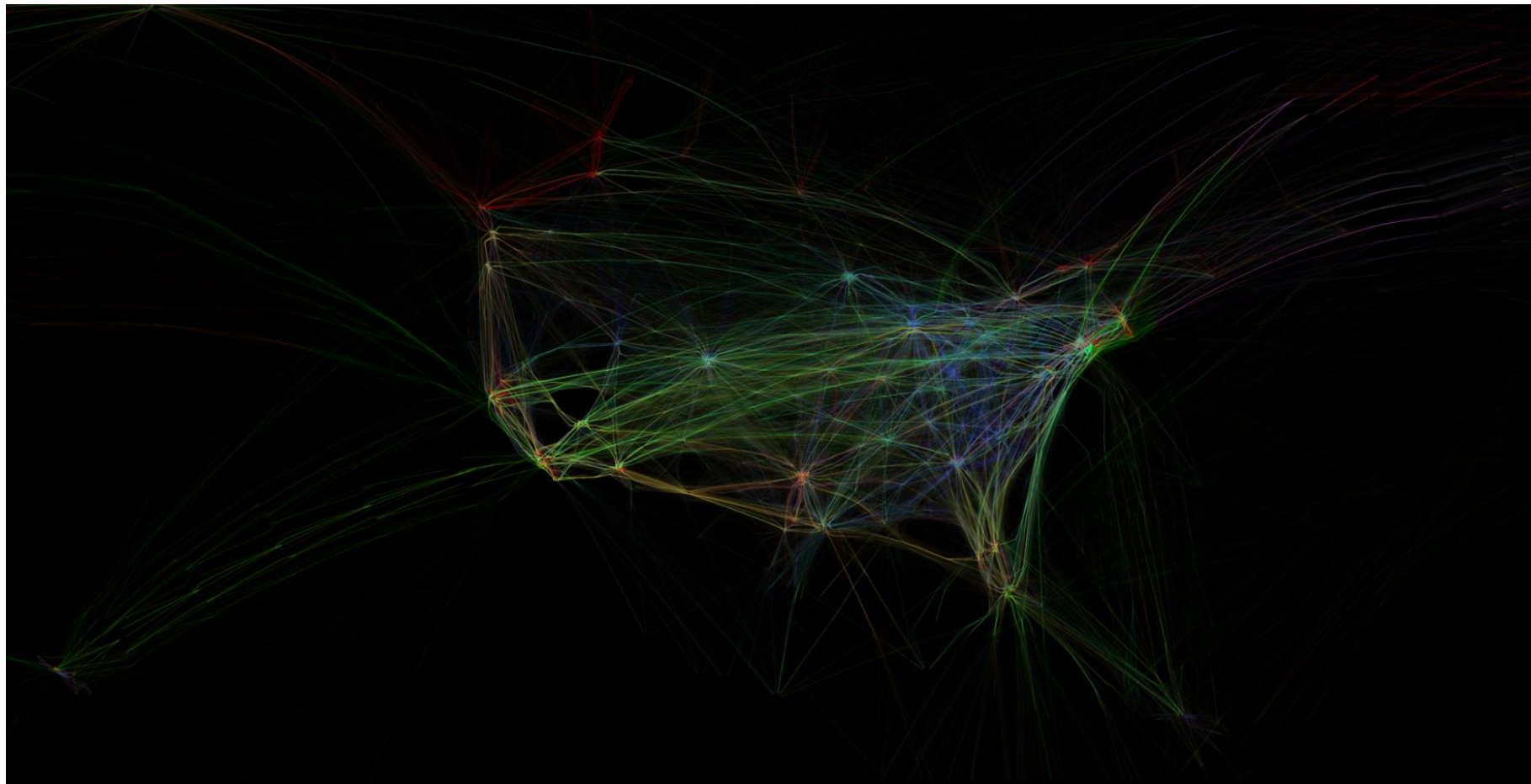
➤ 线数据

➤ 长度属性

➤ 连接关系



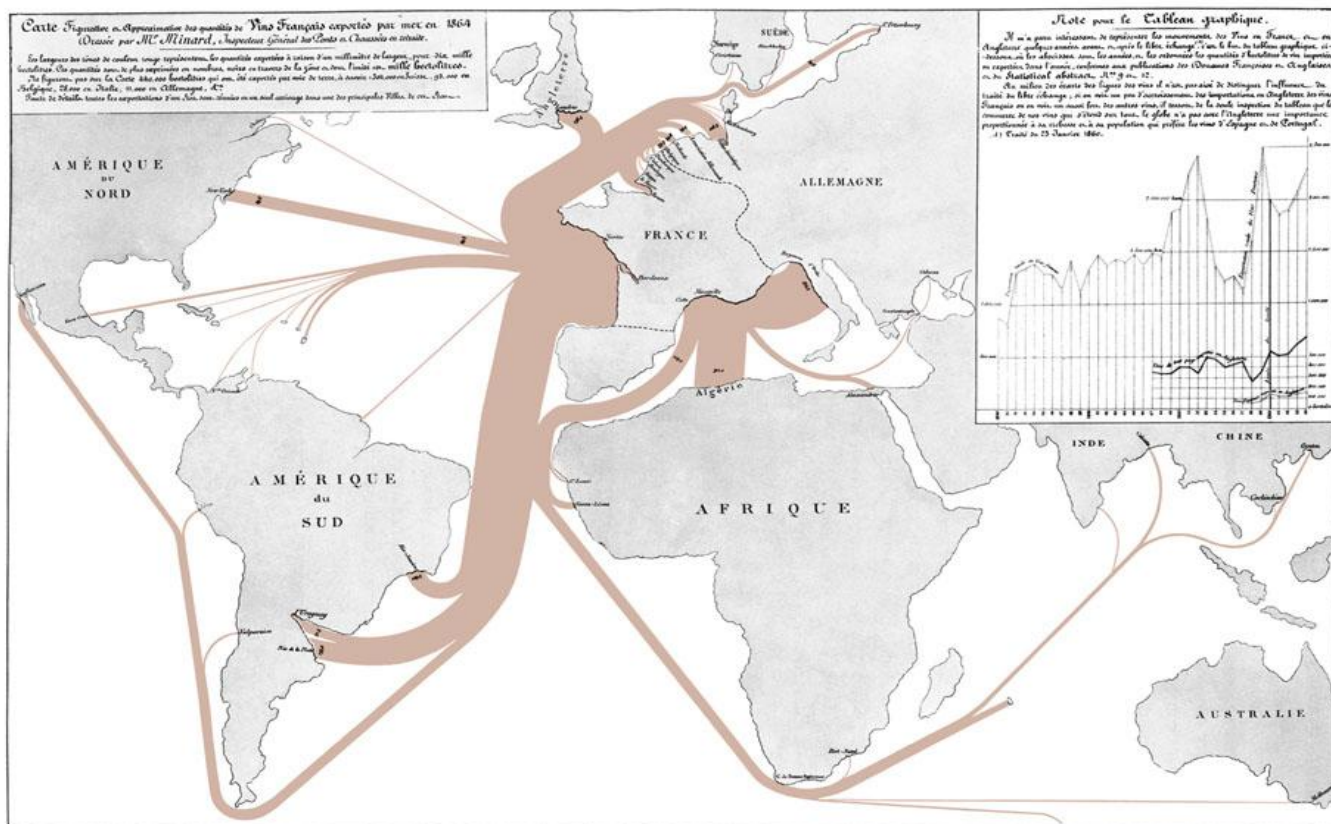
美国航线的可视化



Facebook全球用户之间的好友关系

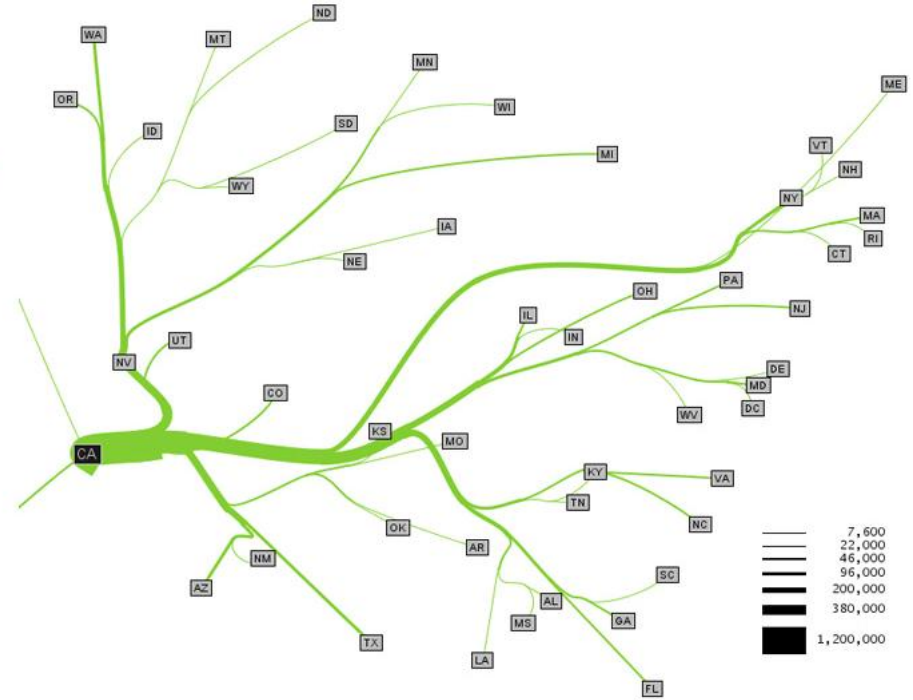


连线绑定技术



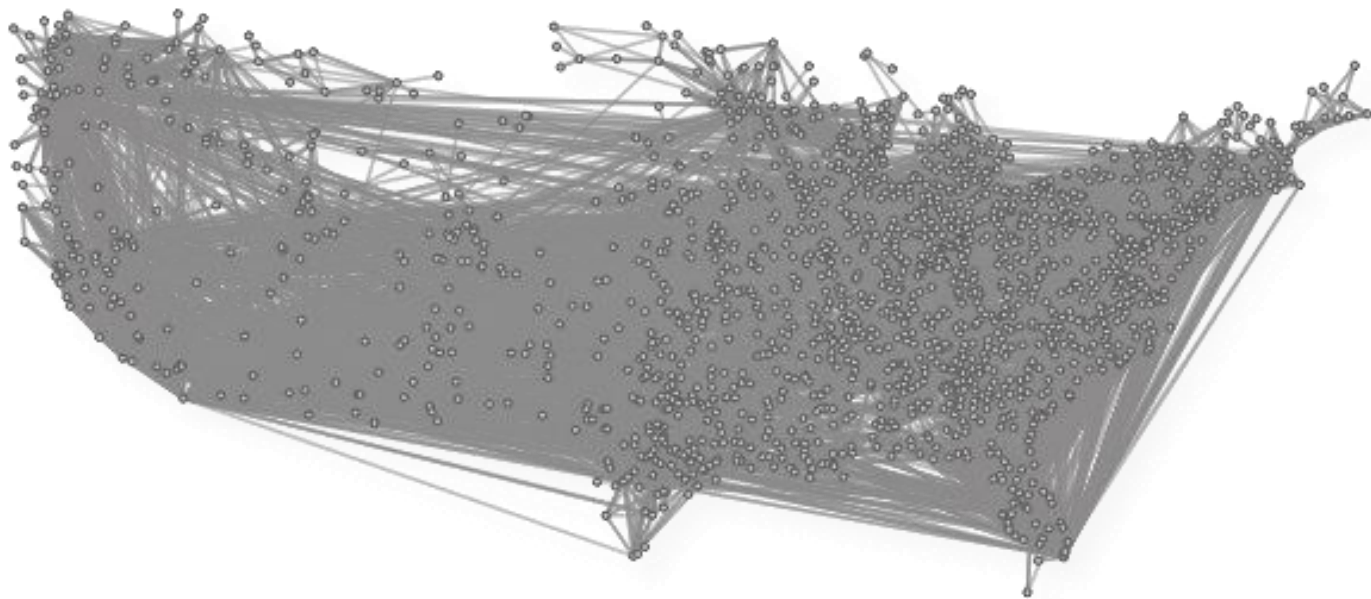
Charles Joseph Minard, *Tableaux Graphiques et Cartes Figuratives de M. Minard*, 1845-1869, a portfolio of his work held by the Bibliothèque de l'École Nationale des Ponts et Chaussées, Paris.

FlowMap



问题

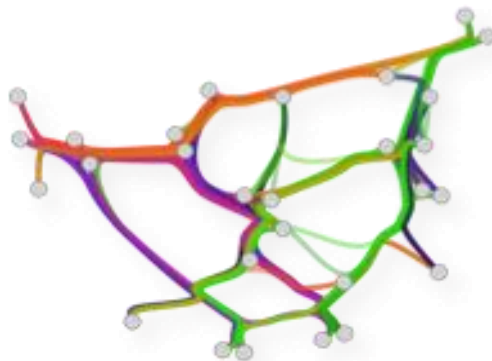
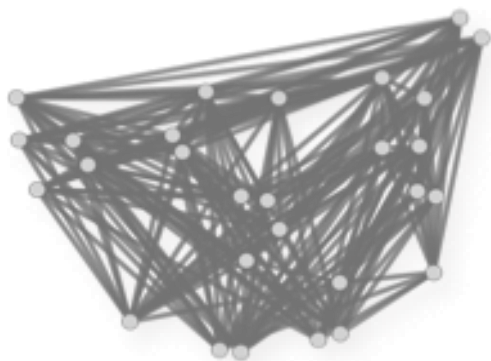
- 如何针对一般的流动图生成捆绑效果图？



现实生活的启发

➤ 公路图的优点

- 直线→分段线段
- 高速路，国道，省道
- 大家都熟悉



道路 v.s. 线捆绑

➤ 如何安排控制点和捆绑线？

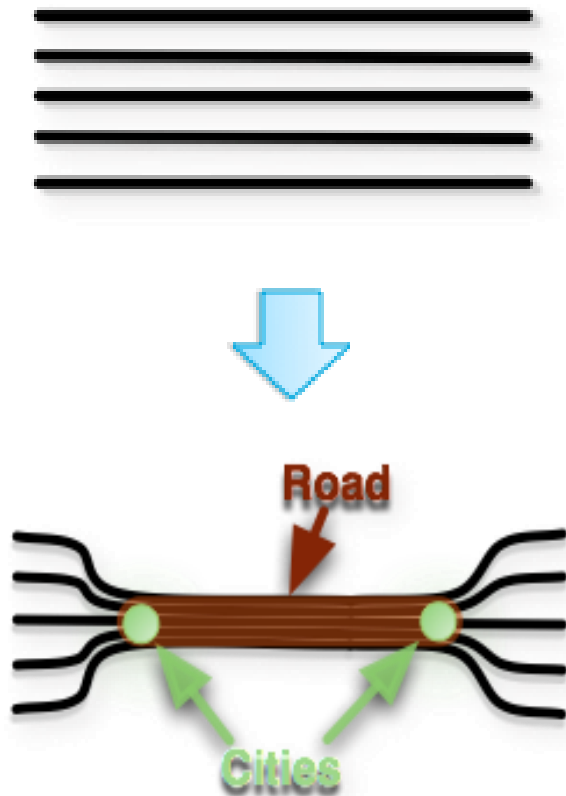
➤ 线密度 ↔ 交通密度

➤ 线主方向 ↔ 高速主干道

➤ 零散的线 ↔ 国道，省道

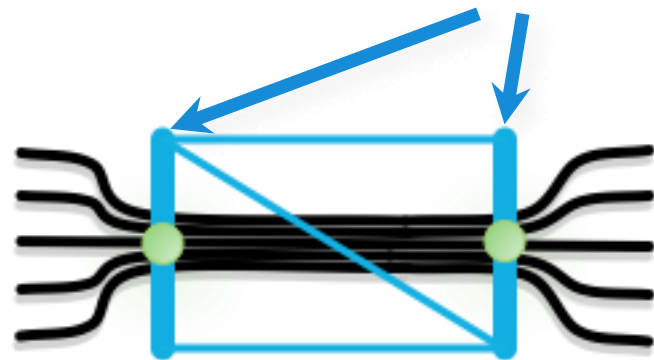
➤ 如何构建“交通网络图”？

➤ 如何引导连接线到道路上？



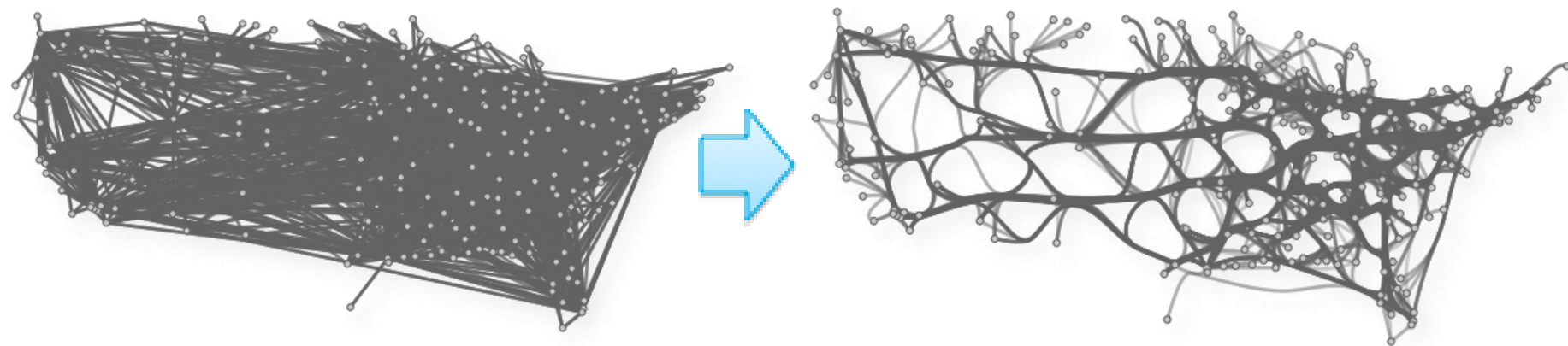
基本思路

- 构建网格→反映图的连接关系
 - 控制点→网格的边
 - 安排路径→寻找一系列控制点



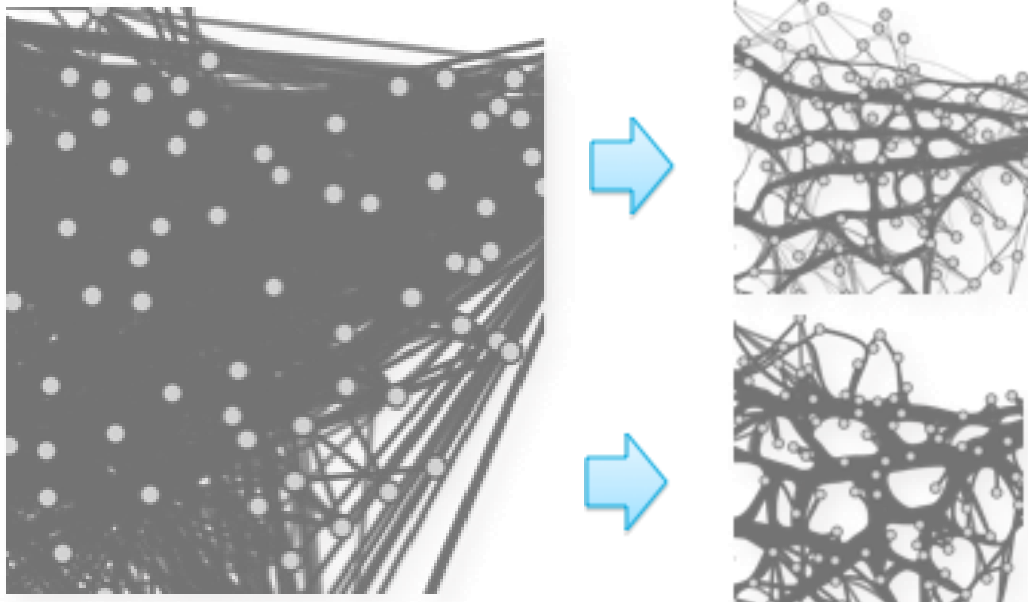
实际例子1

➤ 西北航空（美国国内航线）



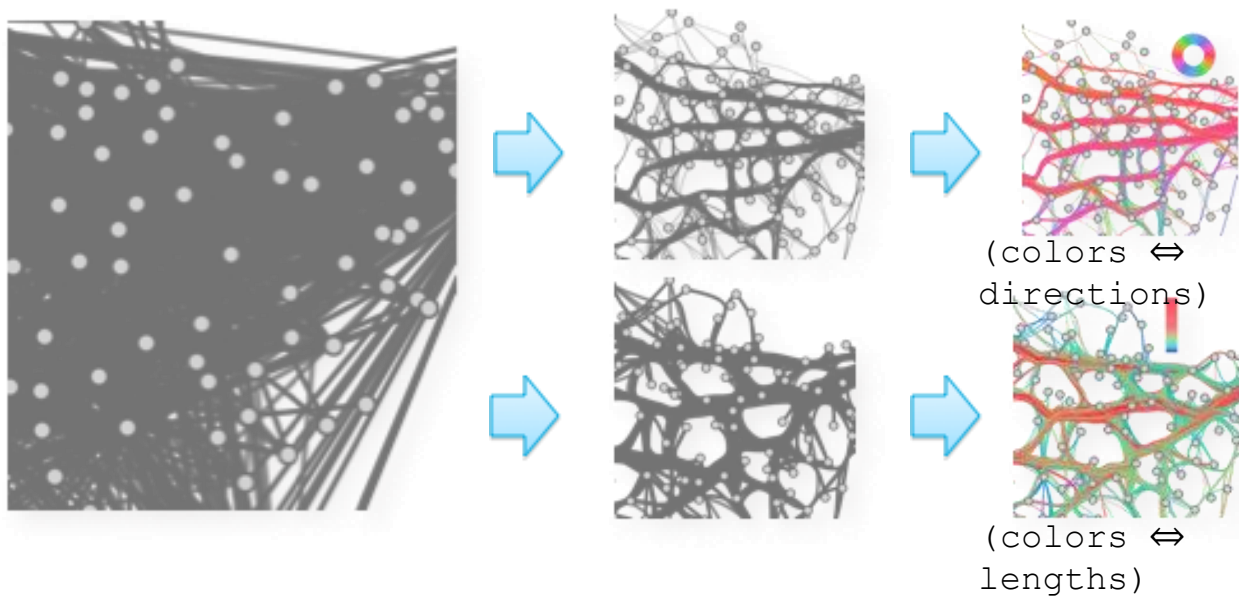
实际例子1

➤ 西北航空（美国国内航线）



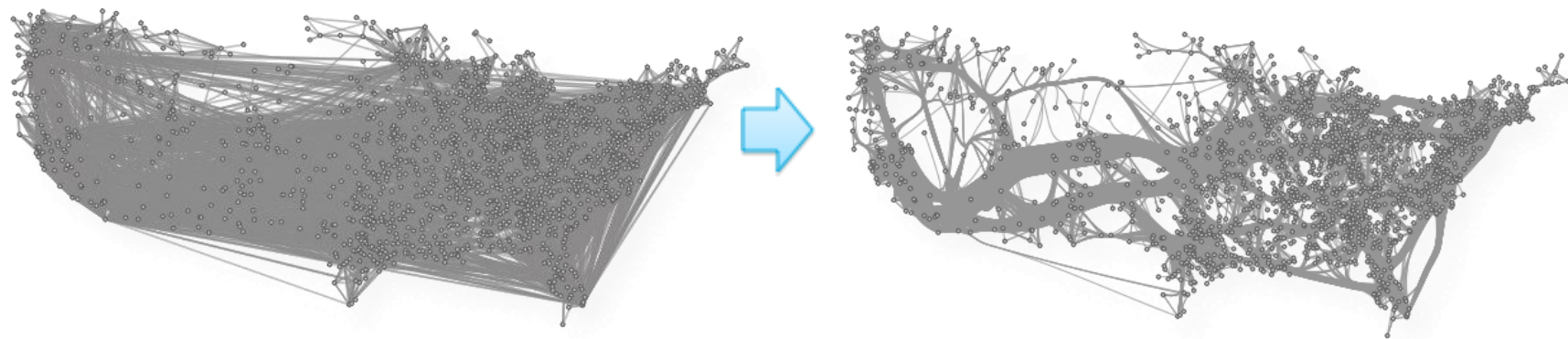
实际例子1

➤ 西北航空（美国国内航线）

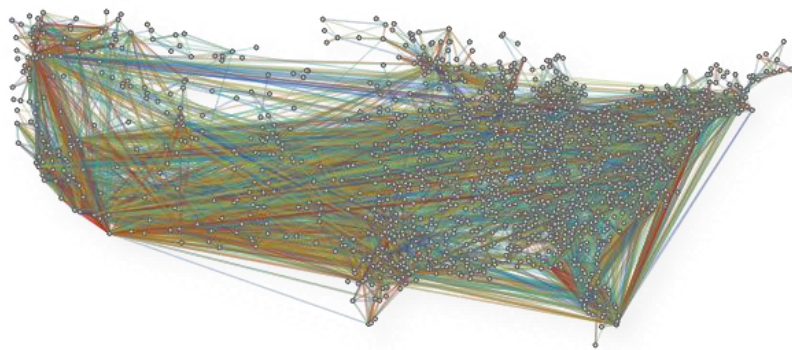


实际例子2

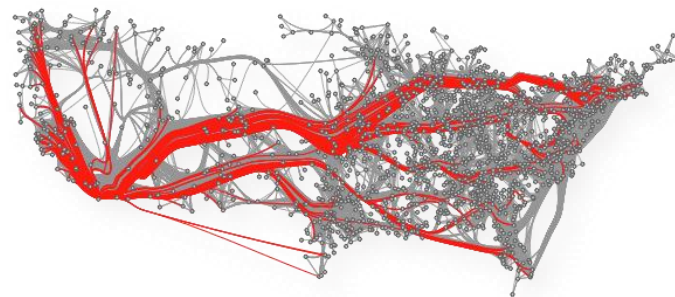
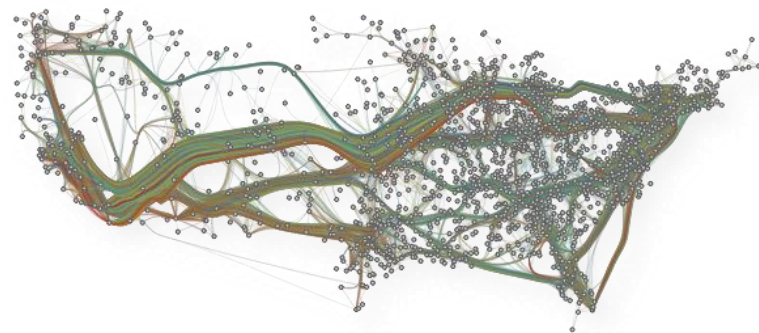
➤ 美国人口移动数据



实际例子2



颜色↔人口移动总量



区域数据可视化

等值线图

➤ 又称轮廓线图

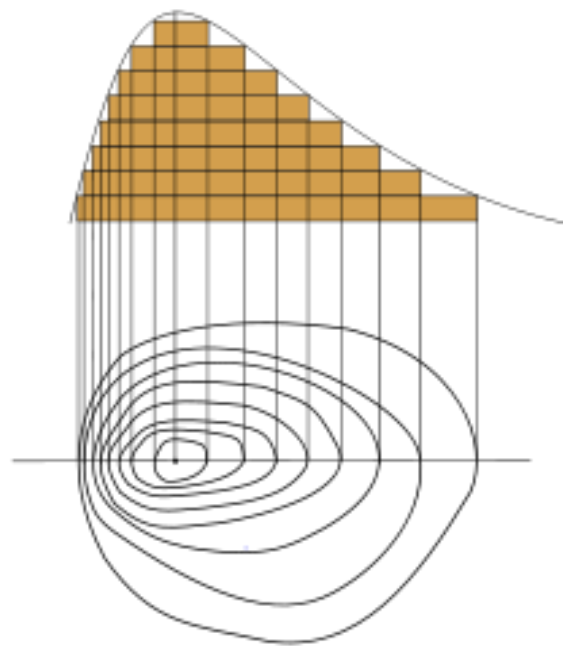
➤ 计算方法

➤ 等值线抽取

➤ 真实数据的采样

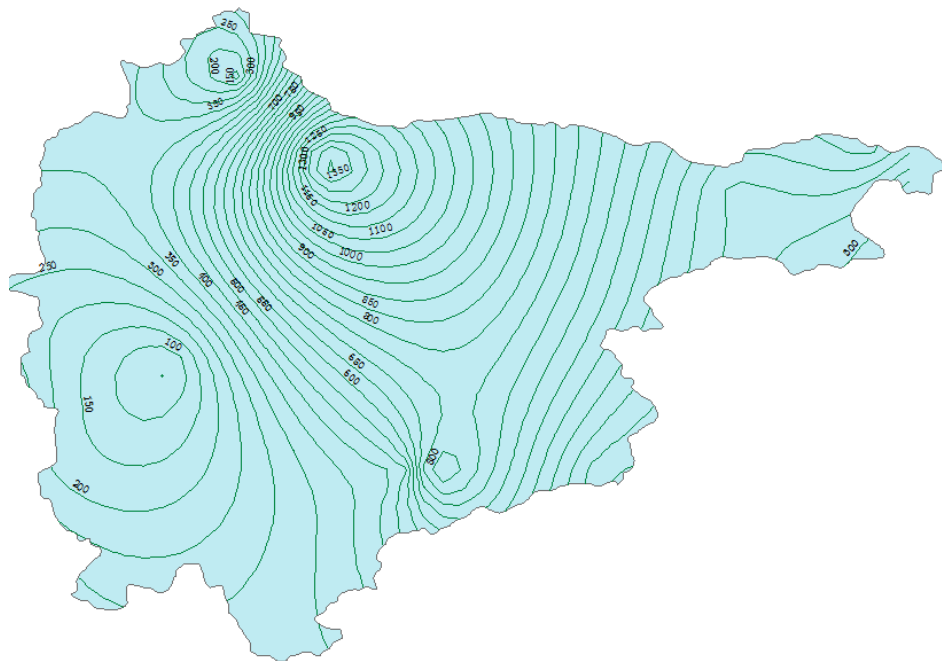
➤ 距离场计算

➤ 所属区域中心的距离



等值线图

► 等高线图

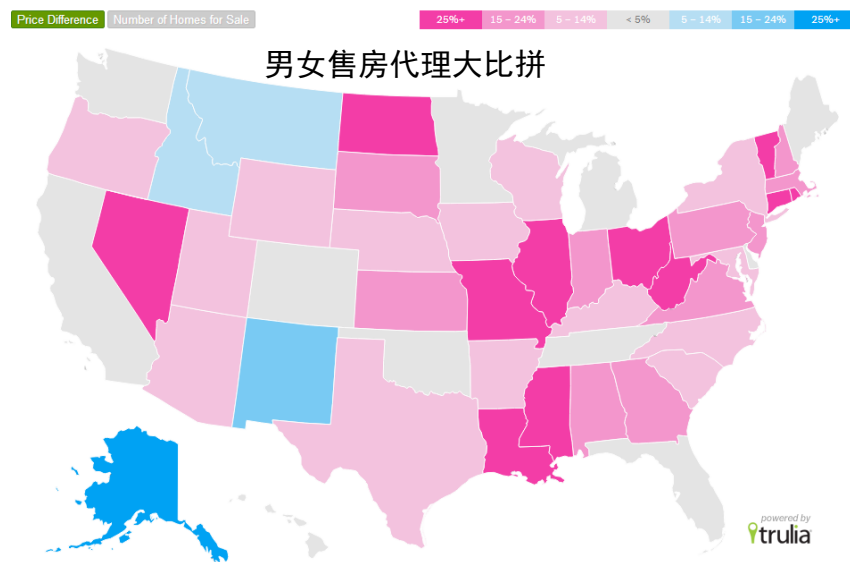


用surfer 与Arcgis生成的等高线图

<http://www.map2shp.cn/Z-Blog18/post/50.html>

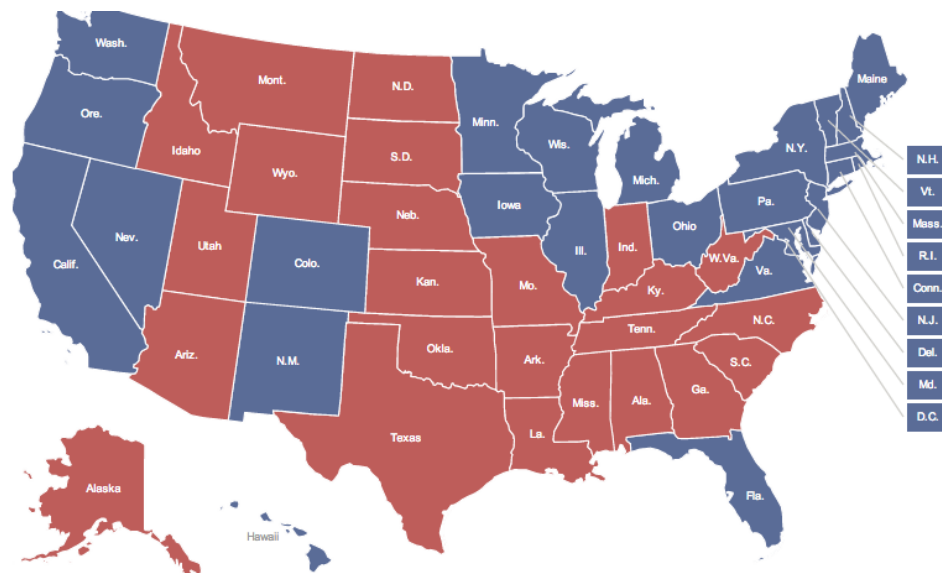
Choropleth 地图

- Choropleth地图（等值区间地图）可视化假设数据的属性在一个区域内部平均分布，因此一个区域用同一种颜色来表示其属性



颜色的选择

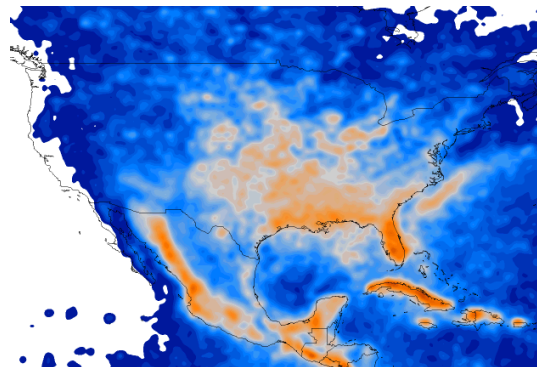
► 无序的数据：区分度大的颜色



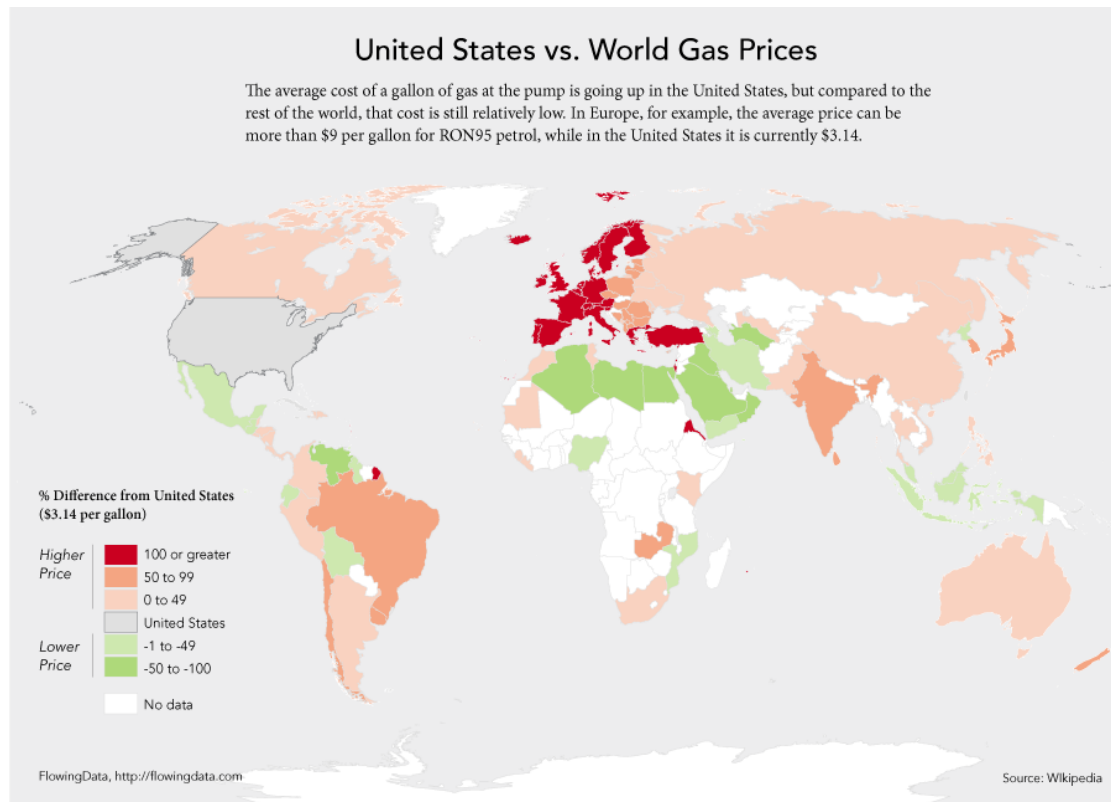
颜色的选择

➤ 可比较的数据

- 相同的颜色，不同的亮度，色调
- 连续变化的颜色

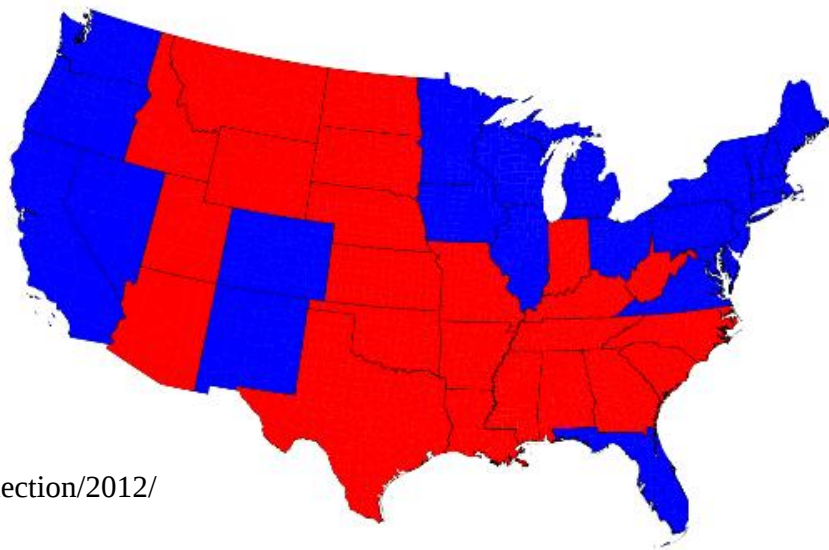


世界油价水平



Choropleth 地图的误导

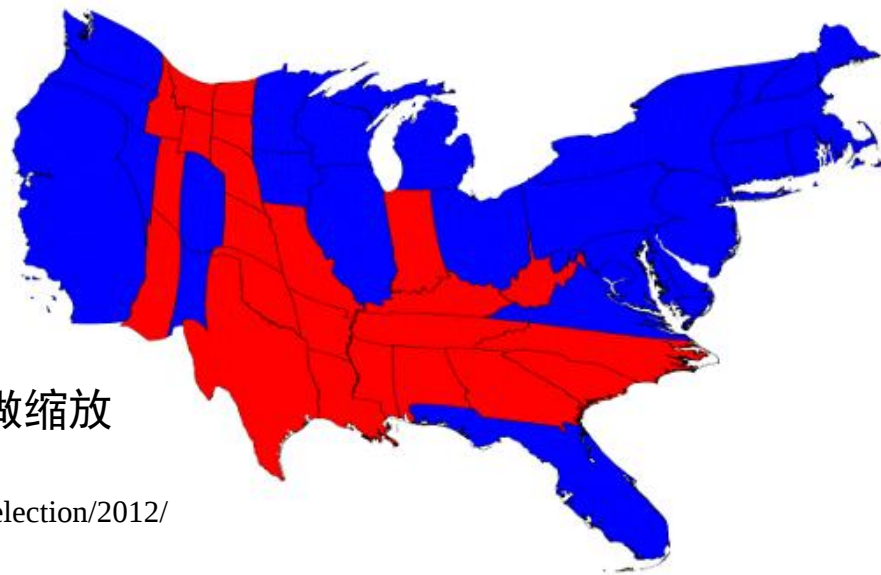
- Choropleth地图最大的问题在于数据分布和地理区域大小的不对称
 - 大量数据集中于人口密集的区域，而人口稀疏的地区却占有了大多数的屏幕空间，用大量屏幕空间来表示小部分数据的做法对空间的利用非常不经济
 - 这种不对称还常常会造成用户对数据理解的错误



<http://www-personal.umich.edu/~mejn/election/2012/>

什么是重要的？

- 保证用户的思维连贯性
 - 相似的形状，被描绘面积的邻接关系



地图上的每个州根据人口做缩放

<http://www-personal.umich.edu/~mejn/election/2012/>

Cartogram地图

- Cartogram图（比较统计图）按照地理区域的属性值对各个区域进行适当的变形，以此克服Choropleth地图对空间展示的不合理性

“Space as an indispensable graphic variable with a large influence on what the user of a map sees” [MacEachren]

Cartogram的区域缩放算法

➤ 输入

- 平面多边形网格和每个区域对应的数值

➤ 目标

- 使变形后每个网格多边形的面积和数值成正比
- 最小化形状误差和面积误差的空间优化问题

➤ CartoDraw方法

- 采样扫描线算法逐渐调整多边形的顶点位置，允许交互控制形变，最小化两个误差

D. A. Keim, S. C. North, and C. Panse. Medial-Axis-based Cartograms. IEEE Computer Graphics and Applications. 25(3), 2005:60–68

**Worldmapper**
www.worldmapper.org

The world as you've never seen it before

Search for a map:

[Home](#) [Map Categories](#) [Thumbnail Index](#) [A-Z Map Index](#) [About Worldmapper](#) [Help](#)

Worldmapper is a collection of world maps, where territories are re-sized on each map according to the subject of interest. There are now nearly 700 maps. Maps 1-366 are also available as PDF posters. Use the menu above to find a map of interest. In 2009 we added a series of maps of the world's population using a gridded cartogram approach: [Worldmapper Population Atlas](#). If you are interested in more background on map projections, read the short introductions about [Worldmapper and map projections](#) and [gridded cartograms as a map projection](#).

Find out more about the world's population in a new interactive map feature and our gridded country cartogram series:



The World Population Atlas

www.worldpopulationatlas.org

Reference maps ...



Total Population



Land Area



Labelled Map



World Population Atlas:
Gridded Country Cartograms

Animations ...



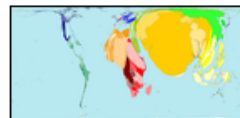
Land Area to Population



Income (Large file)



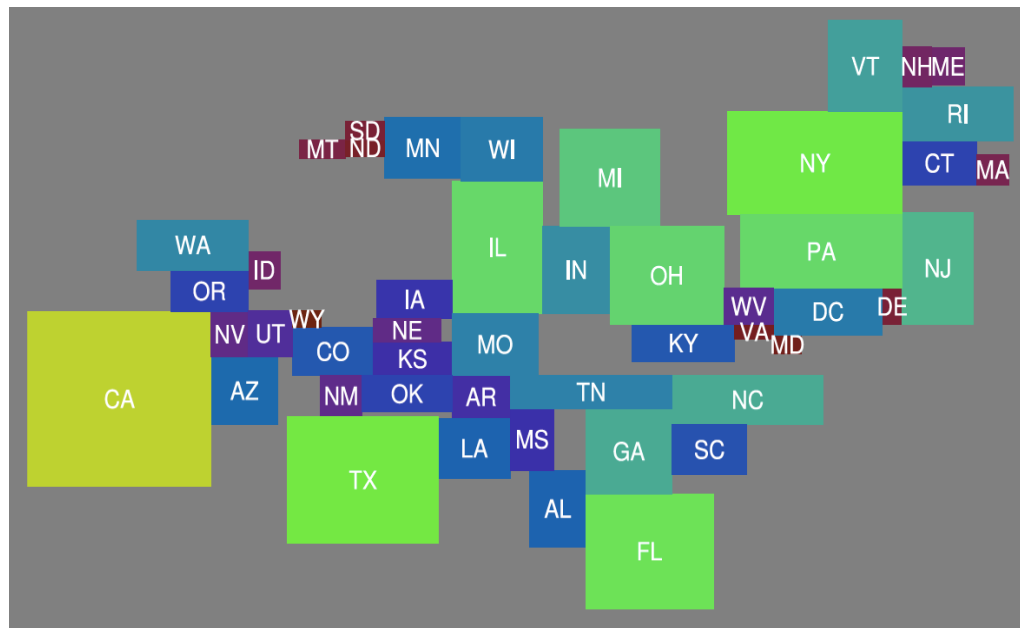
Internet Users 2000-7



Age-of-death (Large file)

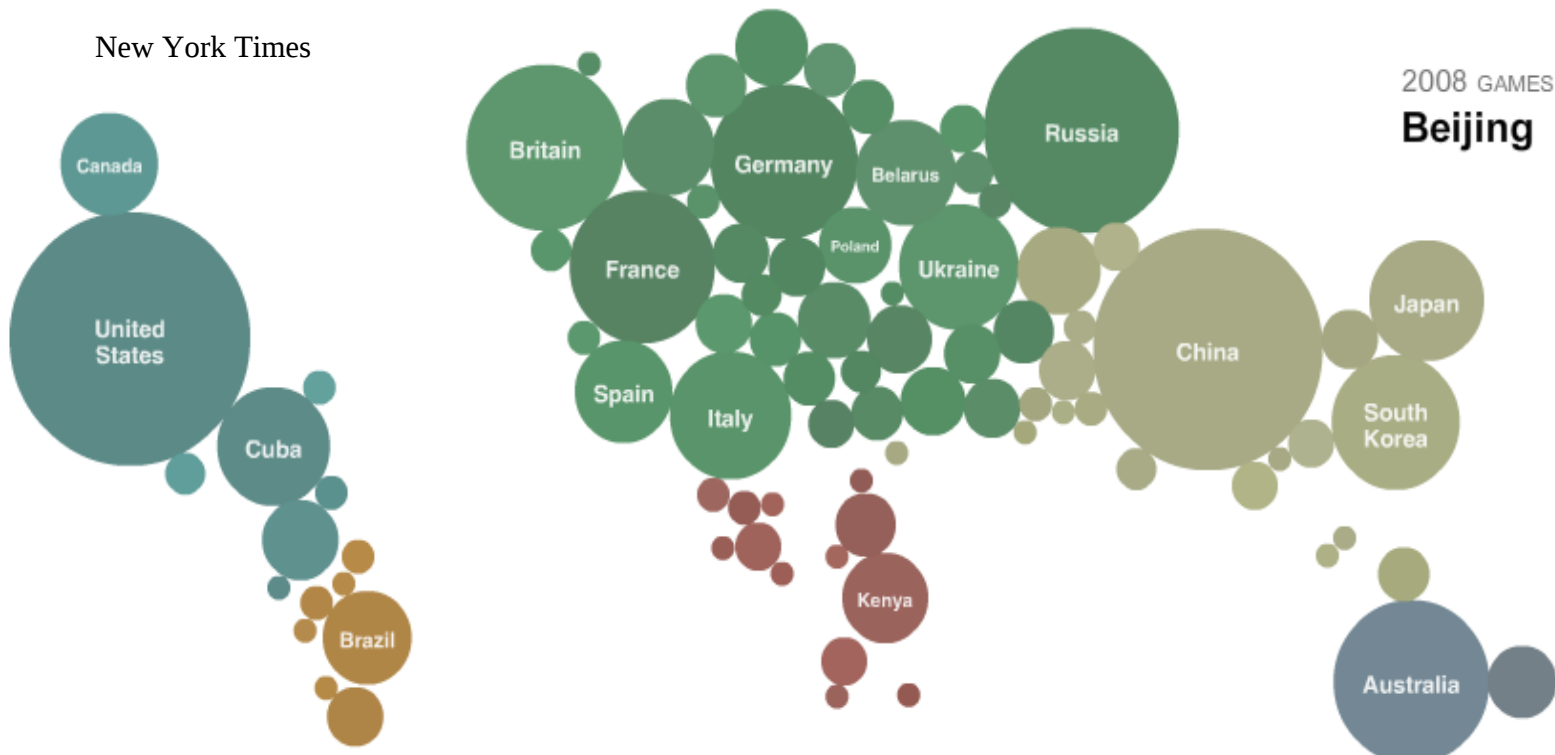
Cartogram的矩形地图算法

- 标准几何图形更容易判断区域面积大小
- RecMap
- 识别问题



Heilmann R, Keim D A, Panse C, et al. Recmap: Rectangular map approximations. INFOVIS 2004.

北京奥运会奖牌排名可视化

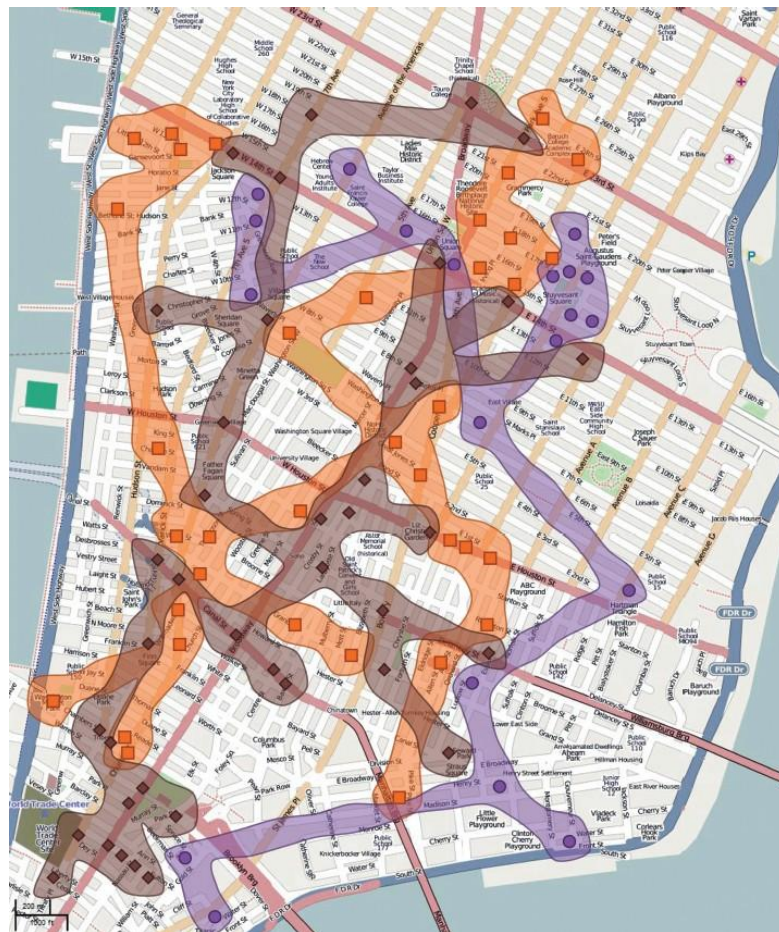


http://www.nytimes.com/interactive/2008/08/04/sports/olympics/20080804_MEDALCOUNT_MAP.html

多元关系地图

- 为了显示地理空间不同位置上的区域属性直接的多元关系，可以采用连线、集合等方法表达。
 - 城市的住宅区属于同一类物业
 - 城市的绿地则属于公共区域。

气泡集



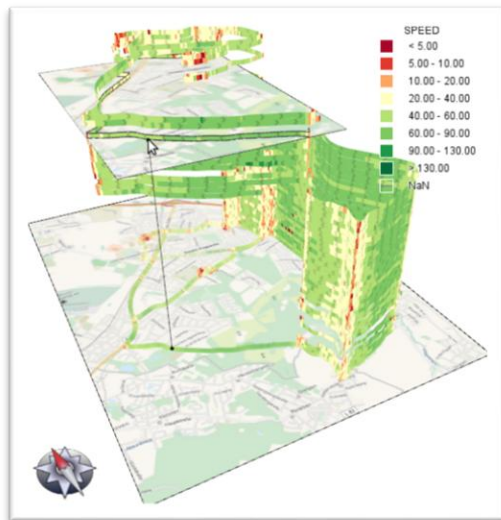
线集



三维地图可视化

三维可视化在地理数据中

➤ 两种使用方式：



崭新的应用

- 旅游线路规划
- 移动导航
- 移动广告
- 市政规划
- 交通模拟

三维可视化的用法

➤ 导航



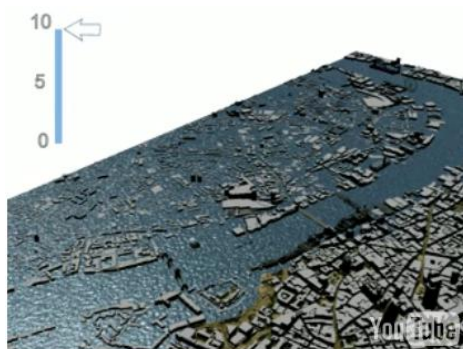
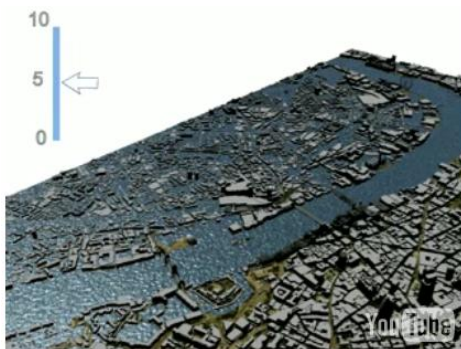
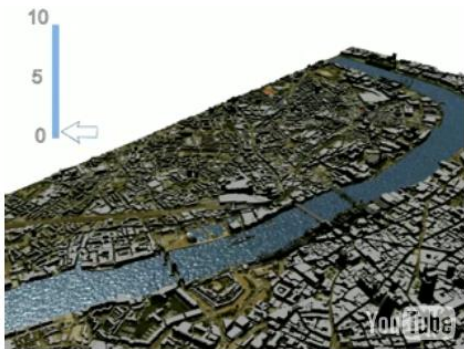
三维可视化的用法

► 城市的规划



三维可视化的用法

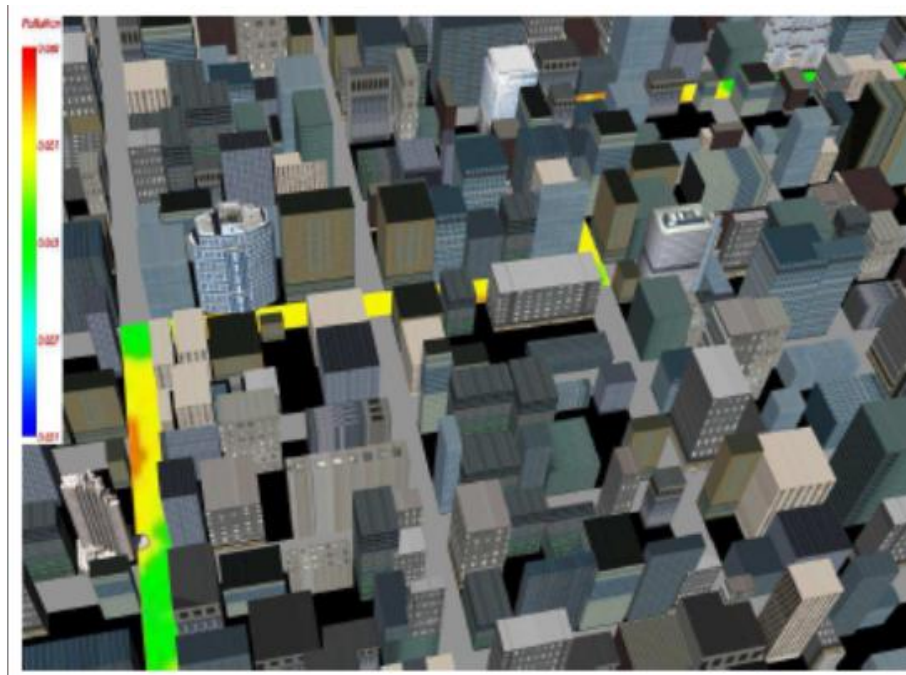
► 城市的模拟



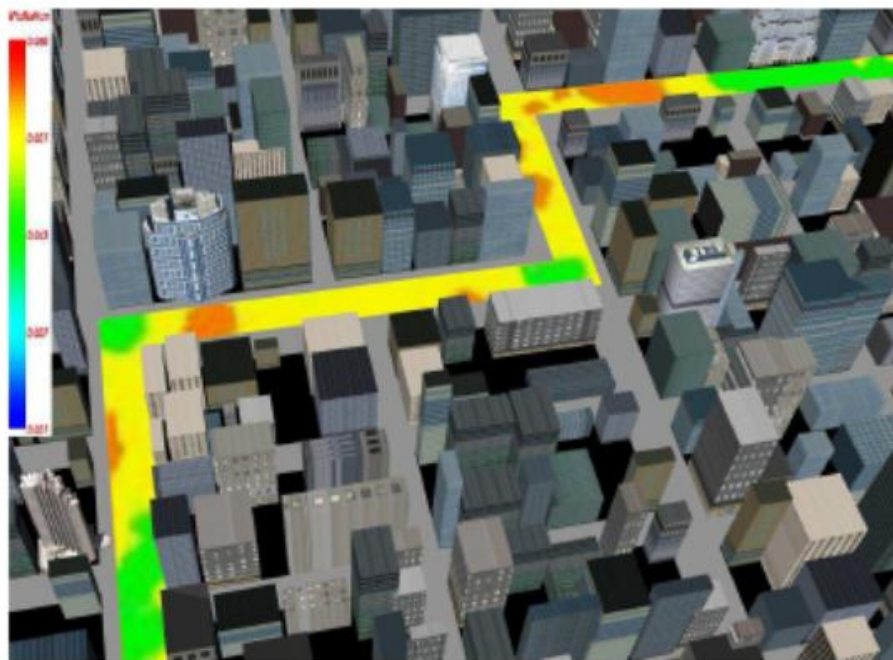
三维可视化的问题

- 和传统的地图思想相左
 - 传统，抽象的描绘↔逼真，虚拟的环境
- 可能带来视觉干扰
 - 和具体应用紧密相关
- 视觉遮挡，错觉
 - 距离更难估计，遮挡隐藏物体

道路被建筑物严重遮挡

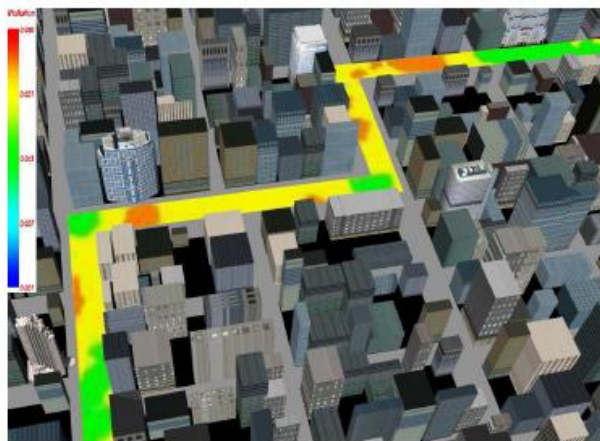
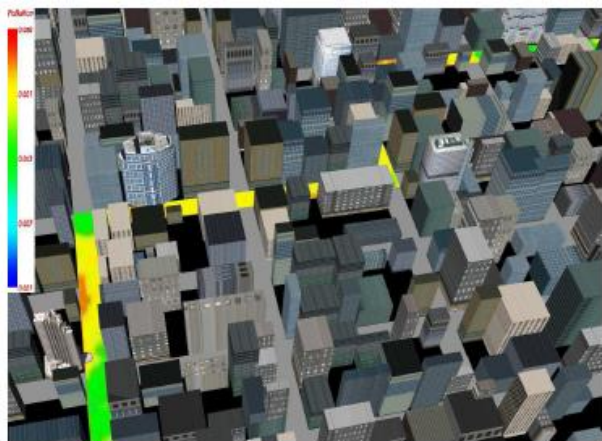


理想的结果



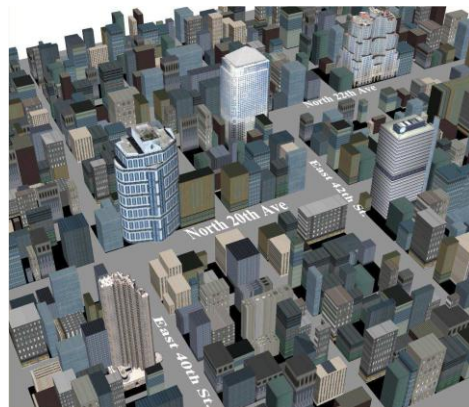
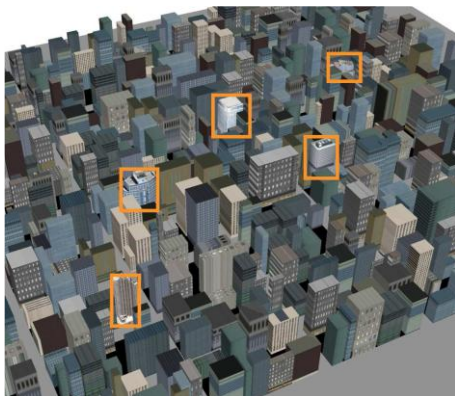
比较一下

- 给予道路更多的显示空间
- 周围的细节都保留（转弯，标志建筑物等）



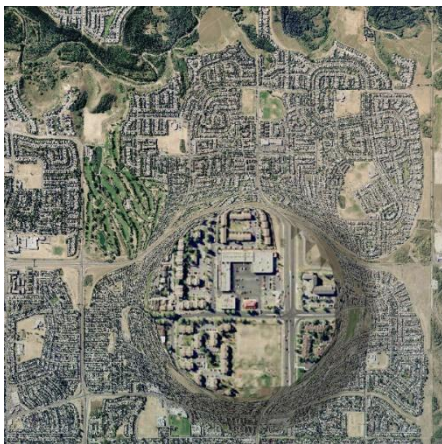
基本思想

- 扩充关键道路的宽度
- 放大标志性建筑物的体积



如何做到的

- 引入Focus+Context的概念
 - 普通的F+C的技术并不适用



时间相关属性

和时间相关的三种现象

- 存在性变化

- 特定特征的出现或消失

- 地理属性变化

- 地点，形状，大小变化

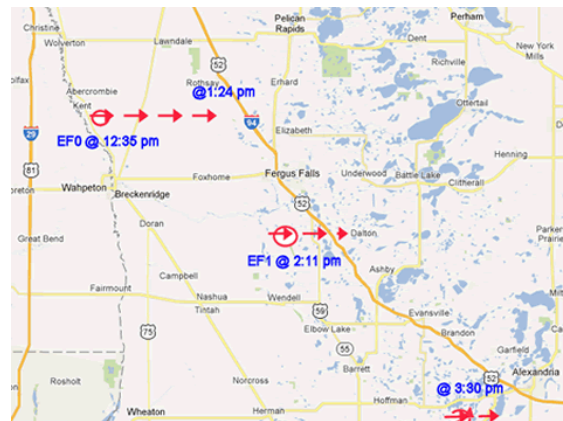
- 主题属性变化

- 定量的或定性的特定属性变化

存在性变化



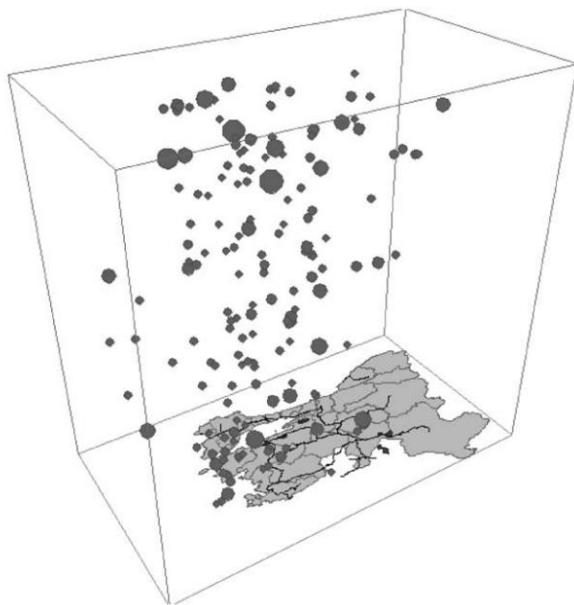
特定时间点



使用文字标记

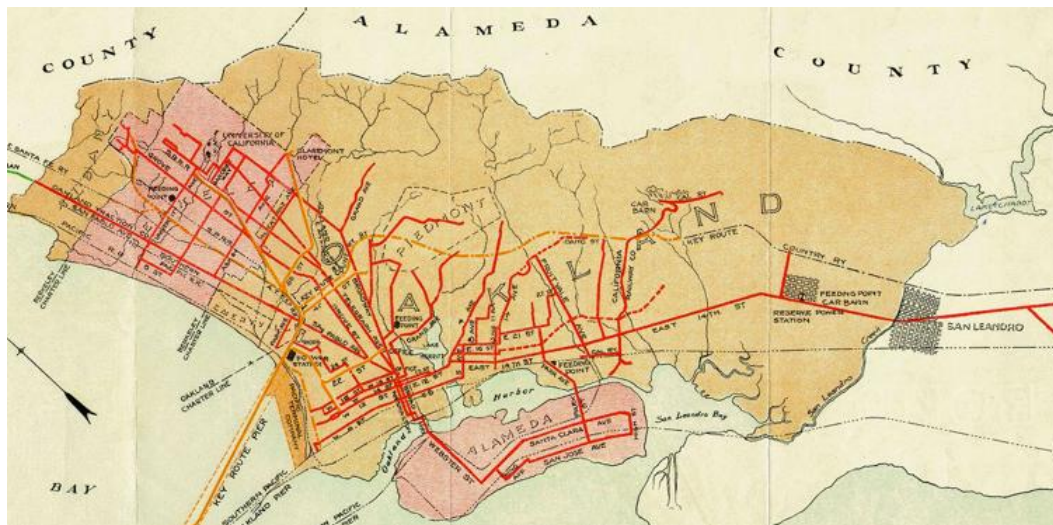
存在性变化

➤ 扩展三维



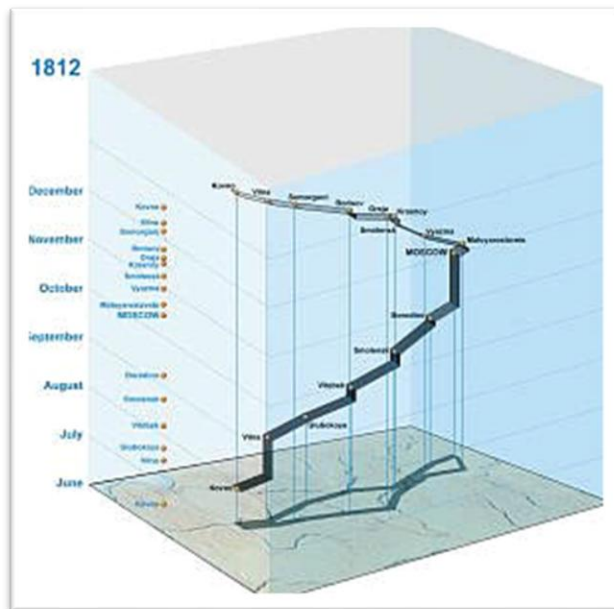
地理属性变化

- 运动轨迹：在二维地图上可以显示少数轨迹
 - 速度？相遇？



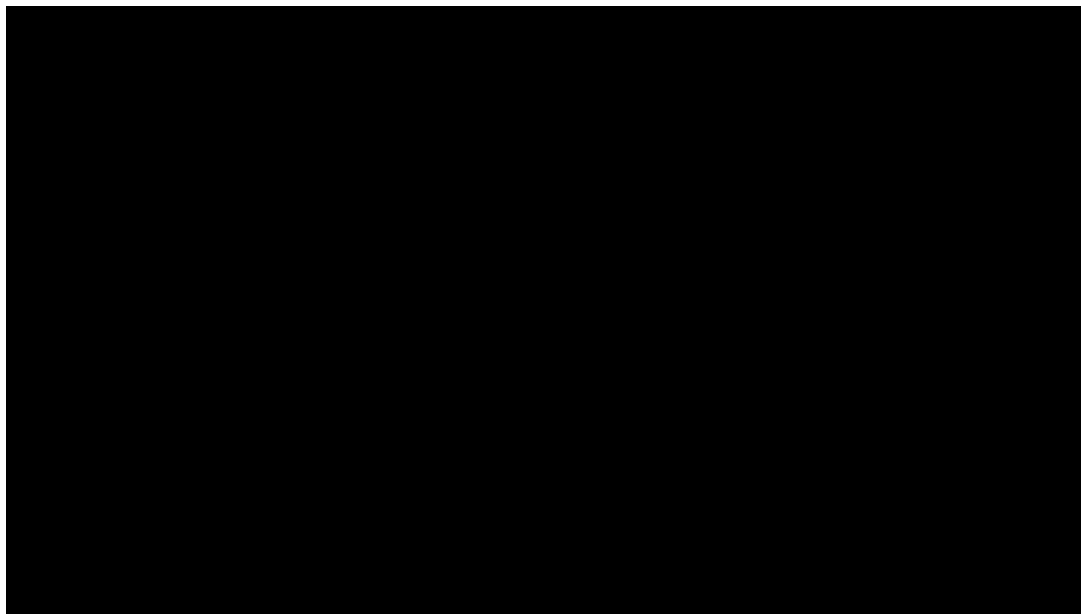
地理属性变化

► 扩展第三维



地理属性变化

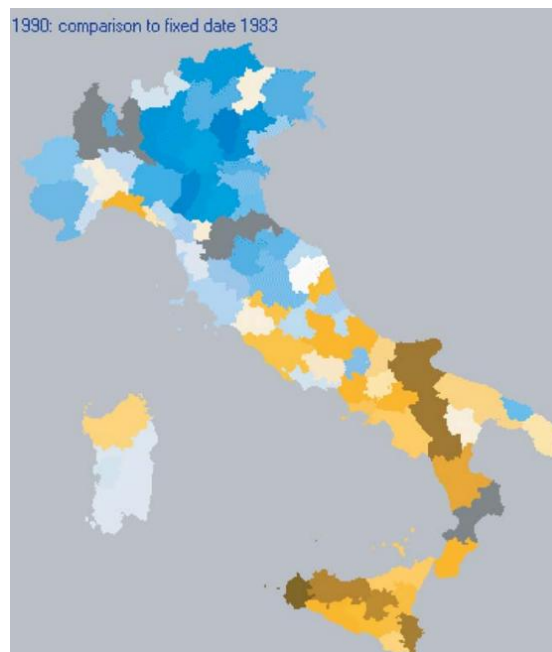
- 使用动画[Andrienko et al. 1999]



Trains in Time

主题属性变化

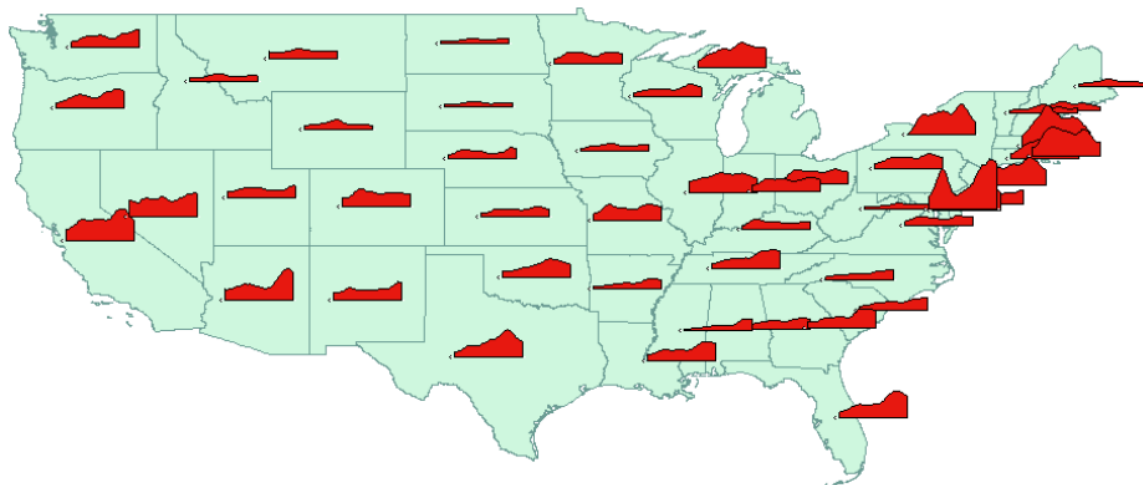
- Change map
 - 缺少绝对数字



1983年和1990年意大利失业率的变化

主题属性变化

► 混合视图

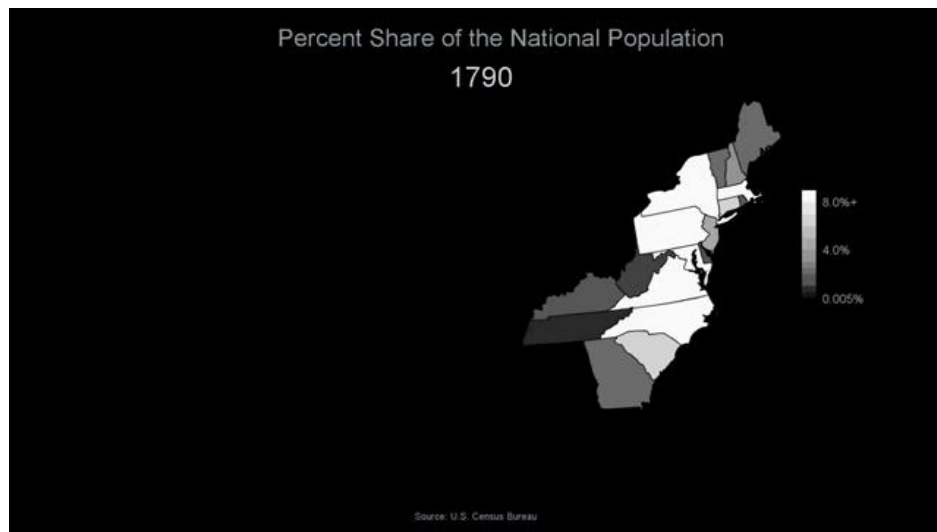


美国抢劫率时间地理分布图

主题属性变化

➤ 动画比较统计图

➤ 很难发现特定区域的变化，比较不同区域



动画的陷阱

- 用空间表示空间，用时间表示时间
 - 习惯问题
 - 变化失明（change blindness）
 - 中心凹视力和边缘视力
 - 快慢变化率
 - 多点变化

习惯问题

- For thousands of years cartographers have been perfecting the representation of dynamic spatio-temporal phenomena with static, spatial representations in the form of two-dimensional maps.[Bertin, 1983]
- Historically cartographers actively avoided dealing with time by mapping most static things with static maps, thereby shifting the burden of dealing with the temporal phenomena to the map user. [Langran 1992]

变化失明 (change blindness)

- Individuals fail to notice change that occurs in a visual stimulus. [Simons and Rensink 2005]
- 各种原因
 - 不在关注范围
 - 变化时间过短
 - 变化过于复杂
 - 变化不够剧烈

中央凹视力和边缘视力

- 和中央相比，边缘视力需要更强的信号
- Changes occurring in peripheral vision may need to be bolder or occur over a larger area than those occurring in foveal vision.[Nagy, et.al 1990]

快慢变化率

- Change signal can be blocked by abrupt appearance of a blank screen, or flicker. So we should consider smooth transitions between frames. [Fabrikant, et. al. 2008]
- Smooth transitions may hinder the detection of change signals. [Simons, et. al., 2000]

多点变化

- “magical number seven, plus or minus two” [George Miller, 1956]
- 绝大部分动态地图的变化远超过这个数字
 - 节奏的控制
 - 大脑的负担
- 人们通常对通过动画发现的规律信心不足

高效的动画地图

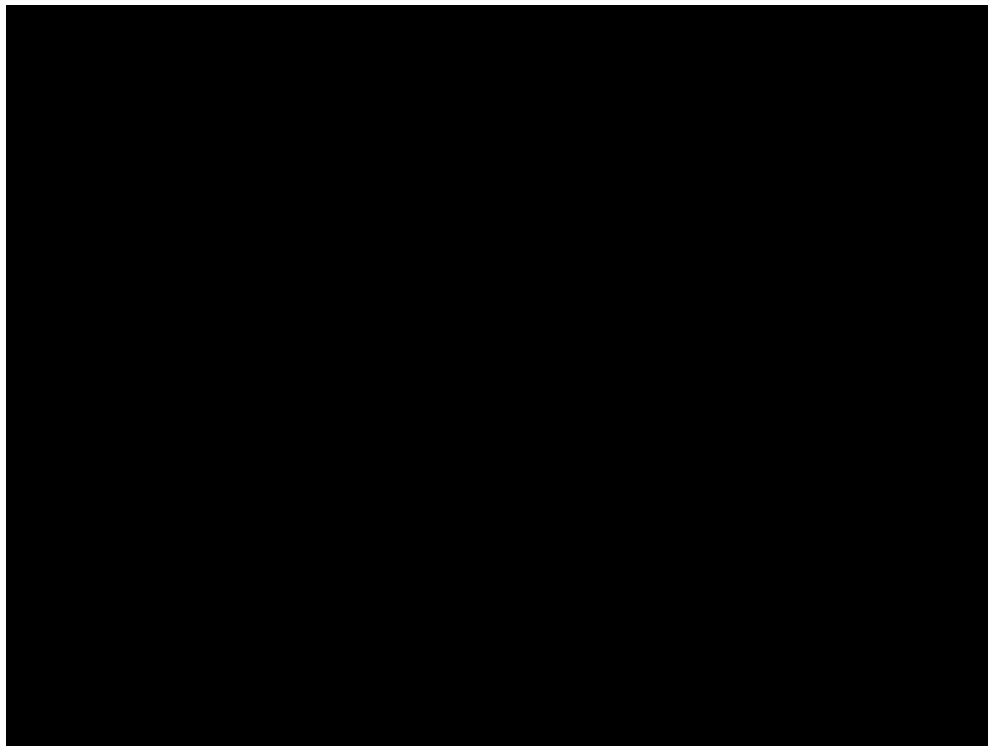
➤ Harrower:

- 给予用户足够的控制权
- 动画地图擅长显示空间变化，不擅长显示变化率
- 显示粗粒度的细节（高，中，低）
- 使用非线性时间

综合案例



智慧城市——新加坡



<http://senseable.mit.edu/livesingapore/index.html>

北极熊的生存



飓风桑迪的信息可视化

Where the Power Is Out and Returning Across the Northeast

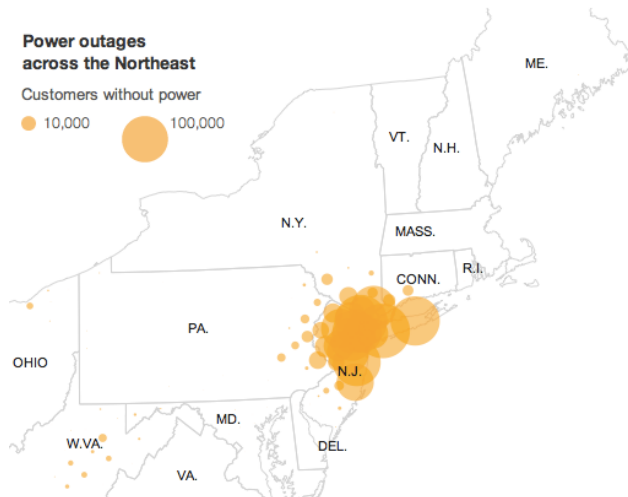
Updated Sunday, November 4 at 8:00 PM

Hurricane Sandy felled trees, downed power lines and flooded substations. The storm led to power failures in at least 17 states. Here's the restoration status in areas with significant power failures.

Power outages across the Northeast

Customers without power

10,000 100,000



<http://www.nytimes.com/interactive/2012/10/31/nyregion/where-the-power-is-out-and-returning.html>

TRI-STATE AREA

PSE&G

501,074 customers affected



Jersey Central Power & Light

405,816 customers affected



Long Island Power Authority

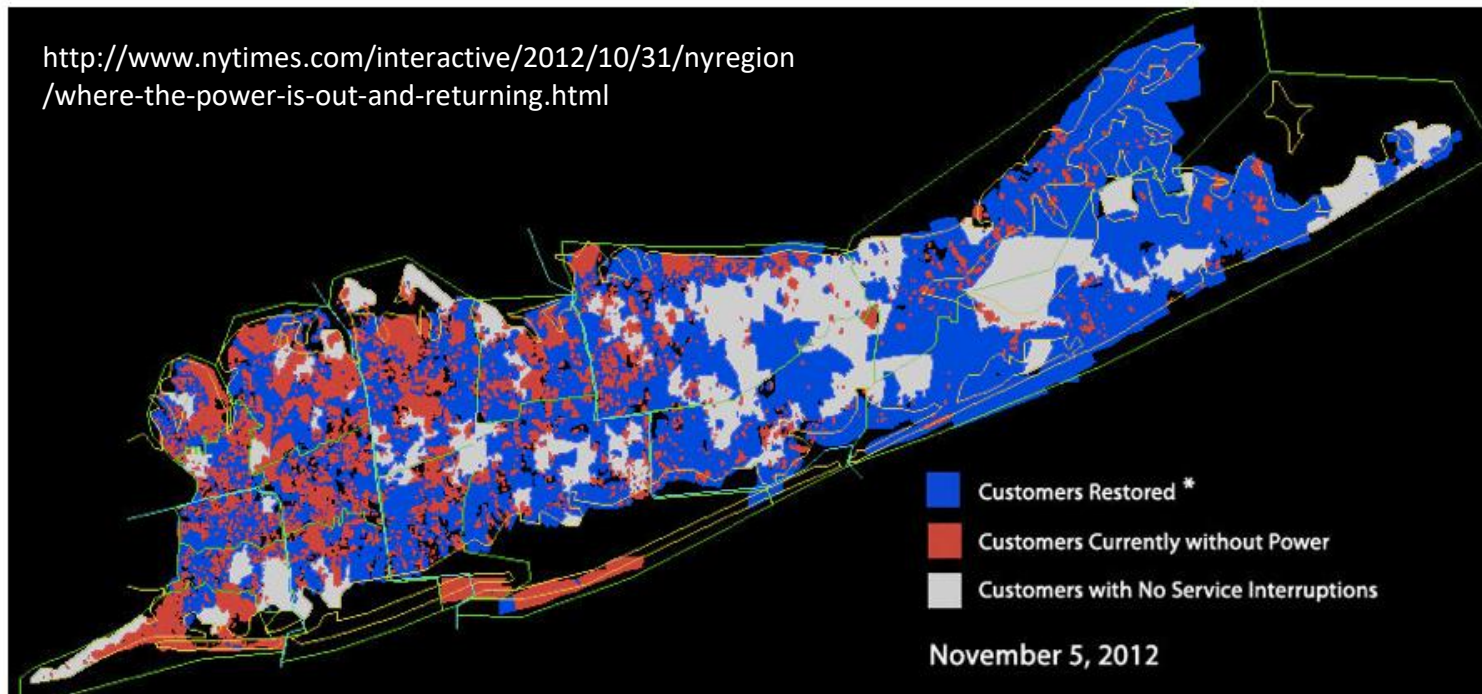
281,900 customers affected



飓风桑迪的信息可视化

The outage map has been updated to simplify the information available, and provide you with the number of customers restored and the overall restoration progress. [View Current Outage Numbers >>](#)

<http://www.nytimes.com/interactive/2012/10/31/nyregion/where-the-power-is-out-and-returning.html>



飓风桑迪的信息可视化



<http://www.nytimes.com/interactive/2012/10/31/nyregion/w-here-the-power-is-out-and-returning.html>

Isochronic France

Trains in Time

MIT Sensable City Lab