

MODELO DA PIRÂMIDE TRUNCADA

João Duarte Cunha

LNEC-CI, Av. do Brasil 101 1799 LISBOA CODEX
e-mail: jdc@lneec.pt

Maria Beatriz Carmo

FCUL-DI, Bloco C5, Piso 1, Campo Grande 1700 Lisboa
e-mail: bc@di.fc.ul.pt

Sumário

Apresenta-se um modelo para visualização de informação associada a um espaço bidimensional permitindo a ampliação de uma zona de interesse sem deformação e mantendo o contexto.

1. Introdução

A visualização de dados científicos é um bom exemplo da utilização de imagens para mais facilmente extrair e apreender informação contida em, por vezes, grandes volumes de dados numéricos. A utilização de gráficos pode alargar-se a outros tipos de informação permitindo representar a estrutura e as relações entre os elementos que constituem a informação disponível a qual dificilmente seria detectada com pesquisa textual [Robertson93].

O tipo de informação a visualizar pode ser muito diverso, como a visualização de estruturas hierárquicas, estruturas lineares, resultados de interrogações a bases de dados, informação associada a grafos, etc.

A análise de diferentes tipos de informação requer a escolha de modelos adequados para a sua visualização. Esta escolha é condicionada também pelo tipo de análise que se pretende fazer. Por vezes não interessam os valores obtidos para as variáveis em estudo, mas o seu comportamento em relação a outras: o objectivo não é uma análise quantitativa, mas qualitativa. Noutros casos, quando se dispõe de informação muito variada, como, por exemplo, a informação sobre uma pessoa numa base de dados, a informação a analisar poderá variar dependendo dos objectivos da consulta. É necessário em cada caso seleccionar quais os campos de informação a



visualizar e escolher a representação adequada [Fairchild93]. Isto é, a representação de um objecto complexo poderá requerer modelos diferentes para a sua visualização e mecanismos que permitam ao utilizador escolher o modelo adequado. Podem assim identificar-se três problemas [Fairchild93]: a obtenção de visualizações adequadas para objectos complexos, a visualização de conjuntos de objectos e meios para o utilizador seleccionar a visualização apropriada para o seu problema.

A limitação de espaço do écran condiciona a quantidade de informação que pode ser visualizada em cada instante. São por isso necessários mecanismos que permitam mostrar a informação relevante para o utilizador entre os quais podem salientar-se ampliações (*zoom*), *panning*, filtros, animação.

Na utilização de *zoom* é importante a ampliação da zona de interesse, mas pode convir não perder a visão do contexto onde está inserida. Uma solução corrente é a existência de duas janelas uma das quais mostra o conjunto com a indicação da zona ampliar e outra apenas a zona ampliada. Isto implica que é necessário reservar espaço para duas janelas além do utilizador precisar de enquadrar mentalmente a zona ampliada no local de onde foi extraída [Sarkar92].

Quando se utilizam representações tridimensionais, alguma informação pode ficar escondida por elementos colocados mais próximo do observador. Neste caso será importante a existência de mecanismos que permitam em tempo real realizar a aplicação de transformações geométricas (rotações e translações) para tornar visíveis elementos escondidos [Robertson91], [Robertson93].

A utilização de animação permite analisar mais uma variável introduzindo uma dimensão extra (quarta dimensão). A evolução ao longo do tempo é um exemplo particular da aplicação da quarta dimensão.

A informação disponível pode ser visualizada de formas distintas. A existência de filtros permite traduzir a informação de forma adequada quer em relação ao tipo de informação a analisar, quer de acordo com o interesse do utilizador [Perlin93], [Bier93].

Várias equipas têm desenvolvido trabalho no âmbito da visualização de informação. Referem-se no ponto 2 trabalhos efectuados relacionados com o modelo que apresentamos. No ponto 3 apresentam-se os fundamentos do modelo, discutem-se possíveis variantes e incluem-se exemplos de aplicação.

2. Trabalhos relacionados

O modelo *generalized fisheye views* [Furnas86] foi uma das primeiras propostas de ampliação de uma zona de interesse mantendo a representação do contexto. É feita uma deformação/modificação da imagem de forma a ampliar apenas a zona de interesse para o observador reduzindo o que está mais afastado. A redução pode consistir na eliminação da informação não relevante. Para esse efeito, G. Furnas [Furnas86] introduz o conceito de função de grau de interesse (*degree of interest function*). O resultado desta função depende do grau de importância atribuído *a priori* a cada elemento (x) e da distância a que este elemento se encontra do ponto que é o foco de interesse do utilizador (y): $DOI(x|y) = API(x) - D(x,y)$

A distância pode não ser a distância euclidiana entre dois pontos, mas uma função que traduza o afastamento relativo entre dois pontos (distância semântica [Fairchild93]) como, por exemplo, o comprimento do caminho entre dois nós de uma árvore.

O utilizador pode eliminar todos os elementos cujo valor da função de grau de interesse seja inferior a um dado valor. Desta forma, reduz o número de elementos a representar mantendo apenas os que são relevantes.

Este modelo foi adaptado para a visualização de informação associada a grafos [Sarkar92]. O tamanho e detalhe com que um vértice é representado dependem da sua distância ao foco de interesse e da importância dada *a priori* a esse vértice. A posição de cada vértice depende da sua posição inicial e da distância ao foco de interesse. Desta forma obtém-se um grafo distorcido em relação ao inicial, que poderá não conter todos os nós, mas com a zona de interesse destacada.

Integrando um projecto para visualização e pesquisa de informação, o *Information Visualizer* [Robertson93] e [Card91], foi desenvolvida uma técnica, designada por *perspective wall* [Mackinlay91], para visualizar informação linear permitindo a visualização detalhada de uma zona sem perder a noção da sua localização no contexto global.

A informação com estrutura linear caracteriza-se por uma representação 2D em que a quantidade de informação a representar segundo um eixo é superior à do outro eixo. Isto implica que para visualizar toda a informação ou se fazem deformações utilizando factores de escala diferentes para os dois eixos, ou, se utiliza



o mesmo factor de escala e se obtêm representações muito reduzidas, ou se visualiza apenas parte da informação.

A técnica do *perspective wall* consiste em fazer uma representação tridimensional dividindo a zona a representar em três painéis rectangulares: um painel central, que é "puxado" para mais próximo do observador mostrando a informação com mais detalhe, e dois painéis laterais com a restante informação projectada em perspectiva. Desta forma a vizinhança da zona de interesse será maior que as zonas mais distantes. Quando o utilizador selecciona um item, há um deslocamento da parede de forma a colocar esse item no painel central. O utilizador pode também ajustar a zona de interesse fazendo "esticar" o conteúdo do painel central como se se tratasse de uma folha de borracha. Pretende-se que haja uma transição suave para o utilizador facilmente interpretar a nova situação.

3. Modelo da Pirâmide Truncada

3.1 Princípios de Funcionamento

O modelo da pirâmide truncada que propomos tem por objectivo visualizar informação associada a uma janela definida num espaço bidimensional permitindo a ampliação de uma zona de interesse sem deformação e sem perder a visão do contexto. A esta janela rectangular chamaremos área de representação. Este modelo pode ser encarado como uma generalização do *perspective wall* para informação bidimensional.

A ampliação é feita passando a representação do espaço bidimensional para o espaço tridimensional e considerando a zona a ampliar como o topo duma pirâmide truncada que se elevou a partir do plano 2D ficando o resto da cena projectada ortograficamente sobre os lados da pirâmide (Fig. 1). Supondo fixa a altura do centro de projecção, a altura do tronco de pirâmide é determinada de forma a obter o factor de ampliação desejado. A projecção perspectiva sobre a área de representação produzirá o efeito de ampliação pretendido (Fig. 2). O factor de ampliação é limitado de forma a reservar espaço para a representação do contexto. Isto é equivalente a afirmar que o tronco de pirâmide tem de estar totalmente contido na pirâmide cujo vértice é o centro de projecção e cuja base é a área de representação (Fig. 3).

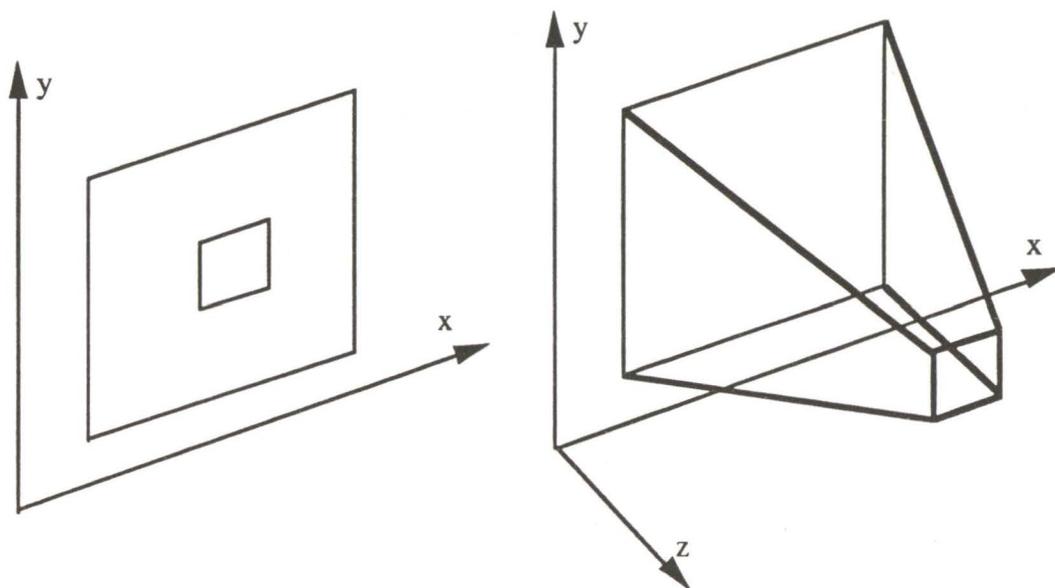


Fig. 1 - Passagem da cena em 2D para o espaço 3D

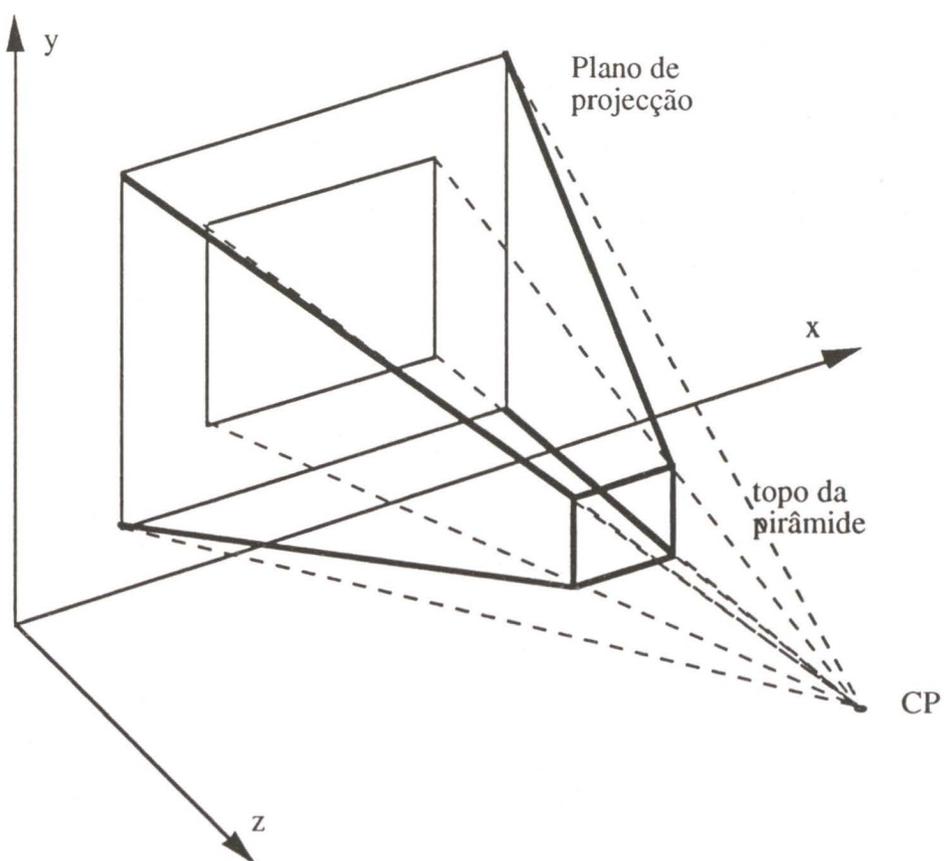


Fig. 2 - Projecção da pirâmide no plano de projecção



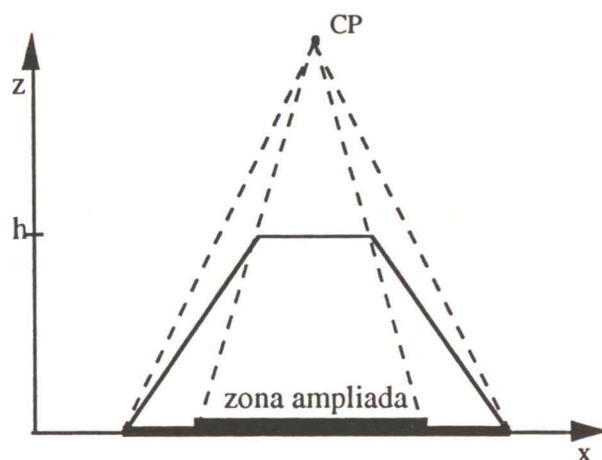


Fig. 3 - A altura (h) da pirâmide é seleccionada de forma a garantir-se a ampliação pretendida

A este modelo de ampliação podem associar-se mecanismos para obter informação complementar relativa a elementos representados e aplicar filtros e funções de grau de interesse para extrair a informação relevante para o utilizador.

3.2. Exploração de Diferentes Soluções

Numa primeira fase, a implementação deste modelo foi proposta como trabalho de avaliação da cadeira de Computação Gráfica da licenciatura de Informática da FCUL, com o objectivo de testar várias soluções alternativas focando essencialmente os seguintes pontos: alteração da zona de interesse; ampliação recursiva da zona de interesse; localização do centro de projecção.

A alteração da zona de interesse poderá ser obtida seleccionando a partir da representação bidimensional nova área de interesse. Outra solução será a realização de *panning* arrastando o topo da pirâmide truncada ao longo da cena. Esta solução será mais vantajosa quando se atinge um factor de escala adequado para a informação que se pretende visualizar.

Para a ampliação recursiva dentro da zona ampliada focando o interesse numa zona mais reduzida, foram testadas três alternativas. Uma solução consiste em manter sempre o contexto inicial, que aparecerá mais reduzido, e ampliar uma área mais restrita. Isto corresponde a reduzir a área do topo da pirâmide e aumentar a sua altura, fazendo "escorregar" para os lados da pirâmide a informação contida na zona não abrangida pela nova ampliação. Uma segunda abordagem consiste em construir uma nova pirâmide no topo da anterior. Esta implementação tem limitações porque

reduz em cada passo a área disponível para a ampliação. Outra solução consiste em gerar uma cascata de janelas tomando como contexto de cada janela o conteúdo do topo da pirâmide da janela anterior e dentro desta ampliar a zona de interesse. Como desvantagem desta aproximação ressalta o facto de se perder a visão global do contexto. Contudo esta diminuição de informação a representar irá reduzir o grau de deformação dos elementos representados nos lados da pirâmide. Em termos de factor de ampliação ele será idêntico ao obtido com a primeira solução visto que a área reservada para a projecção do topo da pirâmide será a mesma.

A coordenada z do centro de projecção é fixada inicialmente e, em cada ampliação, calcula-se a altura da pirâmide de forma a que a ampliação seja feita com o factor de escala seleccionado. As coordenadas x e y do centro de projecção podem coincidir com as do centro da zona de interesse excepto quando esta escolha leva a que parte da pirâmide truncada seja projectada fora da área de representação perdendo-se parte da informação. Quando isso acontecer, é necessário corrigir as componentes do centro de projecção.

Testou-se também a aplicação de filtros. Os filtros seleccionam, de entre o volume de informação a representar, qual o tipo de dados ou variável que é visualizado e a forma que deve tomar a sua representação. Por exemplo, representar só a informação de determinado tipo e/ou traduzi-la de uma forma particular.

Um caso particular dos filtros são as funções de grau de interesse. É seleccionado um foco de interesse a partir do qual é calculado o valor da função de grau interesse para todos os pontos (ou elementos) a representar. O valor da função depende da importância dada *a priori* a cada ponto e da sua "distância", que pode não corresponder à distância geométrica, ao foco de interesse. Serão representados apenas os pontos cujo valor da função seja superior a uma constante dada pelo utilizador. A variação deste parâmetro fará aumentar ou diminuir o volume de informação representado. Se não for atribuído um grau de importância aos elementos a representar, o resultado depende apenas da distância ao foco de interesse.

3.3. Definição Rigorosa do Modelo

Tendo em conta os resultados obtidos com as diferentes variantes testadas, reformulou-se a definição inicial do modelo, nomeadamente precisando a forma de



implementar a alteração da zona de interesse, a recursividade e a determinação das coordenadas x e y do centro de projecção.

a) A especificação de uma nova zona de interesse, quer se trate de *panning* ou de ampliação recursiva, faz-se transformando essa zona no novo topo do tronco de pirâmide e variando a altura deste se for caso disso. Trata-se da solução que atrás se designou por "escorregamento".

b) Para garantir uma redução proporcional do contexto, as coordenadas x e y do centro de projecção são calculadas de forma a manter a proporção das distâncias da zona de interesse aos lados da área de representação utilizando as fórmulas:

$$\begin{cases} x_c = x_a + x_e \cdot \frac{l_x}{w_x - l_x} \\ y_c = y_a + y_i \cdot \frac{l_y}{w_y - l_y} \end{cases}$$

em que: l_x e l_y são as dimensões da zona de interesse segundo os eixos dos xx e dos yy , respectivamente; w_x e w_y são as dimensões da área de representação segundo os eixos dos xx e dos yy , respectivamente; (x_a, y_a) as coordenadas do extremo inferior esquerdo da zona de interesse; x_e e y_i a distância da zona de interesse aos lados, respectivamente, esquerdo e inferior da área de representação.

O deslocamento da zona de interesse implica a alteração das coordenadas x e y do centro de projecção. Esta mudança garante uma variação contínua do aspecto do contexto entre as situações extremas: zona a ampliar centrada e zona a ampliar encostada aos bordos da área de representação.

As coordenadas x e y do centro de projecção não dependem da altura fixada para o centro de projecção nem do factor de escala pretendido.

3.4. Exemplo de Aplicação

Aplicou-se o modelo da pirâmide truncada a dados relativos ao mapa de Portugal com a localização de algumas cidades, estradas, rios e cabos. A figura 4 e seguintes mostram diferentes fases do processo de ampliação.

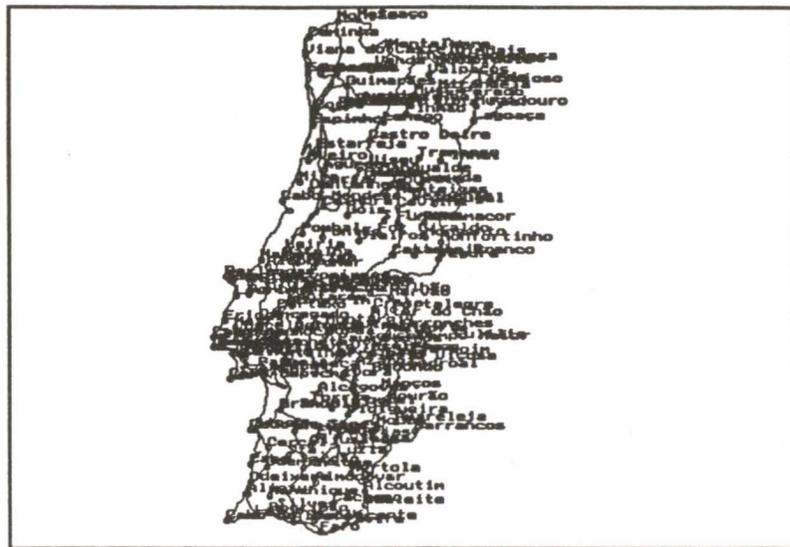


Fig. 4. Imagem não ampliada



Fig. 5. Ampliação de uma zona central



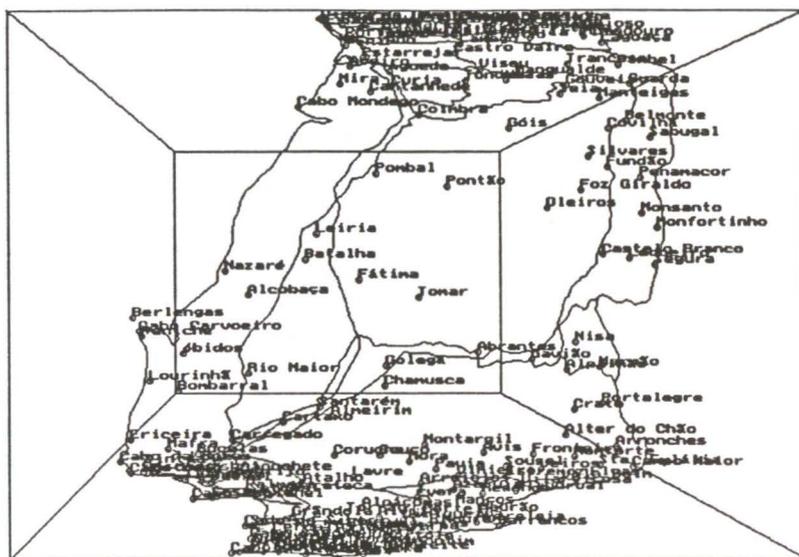


Fig. 6. Ampliação recursiva ("escorregamento")

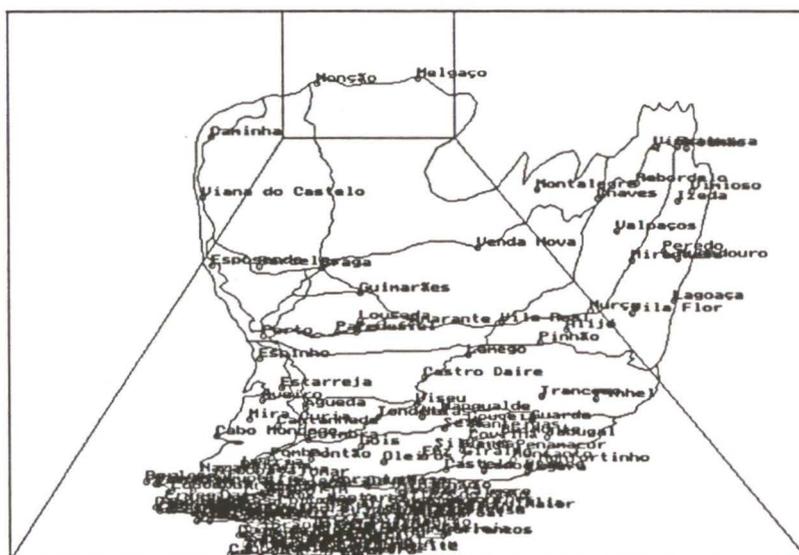


Fig. 7. Ampliação de uma zona periférica

4. Conclusão

O modelo da pirâmide truncada permite fazer a ampliação de informação relativa a um espaço bidimensional mantendo todo o contexto e representando sem deformação toda a informação da zona de interesse. Associando filtros e funções de grau de interesse poderá ser reduzido o volume de informação e a sua visualização adaptada aos interesses do utilizador.

Agradecimentos

Agradecemos aos alunos de Computação Gráfica, da licenciatura em Informática da Faculdade de Ciências da Universidade de Lisboa, que realizaram trabalhos no âmbito do modelo, nos anos lectivos de 92/93 e 93/94, em particular ao João Pereira que realizou a implementação do modelo reformulado.

Referências

- [Bier93] E. Bier, M. Stone, K. Pier, W. Buxton, T. DeRose
Toolglass and magic Lenses: The See-Through Interface
Computer Graphics Proceedings, 1993
- [Card91] S. K. Card, G.G. Robertson, J.D. Mackinlay
The Information Visualizer, an Information Workspace
ACM Proceedings of CHI'91
- [Fairchild93] K. M. Fairchild
Information management using virtual reality-based visualizations
"Virtual reality applications and explorations"
edited by Alan Wexelblat, 1993, Academic Press
- [Furnas86] G. Furnas
Generalized fisheye views
ACM Proceedings CHI'86



- [Mackinlay91] J. D. Mackinlay, G. G. Robertson , S. K. Card
The perspective wall: detail and context smoothly integrated
ACM Proceedings of CHI'91
- [Perlin93] K. Perlin, D. Fox
Pad - An Alternative Approach to the Computer Interface
Computer Graphics Proceedings, Annual Conference Series,1993
- [Robertson91] G. G. Robertson, J. D. Mackinlay, S. K. Card
Cone trees: animated 3D visualizations of hierarchical information
ACM Proceedings of CHI'91
- [Robertson93] G. G. Robertson, S. K. Card, and J. D. Mackinlay
Information Visualization Using 3D Interface Animation
CACM, Abril93,vol36,nº4
- [Sarkar92] M. Sarkar, M. H. Brown
Graphical fisheye views of graphs
CHI'92 Conference Proceedings, Maio1992