

Representação das Características do Movimento de Objetos Móveis em Mapas Estáticos

Daniel S. Cotrim¹, Jorge Campos¹

¹Núcleo de Pesquisa em Redes e Computação (NUPERC) – Universidade Salvador (UNIFACS) – Salvador – BA - Brasil

daniel@gmail.com, jorge@unifacs.br

Abstract. *The widespread of global position system devices and wireless network promoted a notable evolution of technologies for storing and manipulating information related to moving objects. The large amount of data generated and the spatio-temporal characteristics of these data, however, made the job of analyzing and exploring such kind of information a complex task. The goal of this paper is to propose a new visualization model capable to communicate the characteristics of moving objects' movement in a static map. We hope that the proposed model helps in the task of analyzing and understanding the behavior of moving objects and to identify relationships among these objects and between these objects and geographic events.*

Resumo. *A difusão de dispositivos de posicionamento global e redes sem fio motivaram uma evolução notável de ambientes e tecnologias para armazenamento e manipulação de informações relativas a objetos móveis. O grande volume de dados gerados e suas características espaço-temporal, entretanto, tornam a análise e exploração destes dados uma tarefa cada vez mais complexa. O objetivo deste trabalho é propor um modelo de visualização capaz de comunicar as características do movimento dos objetos móveis em mapas estáticos. Espera-se que o modelo proposto auxilie a análise do comportamento dos objetos móveis e das relações entre estes objetos e entre os objetos móveis e eventos geográficos*

1. Introdução

O crescente volume de dados com atributo espaço-temporal tem desafiado a capacidade dos analistas de consumir e obter conhecimento a partir destes dados [Yao 2003], [Harms, Deogun and Goddard 2003]. A análise desses dados é um campo da área de Descoberta do Conhecimento que trata da extração de conhecimento, estabelecimento de relações e identificação de padrões não armazenados explicitamente na base de dados e tem atraído interesse tanto da academia quanto da indústria [Roddick and Spiliopoulou 2002]. A inclusão de atributos espaciais e temporais, entretanto, adicionou uma complexidade substancial às técnicas tradicionais de mineração visual de dados e descoberta de conhecimento. Desta forma, a questão da espacialidade e temporalidade dos dados tornou-se um ponto crucial no entendimento dos eventos e processos geográficos.

Sistemas de Informações Geográficas (SIGs) lidam principalmente com a exploração, análise e apresentação de dados georeferenciados. Os modelos gráficos para a apresentação destes dados, entretanto, têm-se mostrado difíceis de serem utilizados em situações que requerem a análise de um crescente volume de informações que mudam com o passar do tempo [Verbree, et al. 1999].

Este artigo apresenta os resultados preliminares de um modelo capaz de representar as características do movimento de objetos móveis em mapas estáticos e está estruturado da seguinte forma. A seção dois discute algumas técnicas cartográficas para a apresentação de informações com características espaço-temporais. A seção três introduz um possível modelo para apresentar de forma visual, fácil e intuitiva as características do movimento de objetos móveis em mapas estáticos. A seção quatro apresenta as conclusões e indica trabalhos futuros.

2. Tipos de Apresentação de Objetos Móveis

SIGs podem ser definidos como uma combinação de sistemas de gerenciamento de banco de dados, um conjunto de operações para examinar estes dados e um dispositivo gráfico para apresentação e análise espacial [Rhyne 1997]. Para o propósito de apresentação e análise, as aplicações SIG utilizam na sua maioria uma interface gráfica bidimensional e estática. O crescente volume de dados espaço-temporais, entretanto, demandam um ambiente computacional mais cognitivo para lidar com este tipo de informação [Kraak et al. 1999].

Uma das principais limitações das aplicações SIG está relacionada com os modelos para apresentação e análise de objetos dinâmicos e móveis. Um objeto dinâmico é aquele no qual qualquer um dos seus atributos, espacial ou temático, muda de estado com o tempo. Um objeto móvel é qualquer objeto, pontual ou com extensão, que muda o valor do seu atributo espacial com o passar do tempo.

O maior desafio na apresentação dos objetos móveis é comunicar as características básicas do movimento do objeto, isto é, sua trajetória, velocidade e aceleração. Informações adicionais como o tempo durante o qual o objeto ficou em repouso, por exemplo, e a identificação de possíveis rotas futuras são informações que podem ajudar aos analistas no entendimento e na exploração do comportamento do objeto e na interação deste objeto com o espaço e com outros objetos. Representar visualmente estas características de forma clara e intuitiva, entretanto, é um desafio para a comunidade de Sistemas de Informações Geográficas.

Tradicionalmente, cartógrafos utilizam três modelos para representar dados geoespaciais que variam com o tempo: mapas estáticos, séries de mapas estáticos e mapas animados [Kraak 2003]. Os mapas estáticos utilizam variáveis visuais específicas e símbolos para denotar mudanças ocorridas com a passagem do tempo. A série de mapas estáticos é formada por uma seqüência temporal de mapas onde cada mapa representa um instante no tempo e juntos representam o histórico do movimento. O mapa animado é geralmente empregado na apresentação de mudanças contínuas e pode ser visto como uma seqüência mais refinada de uma série de mapas estáticos. Esta seqüência é apresentada de forma automática em uma taxa que cria a ilusão de continuidade do movimento. Este artigo está relacionado com o primeiro modelo. O desafio aqui é incorporar na apresentação de mapas estáticos informações que tradicionalmente só são exploradas em seqüência de mapas estáticos e mapas animados.

A primeira tentativa para a apresentação das características do movimento em um mapa estático foi concebida por Charles Minard [Friendly and York 1999]. O mapa de Minard ilustra a evolução das tropas Napoleônicas na campanha russa de 1812-1813 (Figura 1). Este mapa apresenta uma visão alternativa e intuitiva, diferente das apresentações tradicionais, e demonstra a perda dramática do exército de Napoleão durante a campanha contra a Rússia.

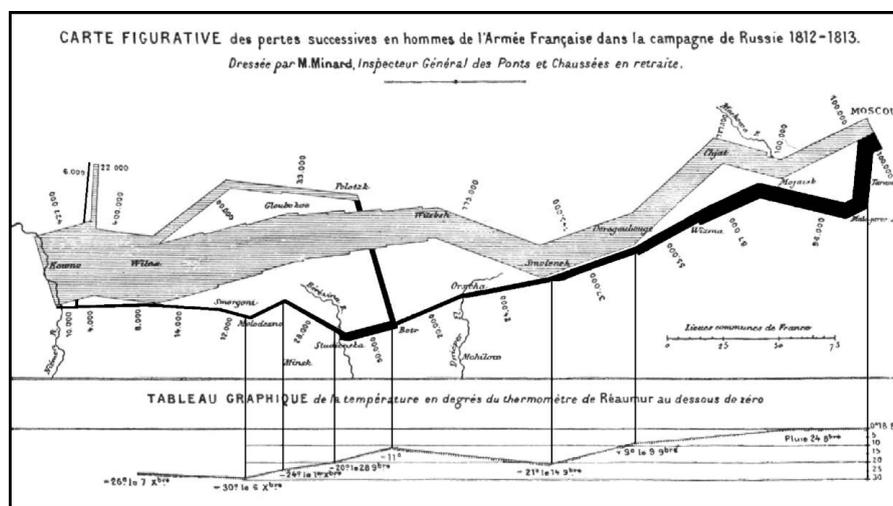


Figura 1. Mapa de Charles Minard de 1861 “*Carte figurative des pertes successive em homes del’Armee Française dans la campagne de Russia 1812-1813*”. A marcha de Napoleão em Moscou.

O mapa de Minard é um exemplo de representação de objetos móveis de forma criativa e que explora a utilização de recursos visuais e modelos gráficos para comunicar o conhecimento. Este mapa explora diversas variáveis relacionados ao movimento das tropas. A primeira variável é a trajetória do movimento, representada pelo caminho em um mapa da região. A segunda variável é o tempo. O tempo, neste exemplo, é representado de forma implícita e com um nível de granularidade bastante baixo. Pode-se inferir do mapa, por exemplo, que a campanha ocorreu entre 1812 e 1813 e que houve neste período um único avanço e retirada do exército napoleônico. O avanço e retirada são indicados pelo caminho claro e escuro respectivamente. Desta forma, não se pode precisar as datas e a duração de segmentos individuais da campanha e nem tão pouco a relação entre a duração do avanço e do retrocesso. Outro elemento gráfico explorado no mapa é a espessura da linha representando a trajetória das tropas. Esta espessura denota o contingente de soldados em cada posição. A variação da espessura evidencia as dramáticas baixas ocorridas durante a evolução da campanha. Finalmente, outros recursos gráficos são utilizados para apresentar informações sobre a campanha. Ligado ao caminho da retirada, por exemplo, tem-se um gráfico que representa a variação de temperatura. Rótulos são utilizados no mapa para identificar características geográficas relevantes e as principais batalhas.

De forma análoga aos mapas estáticos, o avanço das tropas de Napoleão pode ser demonstrado através de uma série de mapas (Figura 2). Nesta série, cada mapa apresenta a posição e configuração da tropa em diferentes instantes [Kraak 2003]. Como o movimento é representado somente por quadros considerados relevantes, não se tem a visão completa da trajetória. Desta forma, na apresentação através de série de mapas perde-se a transição entre os quadros. Além disso, os mapas estáticos e as séries de mapas são incapazes de apresentar todas as características do movimento. Informações como velocidade ou tempo em que a tropa ficou parada, por exemplo, não são capturadas por estas técnicas.



Figura 2. Dois snapshots com a localização da tropa francesa em 24 de Julho e 24 de Agosto de 1812.

Uma alternativa para expressar algumas características do movimento dos objetos móveis ou mudanças nos atributos não espaciais tem sido a apresentação em mapas animados. Apesar do formidável apelo visual, a animação não é universalmente preferida pelos analistas e podem, em alguns casos, distrair o usuário e prejudicar o entendimento dos dados [Morrison and Betrancourt 2002].

3. Apresentando Objetos Móveis em Mapas Estáticos

A concepção de um modelo para apresentação de objetos móveis em mapas estáticos fundamentou-se nos princípios da semiologia gráfica. A semiologia gráfica é uma metodologia desenvolvida para codificar informações em uma linguagem gráfica. Esta metodologia se baseia em um sistema de símbolos utilizados para comunicar dados reais ou conceitos abstratos (componentes) através de modelos gráficos. A semiologia gráfica busca propiciar a percepção imediata e apreensão clara dos componentes através de um sistema semântico baseado em regras relacionadas aos signos.

Jacques Bertin, em seu trabalho seminal “Semiologia Gráfica”, foi o primeiro autor a propor formalmente um conjunto de variáveis para descrever graficamente os componentes. As principais variáveis gráficas propostas por Bertin para apresentar os componentes são *localização*, *tamanho*, *valor*, *granulação*, *orientação*, *cor* e *forma*.

As variáveis gráficas podem ser classificadas em variáveis do plano e variáveis visuais. A localização é uma variável do plano enquanto as demais são classificadas como variáveis visuais. As variáveis visuais, também conhecidas como variáveis retiniais, são baseadas na capacidade dos seres humanos de possuírem reações preconcebidas a essas variáveis no nível de processamento da retina.

Diversas extensões das variáveis gráficas de Bertin têm sido proposta nas últimas décadas pela comunidade cartográfica. De especial importância neste trabalho é a variável *saturação* da cor [MacEachren 1994]. A variável saturação de cor apresenta claramente uma ordem visual.

A materialização dos componentes em um mapa é feita através da combinação de uma forma geométrica e de uma ou mais variáveis gráficas. A forma de apresentação de um componente pode ser pontual, linear ou zonal. A definição das variáveis gráficas depende do significado da informação a ser transcrita.

De forma a facilitar a seleção das variáveis gráficas, os componentes grafados em quatro níveis: espacial, quantitativo, qualitativo e ordenado. O nível espacial define a posição no espaço. No nível quantitativo, a distância visual entre duas categorias é expressa por uma relação numérica. O nível qualitativo pode ser associativo ou seletivo, sendo que o primeiro exprime comparação entre os elementos, e o segundo diferenciação. O nível ordenado permite a classificação visual das categorias.

Baseado nos princípios da semiologia gráfica, este artigo propõe uma combinação de variáveis visuais e do plano para apresentar os principais componentes que descrevem o comportamento de um objeto móvel, a saber: identidade, caminho percorrido, tempo, velocidade e duração do repouso (Tabela 1).

Tabela 1. Componentes e variáveis visuais

| Componente | Nível | Forma de Representação | Variável Visual |
|------------------------------|--------------|-------------------------------|------------------------|
| Identidade (Objeto Móvel) | Seletivo | Linear | Cor |
| Caminho Percorrido | Espacial | Linear | Localização |
| Tempo | Ordinal | Linear | Saturação |
| Velocidade | Ordinal | Linear | Tamanho |
| Duração do Estado em Repouso | Ordinal | Pontual | Tamanho |

A identidade do objeto é apresentada pela variável cor, exprimindo o nível seletivo. O *caminho percorrido* pelo objeto é um componente estritamente associado à localização e é desenhado de forma linear no mapa. O *tempo* é representado pela variável saturação, provendo o conceito de ordem. A *velocidade*, por sua vez, é representada pelo tamanho (espessura) da linha e está inserida no nível ordinal. A *duração do estado de repouso* é representada por um ponto e possui nível ordinal. Os componentes velocidade e duração do estado de repouso são classificadas como ordinais, pois o interesse do modelo é representar uma comparação visual entre as categorias de cada componente.

De forma a ilustrar a apresentação visual dos componentes citados e evidenciar a evolução do modelo proposto sobre as técnicas tradicionais de apresentação de objetos móveis, apresentamos a evolução do movimento de um veículo em um ambiente urbano (Figura 3). Em todos os mapas é aplicada uma gradação de cor que varia do tom mais escuro para o tom mais claro, associando o atributo tempo à localização do veículo. Desta forma, a tonalidade mais clara está associada ao instante inicial do movimento e o tom mais escuro ao instante final. A utilização da cor para representação do tempo permite que a variação do tempo seja percebida de forma eficaz em todas as apresentações, embora com diferentes níveis de granularidade.

A Figura 3a mostra a rota do veículo através de pontos periódicos de sua localização. Esta é a representação mais primária do movimento e possui alguns inconvenientes. A informação sobre a localização entre os pontos é perdida, isto é, esta visualização não permite captar as posições intermediárias do movimento. Desta forma, não é possível visualizar a trajetória completa do veículo. A noção de velocidade está condicionada a amostragem da localização. Se a posição do objeto é armazenada em intervalos regulares de tempo, a velocidade pode ser inferida pelo espaçamento das amostras. Se a amostragem privilegia posições significativas do movimento, a velocidade do veículo não pode ser extraída da apresentação.

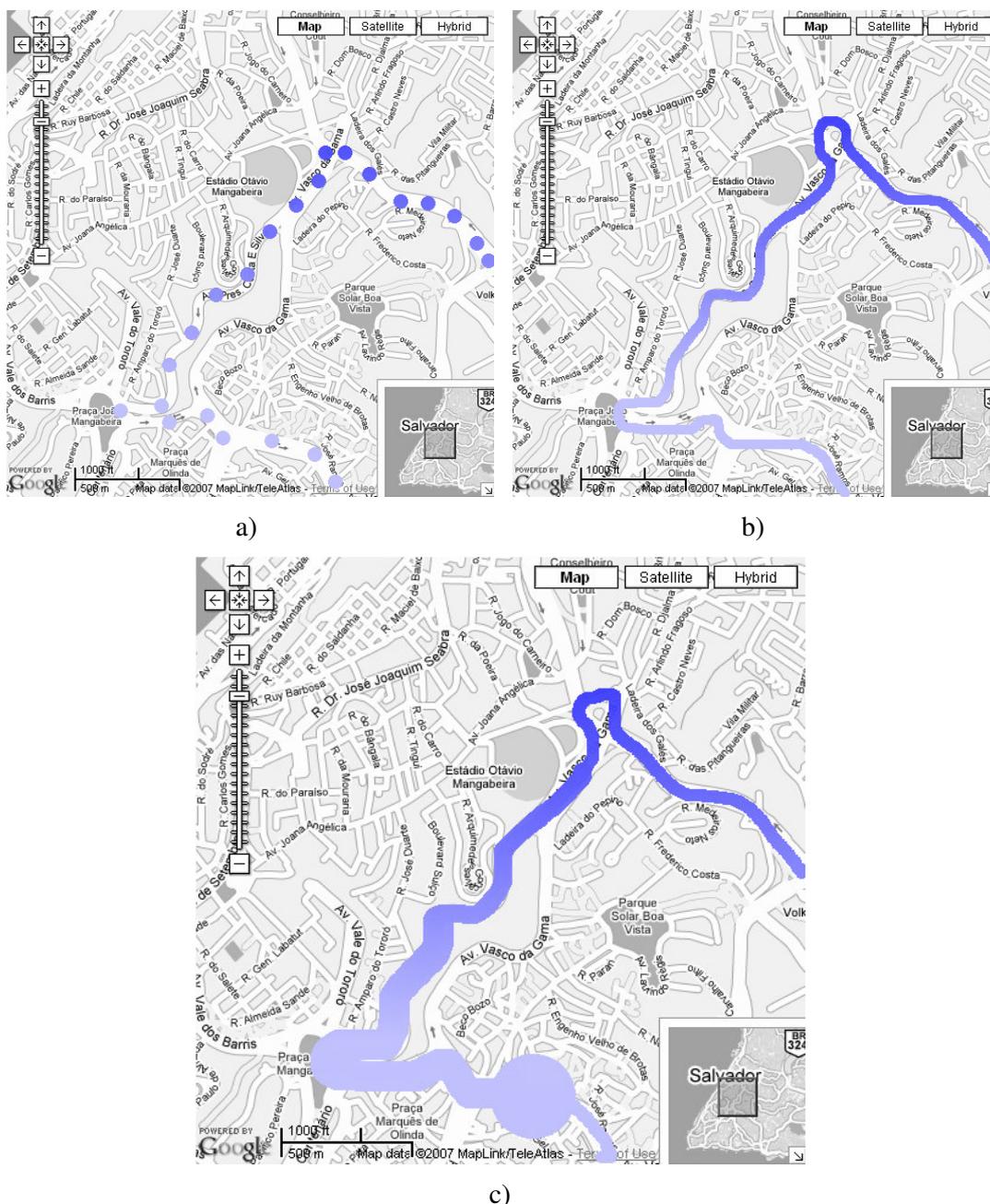


Figura 3. Diversas representações em mapas estáticas do movimento de um veículo em um ambiente urbano.

A Figura 3b aperfeiçoa a apresentação da rota do veículo detalhando o percurso. Os pontos intermediários da rota já são visíveis. É possível ainda identificar mais detalhadamente a variação no tempo e a localização da viatura em cada instante. Entretanto, não se sabe o comportamento do objeto durante a trajetória. A velocidade está oculta nesta apresentação.

A Figura 3c é a apresentação do modelo proposto. Os inconvenientes das representações anteriores foram solucionados, permitindo o entendimento completo da trajetória e do comportamento do objeto. A variação da velocidade e o tempo em que o objeto ficou em repouso estão explícitos nesta representação. Entende-se que quanto mais rápido o objeto, menos contato ele tem com o meio e quanto maior o tempo parado maior a relação dele com aquela localização. Neste sentido a velocidade do objeto

é inversamente proporcional a espessura da linha da trajetória, quanto mais fina o intervalo maior a velocidade do objeto. A mesma abstração é feita para o estado de repouso do objeto. Um círculo ao redor do ponto da trajetória indica que o objeto ficou parado, quanto maior o tempo de repouso maior o círculo.

4. Trabalhos Futuros

Este trabalho apresentou os primeiros resultados de um modelo para apresentar informações em mapas estáticos que permitam a análise e exploração visual do comportamento de objetos com variação dos atributos espaciais e temporais. A concepção de modelos e de técnicas para a análise de dados dinâmicos constitui uma peça fundamental na identificação de padrões e produção de conhecimento para a comunidade SIG, em particular, e para diversos ramos da ciência, em geral.

O modelo inicialmente proposto contempla a representação das características do movimento dos objetos considerando o histórico da movimentação em um curto espaço de tempo, isto é, a nas últimas horas ou dias. O modelo, entretanto, não se mostrou adequado ou robusto o suficiente para a representação das características do movimento com dados históricos de um longo período de tempo, isto é, meses ou anos. Conseqüentemente, deverão ser realizados estudos e adaptações do modelo original para contemplar a apresentação e análise das características do movimento dos objetos de forma a tratar dados históricos que envolvam um período maior de tempo.

Agradecimento

Este trabalho é financiado pela Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado da Bahia - FAPESB através do projeto PET0007/2005.

Referências

- Friendly, M. and York University (1999) "Re-Visions of Minard", Statistical Computing and Graphics Newsletter 11.
- Harms, S. K., Deogun, J. and Goddard, S. (2003) "Building Knowledge Discovery into a Geo-Spatial Decision Support System", ACM Symposium on Applied Computing, pages 445-449.
- Kraak, M.-J. (2003) "Geovisualization illustrated", ISPRS Journal of Photogrammetry & Remote Sensing 57, pages 390-399.
- Kraak, M.-J., G. Smets and P. Sidjanin (1999) Virtual Reality, the New 3-D Interface for Geographical Information Systems. in: A. S. Câmara and J. Raper (Eds.) Spatial Multimedia and Virtual Reality, London, Taylor & Francis, pages 131-136.
- MacEachren, A. M. (1994) "Visualization in modern cartography: setting the agenda", Visualization in Modern Cartography: Pergamon, pages 1-12.
- Morrison, J. B. and Betrancourt, M. (2002) "Animation: Can It Facilitate?", International Journal of Human-Computer Studies 57(4), pages 247-262.
- Rhyne, T. M. (1997) Going Virtual with Geographic Information and Scientific Visualization. Computer & Geosciences 23(4), pages 489-491.
- Roddick, J. F. and Spiliopoulou, M. (2002) "A Survey of Temporal Knowledge Discovery Paradigms and Methods", IEEE Transaction on Knowledge and Data Engineering 14(4), pages 750-767.
- Verbree, E., G. V. Maren, R. Germs, F. Jansen and M.-J. Kraak (1999) Interaction in Virtual World Views - Linking 3D GIS with VR. International Journal of Geographical Information Science. 13(4), pages 385-396.
- Yao, X. (2003) "Research Issues in Spatio-Temporal Data Mining", Workshop on Geospatial Visualization and Knowledge Discovery.