

# 利用透明度进行时空信息可视化

艾波<sup>1</sup> 唐新明<sup>2</sup> 艾廷华<sup>3</sup> 汪汇兵<sup>2</sup>

(1 山东科技大学青岛(礁)测绘技术国家测绘局重点实验室,青岛市黄岛区前湾港路 579 号,266510)

(2 国家测绘局地理信息卫星测绘应用中心,北京市海淀区莲花池西路 28 号,100830)

(3 武汉大学地理信息系统教育部重点实验室,武汉市珞喻路 129 号,430079)

**摘要:**利用电子地图中透明度视觉变量产生的虚实感,在对当前焦点时刻时空内容进行完全表达的同时,以不同透明度图形对时间上下文中的内容进行辅助表达,实现兼顾焦点时刻和时间上下文的时空可视化。该方法能够从时间全局上描绘时空对象的时间分布和时态关系,帮助把握时空发展的趋势和规律,同时更加高效地利用地图幅面,时空信息量更加丰富。

**关键词:**时空信息;可视化;透明度;时间上下文

**中图法分类号:**P283.1; P208

在计算机技术的支持下,电子地图和 GIS 给人们提供了交互性的动态地图表达,并由此形成了地理可视化(geovisualization)的概念,即基于人类视觉和地理信息的交互式可视化进行空间分析和知识发现<sup>[1-3]</sup>。作为地理可视化的重要分支,时空可视化已经成为时空分析中必不可少的重要步骤。

传统的时空可视化方法主要分为静态地图和动画地图两大类。静态地图主要通过运动符号、扩张符号、结构符号和多时态图形快照叠加等方法表示现象的空间位置和属性特征随时间发生的变化<sup>[4]</sup>,这些方法将多个时态的空间信息集中至一幅地图中进行表达,容易造成地图载负量过大,对复杂时空现象进行表达的能力有限。动画电子地图是将时序地图快照按时间映射于计算机动画的帧上,通过动画的播放再现时空现象的发展过程<sup>[5,6]</sup>。然而,简单地图动画的每一帧只对应某一时刻的空间表达,不包含该时刻时间上下文中的内容,不能表现事物在时间轴上的分布情况和发生时间的先后、距离等时态关系语义,不利于从时间全局上对时空现象进行分析和理解。针对以上问题,本文提出了一种新的时空可视化方法,该方法基于电子地图环境下的透明度视觉变量,提

供兼顾焦点时刻状态和时间上下文内容的时空可视化。

## 1 透明度视觉变量

随着电子地图和 GIS 的发展,透明度作为视觉变量越来越多地得到了地图学家的关注<sup>[7,8]</sup>。在计算机图形显示中,图形符号的透明度越高,对图形本身的表达越清淡,对图形覆盖区域的表达越清晰;透明度越低,则对图形本身的表达越浓烈,对图形覆盖区域的表达越模糊,如表 1 中的透明度图例,从左向右正方形的透明度逐步降低(背景为灰白网格图案)。与 Bertin 符号视觉变量体系<sup>[9]</sup>中的位置、大小、形状、明度、颜色、方向、纹理 7 个视觉变量相比,透明度视觉变量和明度有一定的相似性,善于表现符号特别是面状符号之间的等级感,适于与颜色视觉变量配合使用,通过色相来建立符号系统的整体感和差异感,通过透明度来体现等级感。

透明度与明度、颜色等传统视觉变量之间也存在显著差异。图形透明度的变化能够给人以虚实不同的视觉感受,透明度高,则图形表达较为虚无,透明度低,则图形表达较为实在,本文称这种

收稿日期:2011-12-15。

项目来源:国家 863 计划资助项目(2009AA121404);国家自然科学基金资助项目(40876051);青岛(礁)测绘技术国家测绘局重点实验室基金资助项目(2010B15);地理空间信息工程国家测绘局重点实验室开放基金资助项目;国家海洋局海洋溢油鉴别与损害评估技术重点实验室基金资助项目(201116)。

视觉感受为虚实感。表1列出了透明度、明度和颜色视觉变量的表达图例及视觉感受对比。

表1 透明度、明度、颜色视觉变量图例和感受效果  
Tab.1 Perceptual Properties of Transparency, Brightness and Color

视觉变量名称	图例	整体感	等级感	虚实感
透明度			✓	✓
明度			✓	
颜色		✓		

一方面,半透明图形带来的虚实感能够转化为人类对于事物重要性程度的感受。透明度低的图形边界分明,颜色浓烈,给人眼的视觉冲击力较强,让人觉得重要性较高;透明度高,则图形边界模糊,颜色浅淡,感觉重要性较低。这种视觉感受能够应用于计算机“Fisheye”可视化模式<sup>[10]</sup>,这种可视化模式在对焦点内容进行突出表达的同时对焦点附近的上下文内容进行浅淡表达,符合人类对于焦点内容进行重点认知并同时关注上下文内容的认知规律,这种可视化模式也被称为焦点+上下文可视化。

另一方面,多数时空事物的出现和消亡不是瞬间发生的,而是在一定时间跨度内逐步发生的。然而,在时空数据库中,事物的出现和消亡时间被记录为两个确定的时间点,在简单时空动画表达中,这个事物将在没有任何征兆的情况下突然出现和消失,不能模拟事物出现和消亡的时空过程性。图形透明度的渐进式变化能够实现“淡入”和“淡出”效果。在这种效果中,图形由虚到实的渐进式变化和事物从无到有逐步出现的过程具有一致性,能够对事物出现和消亡的过程进行模拟。

基于以上两点分析,本文将透明度视觉变量应用于时空信息可视化,在对当前时刻进行重点表达的同时,以不同透明度图形对当前时刻时间上下文中的内容进行浅淡表达,实现时间焦点+上下文的可视化模式。在计算机动画播放过程中,这种图形透明度随时间的渐进式变化得到的“淡入”和“淡出”效果也能够很好地模拟事物出现和消失的时空过程。

## 2 透明度时空可视化模型

透明度时空可视化模型将时间轴上的跨度范围分为三个部分,根据认知过程中时空对象所获得关注度的不同给予不同透明度层次的表达。

### 1) 焦点时刻

焦点时刻存在的时空对象是用户最为关心的内容,需要进行完全表达,因此,生命周期跨越焦点时刻的时空对象将以完全不透明的方式进行绘制,图形表达最为清晰。

### 2) 时间上下文区间内

焦点时刻不存在,但存在于时间上下文区间内的时空对象是用户次要关心的内容,它们的表达对焦点时刻的时空对象认知起辅助性提示作用,其中距离焦点时刻越远,重要性越低。本文通过不同透明度图形对这些现象进行表达,距离焦点时刻越近,透明度越低,图形表达越清晰;距离焦点时刻越远,透明度越高,图形表达越模糊。图形透明度的高低反映了时空对象在时间轴上的分布情况。

### 3) 时间上下文区间外

时间上下文区间外的时空对象是用户在当前焦点时刻不关心的内容,需要过滤掉,即以完全透明方式进行处理,避免地图载负量过大而造成认知困难。

设时空对象生命周期的实际开始时间和结束时间分别为  $\nu t_{start}$  和  $\nu t_{end}$ ,当前焦点时刻为  $T_{focus}$ ,时间上下文区间为  $[C_{start}, C_{end})$ ,焦点时刻和时间上下文区间均可由用户自定义设定,则任意时空对象的不透明度 Alpha 可以通过如下计算模型得到:

$$\text{Alpha} = \begin{cases} 1 & (\nu t_{start} \leq T_{focus} \leq \nu t_{end}) \\ 0 & (C_{end} < \nu t_{start} \vee \nu t_{end} < C_{start}) \\ \frac{\nu t_{end} - C_{start}}{T_{focus} - C_{start}} & (C_{start} \leq \nu t_{end} < T_{focus}) \\ \frac{C_{end} - \nu t_{start}}{C_{end} - T_{focus}} & (T_{focus} < \nu t_{start} < C_{end}) \end{cases}$$

根据以上模型,在时间(time)-不透明度(alpha)坐标系中,可以确定时空对象 A、B、C、D、E、F、G 的透明度,如封三彩图4所示。

1) 对象 D 的生命周期跨越了焦点时刻,是当前焦点时刻存在的对象,获得的关注度最高,不透明度为 1,以完全方式表达;

2) 对象 A 和 G 在当前时间上下文区间之外,是用户在当前不关心的内容,不透明度为 0,将不予表达;

3) 对象 B、C、E、F 存在于当前时间上下文区间之内,但并不跨越当前焦点时刻,是用户次要关心的内容,将以半透明方式表达,不透明度随时空对象生命周期与当前焦点时刻的时间距离作线性变化,距离越小,不透明度越高,对象 C 的不透明

度高于对象  $B$ , 对象  $E$  的不透明度高于对象  $F$ ;

4) 对象  $B$ 、 $C$  和对象  $E$ 、 $F$  分别存在于时间上文和下文区间内, 在时间轴上的分布不同, 但是, 当它们与焦点时刻的时间距离相等时, 将获得相同的透明度, 造成时间先后关系表达混淆。本模型通过颜色视觉变量对时间上下文中的内容进行区分, 以两种不同颜色来表达“先”和“后”的时间关系语义, 时间上文区间中的对象  $B$ 、 $C$  将以蓝色半透明图形进行表达, 时间下文区间中的对象  $E$ 、 $F$  以绿色半透明图形进行表达。

本模型中, 时间上下文区间由用户自定义的焦点时刻和时间上下文区间跨度计算得到, 两个跨度值可以不相等, 也可以设置为 0, 当上下文时间跨度同时设置为 0 时, 地图表达中将去掉时间上下文内容, 得到焦点时刻的简单地图快照。

### 3 应用实例

基于透明度时空可视化模型, 以山东省某开发区的建筑物数据为例, 本文建立了城市建设发展时空可视化原型系统, 封三彩图 5 为系统界面截图。

系统功能如下: ① 焦点时刻设置: 通过  和  按钮向前和向后调整当前焦点时刻; ② 时间上下文区间设置: 通过文本框设置时间上下文跨度, 根据当前焦点时刻和时间上下文跨度可以得到时间上下文区间; ③ 时间坐标和时间图例: 系统在时间轴上对当前焦点时刻和时间上下文区间进行表达, 两条红色虚线代表了时间上下文区间的起点和终点, 中间较粗的红色实线指示了当前焦点时刻, 蓝色和粉红色渐变色带分别代表时间上文和下文区间。该色带由透明向不透明作线性渐变, 指示了时间上下文中不同时刻时空对象的透明度, 作为时间图例使用; ④ 时空动画表达: 通过“Play”按钮可以实现不同时刻时空可视化结果的顺序播放, 以动画形式表现城市建设发展的时空过程。

从封三彩图 5 的城市时空表达中可以看到, 当前焦点时刻 2000 年所存在的建筑物以完全不透明方式表达, 对于用户所关心的从 1997~2004 年时间上下文中的建筑物以蓝色或粉红色半透明方式表达, 而对于用户不关心的时间上下文之外的建筑物没有进行表达。通过和时间轴上的时间图例对比可以发现,  $A$ 、 $B$ 、 $C$  矩形区域的建筑物分别建成于 2003 年、2002 年和 2001 年,  $D$  矩形区域中的蓝色多边形代表该建筑物拆除于 1999 年, 粉红色多边形代表该街区于 2001 年又新建成的建筑物。

### 4 结 语

本文利用电子地图环境下新型的视觉变量-透明度提出了兼顾焦点时刻和时间上下文内容的时空可视化方法, 给出了一个时间上下文透明度计算模型, 该模型中焦点时刻和时间上下文可以由用户自定义设置。基于透明度的时空可视化巧妙叠加了焦点时刻表达和时间上下文中的内容, 能够从时间全局上描绘时空现象的时间分布和时态关系, 帮助把握时空发展的规律和趋势, 也更加高效地利用了地图幅面, 时空信息量更加丰富。在地图动画播放过程中, 这种图形透明度随时间渐进式变化得到的“淡入”和“淡出”效果也能够很好地模拟事物出现和消失的过程。

### 参 考 文 献

- [1] MacEachren A M, Kraak M J. Exploratory Cartographic Visualization: Advancing the Agenda [J]. Computers & Geosciences, 1997, 23(4): 335-343
- [2] Jiang B, Li Z. Geovisualization: Design, Enhanced Visual Tools and Applications [J]. The Cartographic Journal, 2005, 42(1): 3-4
- [3] MacEachren A M. Geovisualization for Knowledge Construction and Decision Support [J]. IEEE Computer Graphics and Applications, 2004, 24(1): 13-17
- [4] 黄仁涛, 庞小平, 马晨燕. 专题地图编制 [M]. 武汉: 武汉大学出版社, 2006
- [5] Campbell C S, Egbert S L. Animated Cartography, Thirty Years of Scratching the Surface [J]. Cartographica, 1990, 27(2): 24-46
- [6] Dorling D, Openshaw S. Using Computer Animation to Visualize Space-Time Patterns [J]. Environment and Planning B: Planning and Design, 1992, 19(9): 639-650
- [7] MacEachren A M. Visualizing Uncertain Information [J]. Cartographic Perspectives, 1992(13): 10-19
- [8] Guiberson P. An Examination of Transparency as a Visual Variable for the Mapping Sciences [D]. Nebraska: University of Nebraska, 2007
- [9] Bertin. Graphics and Graphic Information Processing [M]. Berlin: Walter de Gruyter, 1981
- [10] Furnas G W. Generalized Fisheye Views [C]. The Conference of Human Factors in Computing Systems CHI'86, Boston, MA, 1986
- [11] MacEachren A M. Time as a Cartographic Variable [C]/Hearnshaw H M, Unwin D J. Visualization in Geographical Information Systems. Chichester: John Wiley & Sons, 1994

- [12] 艾廷华. 动态符号与动态地图 [J]. 武汉测绘科技大学学报, 1998, 23(1): 47-51
- [13] 李霖, 苗蕾. 时间动态地图模型 [J]. 武汉大学学报·信息科学版, 2004, 29(6): 484-487
- [14] 唐新明, 吴岚. 时空数据库模型和时间地理信息系统框架 [J]. 遥感信息, 1999(1): 4-8
- [15] 艾波, 艾廷华, 唐新明. 矢量河网数据的渐进式传输 [J]. 武汉大学学报·信息科学版, 2010, 35(1): 51-54

第一作者简介: 艾波, 讲师, 博士, 主要研究方向为时空可视化与时空分析。

E-mail: aibogis@gmail.com

## Visualization of Spatio-Temporal Information Based on Transparency

AI Bo<sup>1</sup> TANG Xinming<sup>2</sup> AI Tinghua<sup>3</sup> WANG Huibing<sup>2</sup>

(1 Key Laboratory of Surveying and Mapping Technology on Island and Reef, State Bureau of Surveying and Mapping, Shandong University of Science and Technology, 579 Qianwangang Road, Qingdao 266510, China)

(2 Satellite Surveying and Mapping Application Center, State Bureau of Surveying and Mapping, 28 West Lianhuachi Road, Beijing 100830, China)

(3 Key Laboratory of Geographic Information System, Ministry of Education, Wuhan University, 129 Luoyu Road, Wuhan 430079, China)

**Abstract:** Based on the transparency visual variable in electronic map, we present a spatio-temporal visualization method that considering time focus and context. The method represents normally the spatio-temporal contents at the time focus as well as visualizes the objects in the user-defined time context by graphic elements with different transparencies simultaneously. It not only provides more spatio-temporal information with the same map extent, but also depicts the temporal distributions and temporal relationships of phenomena.

**Key words:** spatio-temporal information; visualization; transparency; time context

**About the first author:** AI Bo, lecturer, Ph. D. majors in the spatio-temporal visualization and analysis.

E-mail: aibogis@gmail.com

(上接第 223 页)

## Progressive Combination of Polygon Groups

GUO Qingsheng<sup>1,2</sup> WANG Xiaoyan<sup>1</sup> LIU Jiping<sup>3</sup>

(1 School of Resource and Environmental Science, Wuhan University, 129 Luoyu Road, Wuhan 430079, China)

(2 State Key Laboratory of Information Engineering in Surveying, Mapping and Remote Sensing, Wuhan University, 129 Luoyu Road, Wuhan 430079, China)

(3 Chinese Academy of Surveying and Mapping, 28 West Lianhuachi Road, Haidian District, Beijing 100039, China)

**Abstract:** The polygon combination which includes aggregation and amalgamation is an important task in the generalization of thematic map. The spatial visual conflict of polygon groups which are lower than area thresholds is divided into four kinds and solved by different strategies. And a progressive combination method of adjacent polygon groups is mainly proposed, which can simplify the entire calculation progress, improve the computing efficiency, and make the changes reach the minimum before and after the generalization.

**Key words:** map generalization; polygon combination; polygon groups; spatial visual conflict; progressive combination

**About the first author:** GUO Qingsheng, professor, Ph. D., Ph. D supervisor, majors in cartographic generalization, intelligent handling and visualization of geographical information.

E-mail: guoqingsheng@126.com

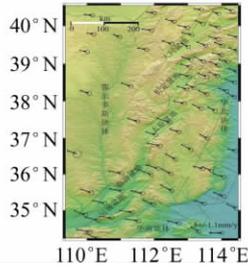


图 1 1999~2007 年山西地堑及周边地块地壳水平速度场(相对于欧亚板块)

Fig. 1 GPS Velocity Fields of Shanxi Graben and Its Surrounding Blocks Related to Eurasia Plate(1999-2007)

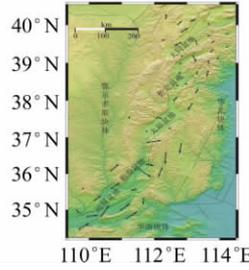


图 2 1999~2007 年山西地堑系内部地壳相对水平速度场

Fig. 2 Relative GPS Velocity Fields Within Shanxi Graben(1999-2007)

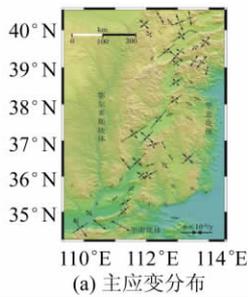


图 3 主应变分布和最大剪应变分布/( $10^{-8}/a$ )

Fig. 3 Principal Strain Distribution and the Maximum Shear Strain

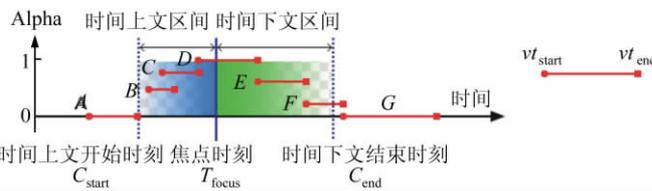
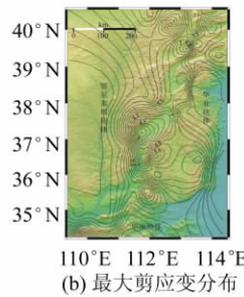


图 4 透明度时空可视化模型

Fig. 4 Spatio-Temporal Visualization Model Based on Transparency

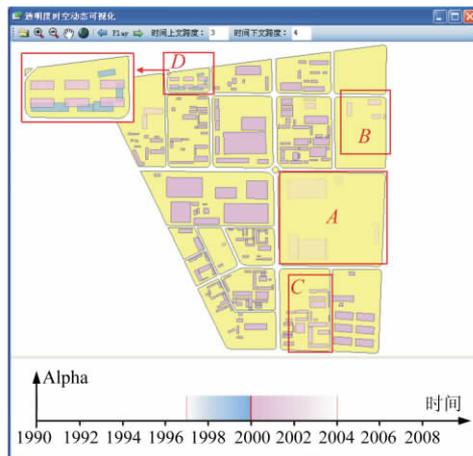


图 5 基于透明度的城市建筑发展时空可视化

Fig. 5 Spatio-Temporal Visualization of City Buildings Based on Transparency