

时间序列空间数据可视化中有关问题的研究

黄培之¹ Poh-Chin Lai²

(1 深圳大学信息工程学院,深圳市南油大道2336号,518060)

(2 香港大学地理学系,香港港岛薄扶林路)

摘要:就土地利用变化可视化这一实例,对时间序列空间数据可视化的图形关系分析和图形内插等问题进行了深入的研究,得出了土地利用变化中图形关系变化的四种基本形式,并针对这四种基本图形的变化情形研究出了相应的内插策略;在对现有的图形内插算法研究的基础上,提出了基于物理场模型的整体内插算法,该算法能够较好地解决文中的图形内插问题。

关键词:可视化;图形内插;时间序列空间数据;图形关系

中图分类号:P208; P273

随着人类认识社会和改造社会实践活动的不断深入,仅限于静态地表达分布在二维或三维空间上的信息的制图手段受到了挑战^[1]。近年来,计算机技术的发展和空间数据库的建立为时间序列空间数据可视化的实现提供了可能。时间序列空间数据可视化能够将随时间变化的、分布于二维和三维空间的信息动态地表现于计算机屏幕上,它比传统的地图制图方法能够更加形象、逼真地反映空间数据的变化状态,为提取和分析特定时域内任一时刻的空间数据及其变化规律提供有效的工具^[2]。

土地利用现状的分析和规划在合理地利用和开发现存的土地资源中起着重要的作用。本文着重研究了时间序列空间数据可视化的问题,并就土地利用变化可视化这一实例分析了时间序列空间数据可视化中的图形关系分析和图形内插策略等问题,为时间序列空间数据的可视化提供了技术上的支持。

1 土地利用变化分析中图形关系的分析

土地利用变化是一个相当复杂的过程,它同时受自然、社会、经济等诸多因素的影响。对同时期记载的土地利用变化现状进行深入的分

析,可以知道土地利用变化实际上是地表面上分布的客观实体随时间变化所发生的空间关系的变化,即描述客观实体的内容(属性)和(图形)形状的变化。因此,土地利用变化分析中图形关系的变化问题实质上是一个时间序列二维空间上分布的区域属性关系的变化问题。尽管在土地利用变化中图形形状变化万千,但就其变化前后同一区域的属性变化来说,要视其区域属性是否发生了改变。对于区域属性关系改变的情况,其图形关系变化只是一个简单的覆盖,即变化后(新属性区域)的区域是从无到现状;对于区域属性关系没有改变的情况,其图形关系变化有3种情况,见图1。

地块形状变化	t_0	t_1	$t_0 \rightarrow t_1$
新增地块			
单个地块变化(包含)			
多个地块合并(包含)			
单个地块变化(非包含)			

图1 土地利用变化中图形关系的分解

Fig.1 Analysis of Shape Relation for Land Block

1) 单个包含关系, 即变化后的区域是变化前一个区域的扩大或缩小, 且变化前后区域的边界互不相交;

2) 多个包含关系, 即变化后的区域是变化前多个区域的扩大, 且变化前后区域的边界互不相交;

3) 非包含关系, 即变化后的区域是变化前一个区域的任意变形(变化前后区域的边界互相相交)。

2 土地利用变化中图形内插策略及对算法的要求

土地利用变化中图形关系的变化可以分解为 4 种形式, 它们的相互组合便构成了土地利用中千变万化的图形, 对这 4 种基本图形变化进行内插便可得到任一时刻的土地变化情况。在利用通用的图形内插算法对这 4 种基本图形进行内插时, 需顾及其各自的特殊性。

对于区域属性关系改变的情况, 如图 1 中新增地块, 其图形变化是一个简单的覆盖关系。从图形内插的角度来说, 可以将其视为从一个点或一个线链变为一个多边形的问题, 在内插时, 这个点或线链可以视为根点或根链, 它对图形内插有着重要的作用。仅从几何意义上来考虑, 可以选择图形的几何中心、几何重心以及几何图形的场中心作为根点(见图 2(a)), 或者选择图形的骨架线^[3]作为根链(见图 2(b))。笔者认为, 简单的几何图形用根点进行内插, 而复杂的图形用根链进行内插较为合理。

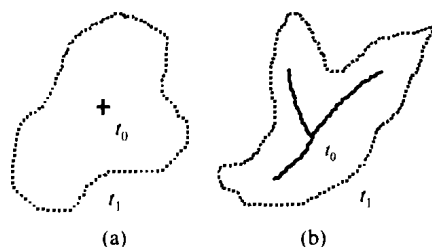


图 2 图形内插中的根点、根链

Fig. 2 Original Point and Line for Shape Interpolation

对于区域属性关系没有改变时的 3 种图形关系变化的内插分别讨论如下。

1) 单个包含关系。这是一个标准的图形内插问题, 即从一个多边形变化到另一个多边形。它可以通过常用的图形内插算法对其环状区域进行内插, 从而得到所需要的内插图形。

2) 多个包含关系。对于这种情况, 可以将它分解成多个单个包含关系, 分别对其进行内插, 然后通过组合得到其内插结果。图 3 为多个(两个)包含关系, 它可以分解成 3 个单个包含关系, 即图 3 所示的图形区域 I、II 和 III(灰色)。分别对其环状区域进行内插, 最后可得到该种图形内插的结果。对于图形的分解可以借助图形骨架线确定的算法先得到图形的骨架线^[3], 以用于图形分解的拓扑关系的确定, 然后再对其进行适当变换即可实现图形的分解。

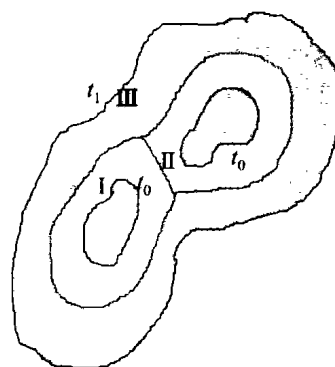


图 3 多个包含关系图形内插的分解

Fig. 3 Skeleton Analysis for Two Original Shapes

3) 非包含关系。非包含关系实际上就是图形变形关系。在内插计算时, 可以将其变形部分进行单独处理, 亦即图形的整体变形是由多个单独简单的图形变形区域组成(见图 4 中的晕线和格网线所示的区域部分), 而每个单独的变形区域实际上只是一个曲线变形, 对其进行内插可以通过曲线内插算法^[4]实现。

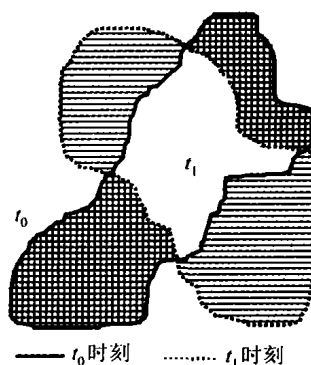


图 4 非包含关系图形内插的分解

Fig. 4 Analysis for Shape Change

从内插的角度来说, 本文所研究的土地利用变化中图形内插问题要求图形内插算法既能够解决曲线内插, 又能够实现闭合图形内插, 后者包括无根点图形内插和有根图内插(根可为一闭合多边形或根链)。

3 土地利用变化分析中图形内插算法的研究

传统的图形内插算法一般多采用局部算法^[5],该算法通过在两个初始图形上选择对应点,然后再在对应点之间进行线性内插,来得到所需要的内插图形。这种算法在实现图形内插时存在两个问题,即图形特征点的提取和图形内插对应点的确定。这两个问题若解决不好,不仅会影响内插图形的结果,而且还可能导致内插图形产生错误。产生这种现象的根源在于局部算法不能顾及图形的整体变化规律,导致产生内插图形的自相交。此外,这种局部内插算法的内插结果随内插时对应点选择的不同而变化,因此,内插时对应点的选择十分重要,而且也十分困难,尤其是当初始图形存在根链时更加困难(图 2(b));另一方面,这种局部算法在选择对应点时受到初始图形特性的限制,很难同时兼顾曲线内插、图形内插等多种情况。

传统的内插算法虽然在一定程度上能够近似地解决图形形状的内插问题,但将其用于本文所研究的土地利用中的图形内插时其适用性较差。

为了解决土地利用中的图形内插问题,笔者根据文献[8]的基本思想设计了一种基于物理场模型的二维图形整体内插算法。该算法在实现图

形内插时,将两个初始图形视为两个不同极性的带电体,用式(1)求得图形内插区域内任意一点的电场强度:

$$v_i = \int_c \frac{1}{f(r)} dr - \int_{c'} \frac{1}{f(r)} dr \quad (1)$$

式中, r 为电场中任意一点距场源点的距离; c 和 c' 为两条初始图形曲线。这样可以建立由两个初始图形所形成的内插图形区域的物理场(电场)模型。

根据电学原理,该物理场模型强度在不同极性之间的区域具有单调性,并且其场强度分布与其场源形状相似^[6],其相似性随距场源的距离而变化。因此,可以通过求解该物理场强度等值线来得到整体内插图形,这样所得到的内插图形形状与两个初始图形形状的相似程度随该内插图形距两初始图形的距离变化而变化。由于该整体内插算法基于物理场模型原理,所以它不仅对两个初始图形的形状没有限制,而且不需要对初始图形进行分析选择内插所需要的对应点,更不会产生内插图形的自相交。此外,它还能够兼顾本文所研究的土地利用中的图形内插问题中的曲线内插、图形内插的多种情况(见图 5、图 6)。

图 5 是笔者用该算法进行的一个曲线内插的实例,该内插结果给出了香港维多利亚海湾随着时间的变化(1887~1995 年)情况。图 6 为图形内插的结果。

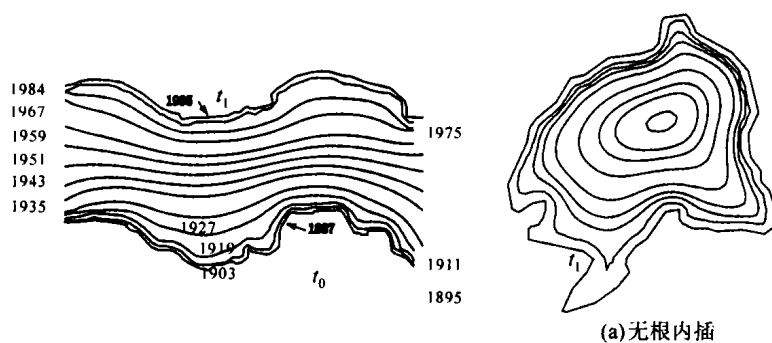


图 5 香港维多利亚海湾的变化内插结果

Fig. 5 Change History of Victoria Coast Line

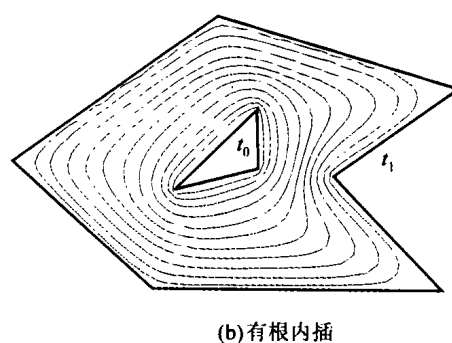


图 6 图形内插结果

Fig. 6 Shape Change for Two Cases

4 结 语

图形关系分析和图形内插策略等问题是时间序列空间数据可视化的关键技术的一部分。本文着重研究了时间序列空间数据可视化的有关问题,并就土地利用变化可视化这一实例对时间序列空间数据可视化的图形关系分析和图形内插策

略等问题进行了深入的研究。笔者设计的基于物理场模型的二维图形整体内插算法能较好地解决本文所研究的土地利用变化中的图形内插问题,不仅能够克服局部图形内插算法的弊端(如对应点的选择困难、内插图形的自相交等),而且还能够解决土地利用变化中的图形内插的诸多复杂情况。但是,由该算法得到的内插图形的复杂性随其距初始图形距离的增加而降低,这与某些实际

情况不太相符合,但它可在动态显示时得到补偿。对于不同属性实体之间变化速度的差异问题,可以在动态显示时通过调节各自的显示速度,得到最佳的动态显示效果。

参 考 文 献

- 1 Craig S C, Stepphen L E. *Animated Cartography/Thirty Years of Scratching the Surface*. Cartographica, 1990, 27(2): 24~26
- 2 Jiang B. *Cartographic Visualization: Analytical and Communication Tools*. Cartography, 1996, 25(2): 1~11
- 3 Niran J M, Rajan V T. An Efficient Shape Representation Scheme Using Voronoi Skeletons. *Pattern Recognition Letters*, 1995, 16: 147~160
- 4 Heinrich M, Arnold K. *Surface Interpolation from Cross Section*. Berlin, Heidelberg: Springer-Verlag,

1993

- 5 Michal S, Ari R. Shape Blending Using the Star-Skeleton Representation. *IEEE Computer Graphics and Application*, 1995, 15(2): 44~50
- 6 Douglas C G. *Physics for Scientists and Engineers*. New York: Prentice Hall, 1989
- 7 Lai P C, Huang P Z. A Modified Potential Field for Shape Interpolation. *Geographic Information Science*, 1999, 5(1): 58~64
- 8 Lai P C, Huang P Z. A Global Method For 2D Shape Interpolation. *Chinese Journal of Computers*, 1999, 22(2): 165~170

第一作者简介: 黄培之,副教授,博士。主要从事数字制图、地理信息系统、空间数据可视化等方向的研究工作。已发表论文 40 余篇。

E-mail: hpz@szu.edu.cn

Problems on Visualization of Spatio-temporal Data

HUANG Peizhi¹ Poh-Chin Lai²

(1 School of Information Engineering, Shenzhen University, 2 336 Nanyou Road, Shenzhen 518060, China)

(2 Department of Geography, The University of Hong Kong, Pokflam Road, Hong Kong)

Abstract: After studying on the shape change in a group of spatio temporal data for land use, the authors concludes that there are only four basic types of shape change and the time slices for each case of shape change can be interpolated by curve interpolation and shape interpolation. Thus, a powerful interpolation algorithm for shape interpolation is needed in order to realize the visualization of shape change. The algorithm is able to interpolate for both curve and polygon. The commonly used interpolation algorithm can not achieve this, because it is a local interpolation algorithm. After investigating into the interpolation algorithm deeply, the authors concludes that a global interpolation algorithm based on potential field theory can be used for shape interpolation in the visualization of spatio-temporal data for land use.

Key words: visualization; shape interpolation; spatio-temporal data; shape relation

About the first author: HUANG Peizhi, associate professor, Ph. D. His research interest includes digital mapping, GIS, visualization and so on. He has published over 40 papers.

E-mail: hpz@szu.edu.cn

(责任编辑: 涓涓)