

文章编号:1671-8860(2008)04-0363-04

文献标志码:A

导航电子地图的自适应多尺度表达

杨必胜^{1,2} 孙丽¹

(1 武汉大学测绘遥感信息工程国家重点实验室,武汉市珞喻路129号,430079)

(2 武汉大学交通研究中心,武汉市珞喻路129号,430079)

摘要:提出了导航电子地图的自适应多尺度表达的概念、模型,并设计了相应的实现方法。该方法根据道路网的密度、显示的范围自动调节显示屏幕上不同区域内的地图比例尺,实现同一屏幕上地图数据的多尺度显示。实验结果表明,本方法可以实现视相关的导航电子地图多尺度显示,即显示的比例尺随地物到观察位置的距离增大而变小,而且在一些约束规则的前提下,可以实现兴趣点(POI)的合理取舍。

关键词:多尺度;自适应;变比例尺;导航电子地图

中图法分类号:P208; P283

导航电子地图是移动信息服务中空间信息定位的载体,设计和开发高效的电子地图可视化方法是提高移动信息服务质量和车载导航的实用化程度的重要手段之一。由于导航仪的显示屏幕尺寸有限,难以表达丰富的信息量,一定程度上限制了车载导航个性化服务的进程。国内外的学者对小屏幕上电子地物的可视化方法进行了一定的研究^[1-8]。目前的研究基本上将电子地图的自适应表达和多尺度显示分别进行研究,没有进行集成处理,很难满足导航应用服务中小屏幕上电子地图的表达要求。在导航过程中,需要实现由近及远的多级比例尺(无级)显示路网和注记。由于比例尺由近及远越来越小,使得用户重点关注当前所在位置的道路信息;而对距离较远的区域,只关注其道路概略分布情况。本文提出的方法根据道路网的密度、显示的区域范围,自动地调节多级比例尺地图显示的起始和终结比例尺,实现同一屏幕上多比例尺的集成显示,扩大了显示的范围内容,有效地解决了小屏幕上显示信息量不足的缺陷。而且在一定的干预条件下可以对POI点依据比例尺进行取舍,最终实现导航电子地图的自适应多尺度表达。

1 自适应多尺度表达的概念及模型

“尺度”是与地理信息相关的基本概念之一,它有多种涵义,如分辨率、粒度以及详细程度等,本文的多尺度限定在地物的详细程度上。多尺度表达是指在同一屏幕上不同区域使用不同的放大率,而在不同的放大率下具有不同的详细程度。“自适应表达”主要针对表达介质的多样性(如车载终端、智能手机)、介质的尺寸差异以及表达尺度的不同使用不同的界面、颜色、符号、表达尺度以及显示内容,建立个性化的表达方式,提高对复杂空间现象的理解和认知,实现数据的协同可视化和交互式分析与共享。

1.1 自适应变比例尺投影

变比例尺投影的关键是确定比例尺函数 $s_x = f_x(x, y, x_0, y_0)$, $s_y = f_y(x, y, x_0, y_0)$, (x, y) 是变比例尺投影前坐标, (x_0, y_0) 是当前的观察位置。变比例尺投影函数必须满足的一个条件是比例尺是地物点到观察位置距离的递减函数,这个条件可以保证距离观察近的区域内大比例尺显示地物,而较远区域小比例尺显示。为了满足自适应表达的需求,本文设计了自适应离散变比例尺和自适应连

收稿日期:2008-02-24。

项目来源:国家863计划资助项目(2007AA12Z241, 2007AA12Z212);国家教育部新世纪优秀人才计划资助项目(NCET-07-0643);

国家自然科学基金资助项目(40571134);国家973计划资助项目(2006CB705500)。

续变比例尺两种方法满足变比例尺投影。

自适应离散变比例尺的核心是以当前的观察位置确定一个矩形区域,定义为焦点区域,在该区域内比例尺 s_0 最大,显示内容最详细。其他显示区域被分成 n 个条带(如图 1),每个条带对应一种显示比例尺 $(s_1, s_2, s_3, \dots, s_n)$,且满足下列三个约束条件:

$$s_i > s_j (i < j) \quad (1)$$

$$s_1 = \max(s_1, s_2, s_3, \dots, s_n) \quad (2)$$

$$s_n = \min(s_1, s_2, s_3, \dots, s_n) \quad (3)$$

式中, $f_x(x, y, x_0, y_0)$ 和 $f_y(x, y, x_0, y_0)$ 是离散函数。

$$\begin{cases} f_x(x, y, x_0, y_0) = s_i, ((x, y) \in \text{belt}, i) \\ f_y(x, y, x_0, y_0) = s_i \end{cases} \quad (4)$$

$$\begin{cases} x' = s_i(x - x_0) + y_0, ((x, y) \in \text{belt}, i) \\ y' = s_i(y - y_0) + y_0 \end{cases} \quad (5)$$

其中最大和最小比例尺 s_{\max}, s_{\min} 需根据当前位置道路网密度设定,同时设置一个合适比例尺间隔 Δs ,则根据这三个参数可以得到以下公式:

$$n = \frac{s_{\max} - s_{\min}}{\Delta s} \quad (6)$$

$$s_i = s_{\min} + (i - 1) \times \Delta s \quad (7)$$

式中, n 是条带数; s_i 是第 i 个条带内的比例尺。

如实现自适应连续变比例尺,则比例尺 s_x, s_y 是 (x, y) 的连续函数。

$$D' = K_1 D^{K_2} (0 < K_2 < 1) \quad (8)$$

$$D = \sqrt{(x - x_0)^2 + (y - y_0)^2} \quad (9)$$

$$\begin{cases} f_x = D'/D \\ f_y = D'/D \end{cases} \quad (10)$$

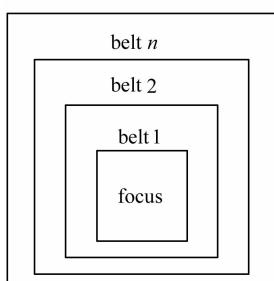


图 1 显示区域的条带划分

Fig. 1 Belt Based Subdivision of Regions

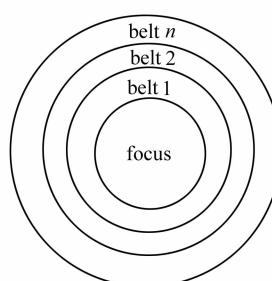


图 2 自适应连续尺度表达分条带确定 α_j

Fig. 2 Adaptive Multiple Representation for Belts α_j

在地物显示的取舍处理中,需兼顾道路的连通性和重要性。连通性,即显示的道路网络的几何连通关系保持不变。重要性,就是综合考虑各种不同类型道路的权值,并根据道路属性予以相应的等级“分层”。POI 是导航电子地图中的重要

$$\begin{cases} x' = f_x(x - x_0) + x_0 \\ y' = f_y(y - y_0) + y_0 \end{cases} \quad (11)$$

式中, D'/D 为比例尺; K_1 与显示屏幕大小有关; K_2 用来控制比例尺,当 $0 < K_2 < 1$ 时, D' 值的增长随 D 值的增大而逐渐减小, K_2 值越小,则变形程度越大。因此,可以根据当前的观察位置和所在区域的道路网密度自动调节 K_2 的值达到自适应。

1.2 地物的取舍和简化

由于显示屏幕上不同区域的比例尺不同,在比例尺小的区域地物会比较密集,而在比例尺大的区域地物会很稀疏,对地物密集的区域要进行适当的取舍和简化。如图 2,当 P^i 到 P^{i+1} 和 P^{i-1} 连线的距离小于给定的阈值 d ,则移去该形状点(shape point),同样, d 也是比例尺 s 的函数 $d = D(s)$,因而 $T(s)$ 和 $D(s)$ 的确定成为多尺度表达下地物取舍和简化的关键。由于 s 是 (x, y) 的函数,阈值 t 和 d 可以转换成 (x, y) 的函数,对于自适应离散多尺度表达将整个屏幕像图 1 那样划分为 n 个条带,而对于自适应连续尺度表达将整个屏幕像图 2 那样划分为 n 个条带,根据条带内的平均比例尺给定一个系数 α_j ,焦点区域的地物筛选和简化的阈值为 T_0, D_0 ,则位于第 j 个条带内的阈值由以下公式计算:

$$T_j = \alpha_j \times T_0 \quad (12)$$

$$D_j = \alpha_j \times D_0 \quad (13)$$

如果 $O \in \text{belt}_j$ $\text{length}(O) < T_j$,那么地物 O 不显示;如果 $O \in \text{belt}_j$ and $d_{pi} < D_j$,那么,删除地物 O 第 i 个 shape point。

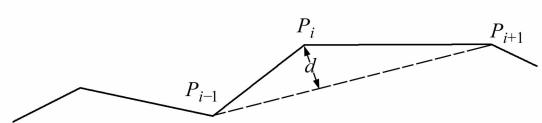


图 3 线状地物简化示意图

Fig. 3 Simplification of Lines

信息,为了使图面不显得过于拥挤,需要在保持其空间分布特征情况下对兴趣点进行一定的取舍。本文根据凸壳来进行点群分布范围的确定,依据点群生存空间,生成点群的 Voronoi 图,并求出 Voronoi 图中每个多边形的面积。由于某点属于

且仅属于惟一的 Voronoi 多边形,这样就可以通过比较各个 Voronoi 多边形面积的大小,来确定是否保留相关的 POI,所以要根据 POI 点密度进行筛选。但是仅仅依据密度筛选,可能会删除某些对用户而言非常重要的 POI,所以应该优先表达相对重要的 POI。亦可以通过人工的方法设置权重,来权衡每个 POI 点的重要性,将每个 POI 点所在的 Voronoi 多边形的面积作为确定其显示重要性的一个因素。为保证 POI 自适应表达的需求,本文确定了如下的规则。

1) Voronoi 多边形的面积。Voronoi 多边形面积越大则该区域 POI 密度越小,属于该 Voronoi 多变形的 POI 显示级别也就越高。

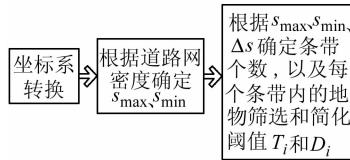


图 4 自适应离散尺度表达流程图

Fig. 4 Framework of Discrete Representation for Adaptive Visualization

2 实验分析

笔者选取了武汉市 1:25 000 的导航电子数据对本文提出的两种方法进行实验。图 6 和图 7 分别给出了离散多尺度表达和连续多尺度表达比较的效果图,其中灰色的底层为原图,实线条为多尺度表达的道路,箭头位置为假设车辆位置,方向为假设车辆行驶方向(正北)。

在对离散尺度表达时,对处在分带线上的地物进行较大比例尺的变换,避免在边界线上切割地物,从而避免地物接边。在连续尺度表达中由



图 6 离散尺度表
达(分为 100 个条带)

Fig. 6 Discrete Representation (100 belts)

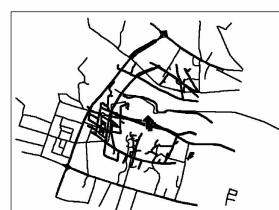


图 7 连续尺度表
达($K_1 = 10, K_2 = 0.6$)

Fig. 7 Continuous Representation($K_1 = 10, K_2 = 0.6$)

2) 地物点类型。如用户感兴趣的目的地是酒店,则可以认为用户对餐饮类 POI 更感兴趣,餐饮类 POI 比其他类 POI 显示级别要高。

3) 观察者当前的位置。一般而言用户更关注所在位置周围的 POI,因而对距离观察位置较近的 POI 设定较高级别的显示权。

4) 路径周围的交通设施。如车辆行驶在高速或者国道上,对于服务区、加油站、汽车修理等交通配套设施更关注,因而规划路径周围的交通设施显示级别较高。

1.3 算法流程

根据以上算法设计的两种算法流程如图 5 所示。

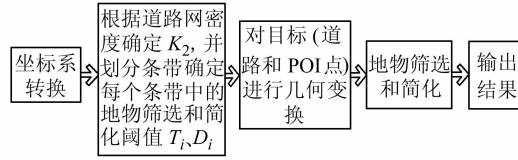


图 5 自适应连续尺度表达流程图

Fig. 5 Framework of Continuous Representation for Adaptive Visualization

于屏幕上每个点都具有不同的比例尺,计算量相对较大。

其次,笔者模拟了车辆导航过程中的导航电子地图的自适应表达,并给出了车辆行驶在不同位置时的自适应表达效果。图 8 分别给出了两个不同位置的表达效果图,其中图中箭头位置为车辆所在位置,箭头方向为车辆行驶方向,最上方的方向指示为地理坐标方向,道路显示的不同颜色指示不同的道路等级,面状地物是背景层。在变换时参数 K_1 取数值为 10, K_2 随着所在位置道路网密度的变化而自动设定。实验结果表明,采用连续尺度表达的方法可以基本满足小屏幕上显示的需求。

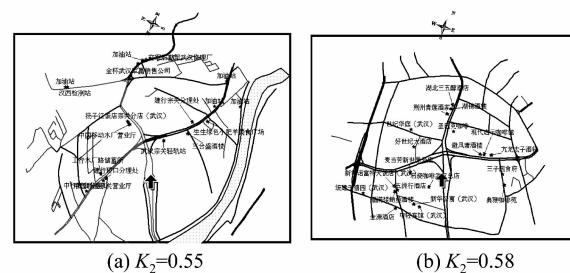


图 8 车辆位于某位置时导航仪屏幕自
适应连续多尺度显示($K_2 = 0.55$)

Fig. 8 Simulation of
Adaptive Representation

3 结语

在本文提出的自适应多尺度表达的概念、模型以及实现方法的基础上选取了部分实验数据对离散多尺度表达和连续多尺度表达方法进行了验证,实验结果表明,本文提出的方法、规则能够满足小屏幕上导航电子地图的自适应表达的需求,能够有效地增加显示的信息量而且克服了显示内容单一、过分拥挤的不足。有关显示内容承载量、POI自动选取规则等方面的研究还有待进一步深入。

参 考 文 献

- [1] 艾廷华,梁蕊.导航电子地图的变比例尺可视化[J].武汉大学学报·信息科学版,2007,32(2):37-40
- [2] 王洪,艾廷华,祝国瑞.电子地图可视化中的自适应策略[J].武汉大学学报·信息科学版,2004,29(6):58-61
- [3] Sarkar M, Brown M H. Graphical Fisheye Views of Graphs [J]. Communications of ACM, 1994, 37(12):73-83
- [4] Keahey T A, Robertson E L. Techniques for Non-Linear Magnification Transformations[C]. Information Visnality'96, San Joe, California, 1996
- [5] Rauschenbach U, Jeschke S, Schumann H. General Rectangular FishEye Views for 2D Graphics [J]. Computers Graphs, 2001, 25(4):609-617
- [6] Sarkar M, Snibbe S S, Tversky O J, et al. Stretching the Rubber Sheet A Metaphor for Viewing Large Layouts on Small Screens[C]. VIST'93, New York, 1993
- [7] 吕华新,李霖,翟亮.电子地图中多尺度地图数据显示的研究[J].测玲信息与工程,2005,30(5):25-27
- [8] 王明常,应申,李霖.基于Voronoi图的空间信息多尺度表达[J].吉林大学学报(地球科学版),2005,35(4):133-136
- [9] 王家耀,成毅.空间数据的多尺度特征与自动综合[J].海洋测绘,2004,24(4):3-5

第一作者简介:杨必胜,博士,教授。现主要从事空间数据的多尺度表达、网络渐进传输与自适应可视化方面的理论和技术研究工作。

E-mail:bshyang@whu.edu.cn

Adaptive Multi-scale Visualizations of Road Network for Navigation

YANG Bisheng¹ SUN Li¹

(1) State Key Laboratory for Information Engineering in Surveying, Mapping and Remote Sensing,
Wuhan University, Wuhan 430079, China
(2) Transportation Research Center, Wuhan University, Wuhan University, Wuhan 430079, China)

Abstract: The paper proposes a method for the adaptive multi-scale representation of navigation map for LBS applications. The method is able to automatically set a feasible scale according to geographical scope and the complexity of road network. Moreover, the method achieves multiple-scale representations of road network in a display screen. Initial experimental studies are shown in this paper. Further research will focus on the adaptive representations and visualizations of road network data.

Key words: adaptive; visualization; multi-scale; LBS

About the first author: YANG Bisheng, professor. His research interests cover multiple representation of spatial data, progressive transmission of spatial data over the Internet, and adaptive visualization of spatial data.

E-mail: bshyang@whu.edu.cn