

矢量电子地图的自动生成

张旺生 黄晓钢 鲍远律 史久根

(中国科学技术大学自动化系, 合肥 30026)

摘 要

文章介绍了基于 GPS、GIS 应用领域的电子地图自动生成的实现过程与方法, 包括地图矢量化与辅助修正。在推广应用城市 GPS 车辆监控系统形成 GIS 产业化的今天, 我们已利用该系统生成了多个城市的矢量地图并取得了很好的监控效果。

关键词: 矢量电子地图, GPS, GIS, 黑白二值图, 噪声, 模式匹配

1 引言

近年来 GPS、GIS 技术迅速发展, 并且在我国的九五计划中被列入了国家重点科技项目。但它们的应用要想得到一个很好的效果都离不开一个丰富完善的矢量电子地图的支持。矢量地图与普通的点阵图相比具有所占的存储空间小、可任意放大缩小而不影响地图的显示效果等优点。但矢量地图的生成及数据结构的设计却一直是一个有待改善的环节, 我国至今还没有一个成熟统一的标准。传统的矢量地图生成大都是通过数字化仪来实现的, 因而周期长、费用贵, 并且地图的准确度受图源限制, 很难得到较准确的矢量地图。

目前国内应用于 GPS 车辆安全监控方面的地图多采用点阵图, 这样在对监控车辆进行自动跟踪时势必影响地图的自动切换速度, 并且对地图的放大倍数有一定的限制, 会导致整个系统的使用及效果因无矢量地图而受到极大的影响。GIS 作为一门新兴的技术, 在中国实际应用的时间不长, 还不是很成熟, 适合中国国情的 GIS 国产软件资源还很匮乏, 目前中国用户多数采用国外软件, 如 ARC/INFO, MAPINFO, 虽然在一定程度上满足了用户的需要, 但用户却承受着高

昂的价格, 且在特殊领域显得系统过于庞大和高级功能不易扩展, 其根本原因就是没有结构合理的矢量地图的支持。

本文介绍的矢量地图自动生成针对 GPS 及 GIS 领域的应用, 其结构合理, 并且自动生成的速度快, 大大提高了效率。

2 矢量电子地图自动生成的总体介绍

为了得到矢量电子地图, 首先我们经过扫描仪得到一张包含道路河流等粗线条的黑白图, 然后对黑白图进行一系列处理, 包括: 平滑、细化、连断线、去毛刺、矢量化, 从而得到了一个数据文件, 它的扩展名可取为 *.CLR。

矢量地图的程序实现主要包括以下几个方面的操作:

Gbitmap 类 主要完成对位图的操作, 包括: 调入一个位图文件、保存一个位图文件、在位图上删一个点、在位图上画一个点、在位图上画一条线、平滑位图、细化位图、矢量化位图、位图上连接断点等。

Gvector 类 主要完成从一个矢量文件中读取矢量、以 CLR 格式保存一个矢量图、画出矢量图、矢量图的放缩显示、矢量图的平移、矢量图的优化等。

GPixelFlag 类 为位图的所有点设立标志位。

得到量化的电子地图后, 由于无经纬度坐标, 且不够准确, 所以还必须利用 GPS 采集来的数据, 将矢量地图上的点和该点的实际经纬度对应起来。

3 量化的实现过程及实现算法

3.1 平滑算法

黑白图由于噪声等因素的影响, 存在一些凹陷及小枝节, 为此, 我们采用模式匹配的方法,

收稿日期: 1998-07-21

将线状图上凹陷填上,小枝节去掉。若以 1 表示黑色点,0 表示白色点,则在如下的图 1 所表示的模式中,0 变成 1,也就是凹陷被补上。

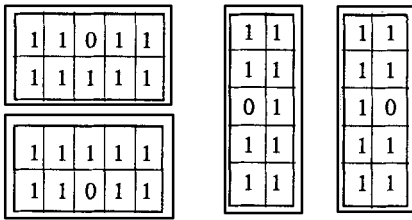


图 1 存在凹陷的模式

对于图 2 所示模式,由于存在小枝节,将中心点的 1 变成 0。

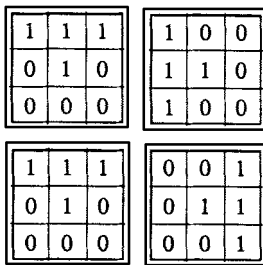


图 2 存在小枝节的模式

3.2 细化算法

细化就是不断除去曲线上不影响连通性的轮廓象素的过程。我们采用的是经典的算法。设目标象素为 P。P 的连接数就是 P 的八个邻域中相互分离的连接成份的个数,记为 N_c 。记 P_i 为八邻域的第 i 个位置, P_i 的定义如图 3 所示。则对于满足下述条件的象素 P 可以删除,也就是在程序实现中将象素点置成背景象素。

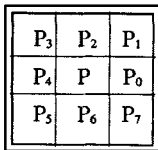


图 3 P_1 至 P_7 的定义

- (1) P 不是边缘象素,即 $P_0 + P_2 + P_4 + P_6 = 3$
- (2) P 不是多重象素,即 $N_c = 1$
- (3) P_i 中至少有一目标象素($0 \leq i \leq 7$)
- (4) $P_2 = 1$ 或 ($P_2 = 0$ 时, $N_{c2} = 1$)
- (5) $P_4 = 1$ 或 ($P_4 = 0$ 时, $N_{c4} = 1$)

3.3 连接断线算法

细化后的图仍是黑白图,它仍然存在断了

的线段,必须进行断线的连接。其方法是:定义度数不等于 2 的点为结点。计算每两个结点之间的距离,当它小于某个给定的值时,用直线把两个结点连接起来。

3.4 删除毛刺算法

经上述处理的黑白图还有少许毛刺,必须进行毛刺的删除。其步骤如下:

(1) 寻找毛刺:毛刺有两类端点,A 类是上述的结点,B 类是生长在线上的,也就是大节点。找到这两类端点,将它们分别保存在两个数组中。

(2) 删除第一类毛刺:计算每个 A 类端点与 B 类端点之间的距离,如果小于给定的值,则以背景色在二者之间画一条直线。

(3) 删除第二类毛刺:计算 A 类端点之间的距离,如果小于给定的值,则在二者之间以背景色画一条直线。有时那种弯弯曲曲的毛刺必须经过多次处理才能删除干净。

3.5 矢量化算法

至此就得到了单线条的黑白图象,现在就可以对它进行矢量化。矢量化的算法描述如下:

(1) 寻找节点。也就是中心象素为目标象素且八邻域中非背景象素的个数不等于 2。找到节点之后,记录目标象素的延伸方向(八邻域中目标象素的位置),每一个方向有一条矢量边,选择一个未矢量化过的方向,顺着这个方向寻找下一个象素点,直到找到另外一个节点,将连接在这两个节点之间的所有象素记录到一个数组中。

(2) 将上述的象素数组矢量化。方法是:假设两个端点分别为起点 S、终点 E,在 S、E 之间找到一个与 SE 连线偏移最大的点 M。如果偏差大于给定偏差,则 M 是一个矢量边内的小节点,然后矢量化 S—M、M—E,直到找不到大于给定偏差的点。重复以上的跟踪和矢量化,直到所有满足节点要求的点的所有分支均被找完。

(3) 寻找循环链(岛屿链)。经过以上的步骤,所有不属于循环链的象素点均已被标志。只要找到某一个未被标志的象素点,即可以找到它所在的循环链。以任意某点为起点,进行跟

踪, 终点仍是这点, 记录之间的所有象素, 将获得的象素数组矢量化。重复上述步骤, 直到找不到未被标志的点。

4 地图的自动修正

至此已经得到了矢量地图, 为了使它在 GPS 监控系统中有实际应用价值, 必须把屏幕上的点和实际的经纬度一一对应起来。地图的自动修正实际上是一个数据拟合过程, 这里只能介绍其基本思想。假设坐标点 (X, Y) 对应的经纬度为 (lon, lat) , 选 (X_0, Y_0) 为初始点, 对应点为 (lon_0, lat_0) 。X、Y 轴方向的比例尺分别为 $ScaleX$ 和 $ScaleY$, 偏转角为 rot , 则有:

$$\begin{aligned} X = & ScaleX \cdot \cos(lat_0) \cdot \cos(rot) \cdot lon \\ & + ScaleY \cdot \sin(rot) \cdot lat \\ & - ScaleX \cdot \cos(lat_0) \cdot \cos(rot) \cdot lon_0 \\ & - ScaleY \cdot \sin(rot) \cdot lat_0 \\ & + X_0 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Y = & ScaleX \cdot \cos(lat_0) \cdot \sin(rot) \cdot lon \\ & - ScaleY \cdot \cos(rot) \cdot lat \\ & - ScaleX \cdot \cos(lat_0) \cdot \sin(rot) \cdot lon_0 \\ & + ScaleY \cdot \cos(rot) \cdot lat_0 \\ & + Y_0 \end{aligned}$$

令

$$\begin{aligned} A_1 = & ScaleX \cdot \cos(lat_0) \cdot \cos(rot) \\ B_1 = & ScaleY \cdot \sin(rot) \\ C_1 = & X_0 - ScaleX \cdot \cos(lat_0) \cdot \cos(rot) \cdot lon_0 \\ & - ScaleY \cdot \sin(rot) \cdot lat_0 \\ A_2 = & ScaleX \cdot \cos(lat_0) \cdot \sin(rot) \\ B_2 = & ScaleY \cdot \cos(rot) \\ C_2 = & Y_0 - ScaleX \cdot \cos(lat_0) \cdot \sin(rot) \cdot lon_0 \\ & + ScaleY \cdot \cos(rot) \cdot lat_0 \end{aligned}$$

$$\text{则 } X = A_1 \cdot lon + B_1 \cdot lat + C_1$$

$$Y = A_2 \cdot lon - B_2 \cdot lat + C_2$$

用数据拟合可以求出 $A_1, B_1, C_1, A_2, B_2, C_2$, 这样屏幕坐标就和经纬度一一对应起来了。

5 结论

经上述方法生成的电子地图由于数据结构合理, 所占的存储空间非常小, 这样就保证了对电子地图进行放大、缩小、移动及对 GPS 监控车

辆进行自动跟踪等操作能快速完成。通过 Mpaino 或 Arcinfo 生成同等地理范围的矢量地图存储空间接近 1M, 并且通过后者所生成的电子地图精确度受图源影响, 不能对地图进行校正。而我们生成的一幅包含近千条道路、众多单位及区域信息的矢量地图为 60k 左右。

参考文献

- [1] J Ekblad, N E Eriksson. Hailing GPS: a swedish taxi security system. GPS World, 1996, 5:32 ~ 36.
- [2] 傅京孙. 人工智能原理. 清华大学出版社.
- [3] 赵建民. 区域防盗报警系统电子地图的生成和处理. 微电子学与计算机, 1998, 3:49 ~ 52.
- [4] 史文革. 微机图象格式大全. 海洋出版社.
- [5] 马建波. C 语言图象处理程序集. 海洋出版社.
- [6] 何华灿. 人工智能导论. 航空专业教材编审组.

Automatic Generation of Vector - Map

ZHANG Wang - sheng, HUANG Xiao - gang, BAO Yuan - lü, SHI Jiu - gen (Automation Department of U. S. T. C., Hefei, 230027)

Abstract : This article introduce the realization procedure and method of automatic generation of vector - map which is wide used in GPS and GIS domain. It include automatic generation and auxiliary correction. By now we have generated vector - map of some cities by the method we discuss here and have very good monitoring effect.

Key words : Vector - map, GPS, GIS, Black - white bitmap, Noises, Pattern match