

# 地图自动识别系统中 按颜色分层的算法及实现\*

冯玉才 宋恩民 孙小薇 刘宏

(华中理工大学计算机科学与技术系, 武汉 430074)

**摘要** 本文研究对彩色地图图象按颜色分层问题. 按颜色对地图图象分层是计算机对地图图象进行自动化识别的重要步骤. 本文讨论了按颜色分层的算法, 探讨了一些影响分层效率和效果的问题, 给出了解决这些问题的办法, 这些算法已经编程实现, 效果理想.

**关键词** 地图, 颜色, 分层, 聚类, 识别.

将彩色地图作为地图图象通过扫描仪输入到计算机内, 然后由计算机自动地将地图图象中的各种不同的地理要素的坐标信息提取出来, 这是目前国际上计算机应用领域的一个重要课题, 有着广泛的应用前景<sup>[1-5]</sup>.

人们普遍使用的彩色地图通常有4种或更多的颜色, 对于某些地物地貌, 有着专门的颜色, 例如等高线用棕色, 水系用蓝色, 森林用绿色等. 也有某些地物、符号等共用一种颜色, 如经纬线、铁路、地名、建筑物等都用黑色. 印制地图时颜色的分配一般都是基于便于识别的原则, 人眼读地图时, 就是首先利用感受到的颜色来粗分类地物的. 因此, 在地图识别系统中, 可先按颜色将不同颜色的地物地貌加以分离, 从而得到几幅单色的地图. 由于这样分离出的每幅单色地图上的地物种类均比原彩色地图上的地物种类少, 地图复杂程度也要低得多, 因此便于进一步的识别处理.

然而, 计算机对从扫描仪得到的数据化地图进行按颜色分层并不容易, 因为作为蓝本的纸质地图本身由于印刷或使用的原因为使原本是同一颜色的内容出现颜色差异, 原地图甚至可能受到过轻微的污染, 在扫描的过程中也可能由于纸质地图的放置无法达到绝对的平整, 而导致获得的颜色产生细微的变化, 虽然人眼在识别地图时可以忽略上述颜色差异和变化, 但是在计算机这种需要精确的仪器中, 这些颜色差异就变成了不容忽视的问题.

近年来, 有些单位研制过或正在研制自动地图识别系统, 然而在按颜色分层方面却没有出现过(或者是还没有发表过)比较成熟和完美的方法, 本文提出了两种按颜色分层的算法, 这种算法已在IBM486微机上实现了, 效果理想. 本文的有关概念、术语遵循文献[1-8].

\* 本文 1994-12-05 收到

本课题是国家自然科学基金资助项目. 作者冯玉才, 1945年生, 教授, 主要研究领域为数据库, 多媒体, 人工智能. 宋恩民, 1962年生, 副教授, 主要研究领域为算法设计与分析, 地图输入识别, 计算复杂性理论. 孙小薇, 女, 1970年生, 硕士生, 主要研究领域为地图输入识别, 数据库技术. 刘宏, 女, 1963年生, 讲师, 主要研究领域为数据库, 地图输入识别.

本文通讯联系人: 冯玉才, 武汉 430074, 华中理工大学计算机科学与技术系

## 1 按颜色分层的方法

从扫描仪扫描输入的彩色地图,可以是真彩色的,也可以是 256 级伪彩色的,为了充分利用原地图的彩色信息,我们选用真彩色的方式扫描.

对于一幅真彩色的地图,扫描仪根据选择的分辨率将其分成若干个像素点,每个像素点又按光学分光原理分成红、绿、蓝三种色素,每个像素的三种色素再按其强弱程度分为 256 级,用 0~255 的整数表示,存放在一个 8 位的字节单元中,因此一个像素点的颜色用三个 8 位的字节表示.各像素点的颜色值是依次排列的.

为了将某种颜色的地物和符号从背景中分离出来,可采用逐点判别颜色并加以记录的方法,将满足某一条件的点全部记录下来,其它不满足条件的点不予记录,则可得到一幅由记录了的点组成的地图,即为分离出的单色图.

将地图中每一个像素点作为一个模式类,一幅未经分色的彩色地图就是一个未知类别的样本集  $D = \{d_{11}, d_{12}, \dots, d_{mn}\}$ ,其中样本  $d_{ij}$  代表图中第  $i$  行第  $j$  列的像素点,  $m, n$  分别为地图像素点阵的行、列数,按颜色分层就是根据各像素点的颜色对这些未知类别的样本进行分类,从而得到不同颜色的单色图.

设  $color(d_{ij})$  为像素点  $d_{ij}$  的颜色,它是色空间的一个三维向量

$$dcolor(d_{ij}) = (red(d_{ij}), green(d_{ij}), blue(d_{ij}))$$

设  $dcolor(d_{ij}, d_{kl})$  为一色差函数,表示像素点  $d_{ij}$  与像素点  $d_{kl}$  之间的颜色差距:

$$dcolor(d_{ij}, d_{kl}) = \sqrt{(red(d_{ij}) - red(d_{kl}))^2 + (green(d_{ij}) - green(d_{kl}))^2 + (blue(d_{ij}) - blue(d_{kl}))^2}$$

我们采用枚举聚类法和平滑聚类法对样本进行分类.枚举聚类法的算法聚类过程如下:

(1)首先给出若干样本作为典型样本,典型样本的颜色为典型色;(2)指定典型样本的类别;(3)给定一个正整数作为颜色差距界值;(4)将所有样本与每个典型样本之间的颜色差距与界值比较,指定颜色差距小于颜色差距界值的样本属于与典型样本相同的类,即:若  $dcolor(d_{ij}, d_{kl}) \leq C$ , 则  $d_{ij}$  与  $d_{kl}$  属同一类,其中  $d_{kl}$  为典型样本.

具体实施枚举聚类法时,可以对每一类指定多个典型样本,也可以不指定典型样本,只指定典型色;典型样本的指定可以用鼠标器指定显示在屏幕上的某一点为典型样本;典型色的指定可以从键盘输入、从文件中读取或者测定统计地图上颜色分布得到.颜色差距界值的指定不应太大,太大会出现误判,太小又会增加典型样本的数量.必要时可给定多个颜色差距界值,对不同的典型样本给定不同的颜色差距界值.

枚举聚类法的处理速度较快,对于色度较纯、干净的地图效果很好.

在某些旧的、老的地图中,有些地方不太干净、颜色有所变化,有的地方的背景与另一地方某些其它颜色地物符号的颜色相近,对这种地图比较适合于用平滑聚类法.

平滑聚类法的算法聚类过程如下:

(1)首先指定几个样本的颜色为典型色;(2)指定两个颜色差距界值  $C_1, C_2$ ;(3)指定典型色所代表的类;(4)将所有样本的颜色依次与各典型色求颜色差距.颜色差距小于  $C_1$  的样本,分类到对应典型色所代表的类中;(5)依次将所有未知类别的样本与其相邻的(地图上物理位置相邻)已分类的样本求颜色差距,差距小于  $C_2$  的未知类别的样本分类到对应的已分

类样本的同一类;(6)重复步骤(5)直到不再有样本被分类时止。

平滑聚类法本质是颜色追踪,典型色和颜色差距界值的指定对总的分类时间有一定影响,其分类效果较好,但所需时间较枚举聚类法长。此方法对线状要素和面状要素均适用。

## 2 方法的实现

枚举聚类法和平滑聚类法是按颜色分层的有效算法,但在具体实现时,必须根据具体情况特殊处理,甚至多种方法并用,才能达到理想的效果。

### (1)面状要素的典型色的确定

面状要素,例如背景、植被、湖泊、海洋等,在地图上是一块块的,每块颜色是一样的,但在扫描输入的数据化地图中,同一面状要素的颜色不会是相同时,而是由几种相似的颜色混杂而成。对面状要素的识别,可用平滑聚类方法,其典型色可用如下方法选定:在某一块状要素的中央选一样本点,以该样本点为中心圈一小圆形区域,使得该区域只含有该块状要素而不含其它地理要素,将该区域所有点都指定为典型样本,而这些样本点的颜色均为典型色。

### (2)颜色差距界值的确定

在运用枚举聚类法和平滑聚类法时,颜色差距界值的确定对分层的效果和效率有很大影响,对于不同的地理要素和不同的基准色,颜色差距界值应有所不同。

一般情况下,块状要素的颜色差距界值不应太大,而对线状要素,颜色差距界值可定大一点。

在印刷地图时,地图的颜色选取是为了让人眼便于区别,通常在同一幅地图中不会出现两种相似的颜色分别表示两类不同的地理要素,而人眼对不同的颜色敏感层度不尽相同,人眼对红色最敏感,其它依次为橙紫绿青蓝,利用这一特点将有利于确定颜色差距界值。一般,颜色差距界值的确定可依人眼对基准色的敏感层度而定,比如红色的波长范围较宽,对人眼的刺激要大于蓝色,因而红色的颜色差距界值可定大些,蓝色的颜色差距界值定小一些。

另外人眼对于相同颜色强度的不同属性的颜色敏感层度要比对同一颜色属性而不同强度的颜色的敏感层度要强,例如,在同一光照条件下,人眼可分辨出品红色和粉红色的不同,而对某一颜色物品在不同光照条件下却被视为具有相同的颜色。在数据化地图中,颜色的强度由象素的数值大小决定,而颜色的差异由象素中三色素数值的比例决定。因此,在人眼看上去是同一颜色的两个象素,一般是他们各自的三色素数值比例相近。因此在平滑聚类中,颜色差距界值可定大一些,但应附加一个条件要求两者的三色素的比例相差不大。

### (3)平滑聚类法用于线状要素时的跨度

平滑聚类法事实上是颜色追踪,其中要将未知类别的样本与其相邻样本求颜色差距,有时线状要素中夹杂了一个其它颜色的点,该点会使颜色追踪的过程到此中断。

解决这一问题的办法是将聚类过程中的相邻改为邻近即可。地图图象中两点若相邻,或者另有一点与它们两者都相邻,则称这两点是邻近的。两个点若是相邻的,则称这两点的跨度为 0,两个点若是邻近的,即这两者之间至多相隔一个点,则称这两者跨度为 1。一般地,若两点之间至多相隔  $k$  个点,则称这两点之间跨度为  $k$ 。

在平滑聚类中,将相邻改为跨度为  $k(k \geq 1)$  的,则可解决颜色追踪中断的问题,但跨度不宜定得太大,太大了有可能误判出很多的噪音点,跨度的确定可依线状要素的宽度和图面

复杂程度而定,一般对宽度为1的线状要素的分层,可定跨度为2,对宽度大于1的线状要素的分层,跨度可定为1.

#### (4)平滑聚类的扫描顺序

在平滑聚类的过程中,要依次将所有未知类别的样本与其相邻的已分类的样本求颜色差距,而未知类别的样本很多,与每个未知类别的样本相邻的已分类的样本也不一定唯一,因此有必要明确扫描样本点的顺序.对于未知类别的样本,还有可能要扫描多次.

对于未知类别的样本,可按如下的顺序扫描:从上到下逐行扫描,在每行中从左向右逐点扫描,全过程完成后,再从下至上逐行扫描,在每行中从右向左逐点扫描,如此上下往复扫描直至不再有样本被分类时止.

过程采用上下往复的次序扫描,比单纯从上至下扫描要快,因为从上至下的扫描适合于对向下方延伸的线状要素进行颜色追踪,而对向上方延伸的线状要素就很不适合,扫描一遍只能进展少数几个点,故有必要上下往复.

对于每个未知类别的样本,可以在其相邻(或邻近)的样本中按从上到下,从左至右的顺序依次搜寻已分类的样本,然后求两者之间的颜色差距.

#### (5)记录文件的创立

按颜色分层,事实上是将样本按其颜色分类,在具体实现时,是创造一个数据文件,将文件中每个数据与地图上每个点(即样本)一一对应起来,每个数据的值就记录了对应的样本所在的类.例如欲将一个地图分为7层,则可令未知类别的样本对应的数据为0,令在第一类的样本对应的数据为2,分在第二类的样本对应的数据为4,...

为了提高平滑聚类法的处理速度,可将每遍扫描未知类别的样本改为搜寻与已分类样本相邻的未知类别的样本.若一个已分类样本的相邻样本均已被搜寻过了,则称该已分类样本为老点,若一个已分类样本的相邻样本还没被搜寻过,则称该已分类样本为新点.显然,若将平滑聚类法中扫描未知类别的样本改为搜寻与新点相邻的未知类别的样本,则速度会进一步的提高.

为了利用新点的属性来提高平滑聚类的速度,有必要在记录文件中区别新点和老点.通常,第 $i$ 类的新点对应的数据值为 $2i$ ,第 $i$ 类的老点对应的数据值为 $2i+1$ ,当与某个新点相邻的样本均被搜寻过后,该新点就变成了老点,其对应的数据值就加1,而新近被分类的样本就是新点.

#### (6)分层的顺序

将彩色地图按颜色分层,可在一次聚类过程中同时分出各个颜色阶层,即对每个样本判定其应属于哪一颜色层就分到相应的类中;也可在一次聚类过程中只分出一个颜色层来,即对每个样本判定其是否属于某一特定的颜色层,若是则将其分类到相应类中,若不是则不改动它.显然,若在一次聚类过程中能同时分出各个阶层,则可节省很多时间.但实践证明,在一次聚类过程中很难同时分出各个阶层,这样分出的单色图不是噪音点多,就是缺损严重.

采用一次聚类过程只分出一个颜色层的方法,分层效果较好.该方法是先从原彩色地图中分出一幅单色地图,原彩色地图就少了一种颜色,再从少了一种颜色的原地图中分出一幅单色图,原彩色地图就又少了一种颜色,如此继续直至原彩色地图中只剩一种颜色时止.

在一次聚类过程只分出一个颜色层的方法中,分层的顺序(即先分出哪个颜色层)对总

的分层效果有很大影响,这是因为若某样本已被分到了某一类,则该样本就不会作为噪音点出现在另一类中了。

效果较好的分层顺序是:先分面状要素的颜色层,再分线状要素的颜色层。在面状要素中,先分背景色,再分海、湖、植被等颜色层,在线状要素中,先分出黑色、红色等与其它颜色反差大的颜色层,再分出黄棕色等与其它颜色反差小的颜色层。

### 3 结 语

地图的自动化识别是一项极为复杂的工作,而对彩色地图的按颜色自动分层是地图自动化识别的重要步骤,对它的研究既有理论意义,又有实用价值。本文探讨的有关对彩色地图按颜色自动分层的问题,都是在实际研究工作中所遇到的问题,对这些问题的解决方法都已被编程实现了,在 IBM486 和 COMPAQ386 等微型计算机上已调试通过,利用该算法对一幅以 189dpi 的分辨率扫描输入的 1:50000 的地图进行按颜色分层,分出 5 层,仅用了 7 分 20 秒时间就完成了对 456×616 象素点的地图图象的处理,效果理想。

### 参 考 文 献

- 1 周源华, 权淑媛, 刘惠娟. 地图的计算机识别. 上海交通大学学报, 1993, (6): 26—32.
- 2 吕建平等. 一种基于预测跟踪技术的地图识别方法. 自动化学报. 1991, (17): 77—82.
- 3 蒋庆权译. 地图识别输入技术. 现代电子工程, 1989, (1): 69—75.
- 4 Kasturi R, Alemang J. Information extraction from images of paper-based maps. IEEE Trans. on Software Engineering, May 1988, 14(5): 671—675.
- 5 Heutte J, Ogier J M, Lecourtier Y *et al.* Two aspects of automatic map treatment: road and texture extractions. Proc. 11th IAPR Int. Conf. Pattern Recognition, Hague Netherlands, 1992, 3: 109—112.
- 6 Ablameyko S V, Bereishik V I, Frantskevich O V *et al.* Fast raster-to-vector conversion of large-size 2D line-drawings in a restricted computer. IAPR Workshop on Machine Vision Applications, Tokyo, Dec. 7—9, 1992. 59—62.
- 7 Ablameyko S V, Bereishik V I, Frantskevich O V *et al.* A system for automatic vectorization and interpretation of graphic images. Pattern Recognition and Image Analysis Systems, 1993, 3(1): 39—52.
- 8 阮秋琦. 数字图象处理基础. 北京: 中国铁道出版社, 1988.

## AN ALGORITHM FOR LAYERING MAP IMAGE BY COLOUR

Feng Yucai Song Enmin Sun Xiaowei Liu Hong

(Department of Computer Science and Technology, Huazhong University of Science and Technology, Wuhan 430074)

**Abstract** Layering map image by colour, which is one of important steps for automatic recognizing map image by computer, is researched in this paper. The algorithm for layering is proposed, and some problems about layering efficiency and effect are discussed. Some methods to solve these problems are given. The algorithm has been implemented, and it is ideal.

**Key words** Map, colour, layering, collection, recognition.