

形状信息的提取与计算机自动分类

黎 夏

(广州地理研究所遥感室 广州 510070)

摘 要 近年来, 遥感数据越来越普遍地被利用为更新地理信息系统的数据源。但利用 GIS 来改善分类精度的探讨却很少。本文提出了利用 GIS 技术来提取形状信息和改善分类精度的新方法, 从而使一些容易混淆的分类得到纠正。

关键词 形状信息, 地理信息系统, 遥感, 分类

1 引 言

计算机分类技术被普遍地应用于自动提取遥感数字图像的信息中。许多早期的研究仅局限于如何利用各种方法对光谱的特性进行分类 (Weismiller 等, 1977; Campbell, 1987)。此类研究基本上是利用多光谱分类技术, 根据某一像元与分类的相似性或差异性来将该像元划分其类属 (Jensen, 1986; Gong 等, 1992)。

传统的统计方法对于 MSS 这样较低分辨率的遥感图像在早期的分类中是较有效的, 但其结构信息对分类精度的改善所起的作用不大。因此, 早期的研究对于结构信息的探讨并不多。

由于近年来 TM 和 SPOT 能获得较高的分辨率的遥感图像, 加上以往的计算机分类的精度并不太理想, 这促使更多的学者探讨利用结构信息来改善分类精度的可能性。TM 和 SPOT 图像能提供远比 MSS 多的结构信息, 在这方面已提出了不少方法。

一些改进技术(例如主成分分析)可有助于获得较高一些的分类精度。研究表明, 对逐个像元的分类技术不会由于分辨率的提高而获得更高的分类精度 (Toll, 1984; Martin 等, 1988)。相反, 对较高分辨率的遥感图像进行分类, 可能会获得较差的分类精度 (Martin, 等, 1988)。因此, 目视判读仍然被广泛地用于对精度要求较高的应用中, 特别是在使用高分辨率的遥感图像时 (Martin, 1989; Buttner 和 Csillag, 1989)。这是因为目视判读一般来讲可获得比计算机自动分类更高的分类精度的缘故。Martin 和 Howarth (1989) 曾报道当使用计算机监督分类时, 其分类精度要比使用目视判读下降 21%; 对于动态监测, 精度要下降 24.6%。

鉴于逐个像元分类的缺点, 学者们提出了不少利用结构信息来辅助分类的方法。从理论上讲, 对某个像元进行分类, 除了依靠该像元本身的光谱特征外, 还要考虑到它与邻近像元组成的结构特征。在实际应用中, 一般都假定只有在一定距离内的像元的光谱值才能影响到该像元的分类。但是, 这类方法的大多数仍然是基于传统的统计方法来作适

收稿日期: 1994年12月12日

当的改进,从而获得邻近像元的信息。

最普遍的方法就是用窗口技术来获取结构信息。利用窗口技术产生新的波段,然后将新的波段加上原有波段一起进行分类,以提高分类的精度。这种窗口技术可以有以下 3 种类型:

1. 将窗口在原图像上移动来测量灰阶的分布,然后将结果放到中心点像元作为新的特征。Hsu (1978)利用 3×3 窗口定义了 17 种测量方法。包括 4 种最基本的方法:均值、标准差、斜矩 (Skewness) 和 Kurtosis。

2. 线性特征也是结构信息的一种重要成分。线性增强方法常用来识别路和河流 (Bajcsy 和 Tavakoli, 1976; Montoto, 1977; Gurney, 1980)。下面模式可以用来识别不同方向的线性物体。

$$\begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 \\ 0 & 0 & 0 \\ -1 & -1 & -1 \end{bmatrix} \quad \begin{bmatrix} 1 & 0 & -1 \\ 1 & 0 & -1 \\ 1 & 0 & -1 \end{bmatrix} \quad \begin{bmatrix} 0 & -1 & -1 \\ 1 & 0 & -1 \\ 1 & 1 & 0 \end{bmatrix}$$

3. 另外一种产生结构信息的方法就是使用 concurrence 矩阵 (Wesska 等, 1976)。计算出对应于一定距离和角度的像元对的灰阶组合的频率,由此反映出空间信息。

然而,上面的窗口技术对提高计算机分类精度的成效却很有限。Jensen (1979)应用了简单的统计方法:标准差、反差、高通滤波器以及 concurrence 矩阵对 3×3 窗口进行计算,以获得空间信息。将以上 4 种方法所得到的空间信息作为新的波段,再加上原来波段进行计算机分类。分类结果表明,这种方法对分类的精度改善有限。

2 方 法

上述问题的关键在于使用了栅格 (raster) 的数据结构来进行分类。尽管可以由窗口技术来获取结构信息,但所获得的结果却不能准确地对应于一个明确的边界。而在分类中,每一个类别是有一个明确的边界的。

本文提出了通过获取形状信息来改善分类精度的方法。例如,一条公路和一个体育场在光谱特征上十分接近很难将它们区分;河流和水库在标准假彩色图像上都是呈相同的黑色调。但上述分类的混淆现象在目视判读中却几乎不会产生。原因就在于目视判读中使用了形状信息。随着遥感图像的分辨率的不断提高,在技术上获取物体的形状信息并不困难。在常规的航空图像判读中,形状信息是必不可少的解释标志。事实上,SPOT 像片与航空像片的图像特征已十分相似。

形状信息作为辅助特征来改善计算机自动分类,单靠形状信息来识别地物并不够。整个过程包括 3 个步骤:初分类;建立拓扑关系;根据形状信息重新分类。

将存放分类结果的网格文件转入 GIS,就可以建立拓扑关系。已有不少研究是针对如何利用遥感信息来更新 GIS。这包括提取新公路以及其它土地利用/覆盖变化的信息。但利用 GIS 来改善分类精度的研究却几乎没有报道。

2.1 分类——图像分割

传统的图像分割技术与窗口技术刚好相反。前者不需要固定一个窗口来提取结构信息,它一般包括两个步骤:图像分割和图像标号。图像分割通常需要从边缘的提取来获得分割的边界。这种方法的前提是假设在一个分割的单元内存在均匀一致的纹理特征。公路和河流常被用来作为分割单元的边界。事实上,由此所获得的分割单元并不符合均匀一致的单元。另外,该方法还表明分割单元的边界与线性物体的边界相符,这与实际情况会有所出入。因为一个类别的单元有时并不需要有明显的光谱边界。有些类别之间的边界可以是渐变的。一般来讲,有两种较常用的分类方法:监督分类和非监督分类。

2.2 提取多边形和建立拓扑关系

计算机自动分类能将大量的像元归类到若干组数量较少的类别。每个类别是由若干图斑散布于整个图像中,每个图斑是由一定数量同属一个类别的像元聚合而成。

这里提出了一种较方便地利用形状信息来辅助分类的方法。将经初步分类后的遥感图像的各个图斑的多边形边界提取出来,并建立它们的拓扑关系。由于一般 GIS 软件已有现成的建立多边形拓扑关系的功能,并能提供相应的各种基本运算,本文借用了 GIS 来进行分类后的再处理。

遥感图像的分类图可以直接被输入到一些 GIS 软件中进行各种分析。最常用的 ARC/INFO 可直接与图像处理软件 ERDAS 交换数据。由 ERDAS 产生的图像文件生成网格文件输入到 ARC/INFO 中。

多数图像处理软件,如 IDRISI 和 PCI 都能产生 ERDAS 格式的图像文件,因此,要将遥感图像数据直接输入到 ARC/INFO 进行分析是十分方便的。在 ARC/INFO 中,使用 Gridpoly 命令可自动提取图斑的多边形边界,建立多边形的拓扑关系。

当网格文件被 ARC/INFO 转换成 Coverage 后,每一个图斑就自动地被提取出多边形,而每一个图斑的类属则被记录在 Coverage 的 PAT 文件中的 Grid-code 项中。例如,一个多边形如果 Grid-code = 1,即表明其在遥感图像上的分类属于第 1 类。当一个图斑被转换成多边形后,则很易将其形状信息提取出来。这在栅格数据结构中是很难办得到的。建立了拓扑关系后,可以更容易地进行“面向对象”(object-oriented)的操作。在 ARC/INFO 的 TABLES 子系统,对多边形的面积和周长进行统计运算是十分方便的。

2.3 形状信息在分类中的应用

将各种类型的物体的形状归纳为下面 12 种(图 1)主要类型:

(a) 圆形

当面积固定时,一个物体如果具有圆的形状将具有最大的面积/周长比。对任意圆形物体,不难推导出如下的关系。

$$\sqrt{S}/P = \frac{1}{2\sqrt{\pi}}, \quad \frac{1}{2\sqrt{\pi}} > \frac{1}{4}$$

这里 S 是物体的面积; P 是物体的周长; $\sqrt{S/P}$ 定义为形状指数 I 。

(b) 正方形

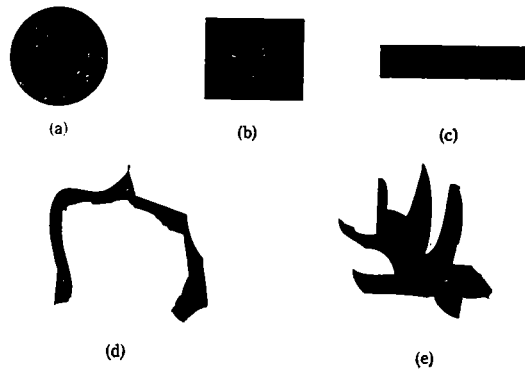


图 1 各种类型物体的形状

Fig. 1 Objects of various types of shape

正方形的物体可具有下列关系:

$$\sqrt{S/P} = 1/4$$

正方形的形状指数要小于圆形的形状指数。

(c) 长方形

若长方形的长边为其短边的 K 倍时, 可有如下关系:

$$\sqrt{S/P} = \sqrt{K}/2(K+1), \quad \sqrt{K}/2(K+1) < \frac{1}{4}$$

(d) 线性物体

线性物体具有很小的形状指数值。这类物体包括道路、河流和机场等。

(e) 非规则物体

该类型物体的形状越复杂, 其形状指数越小。

对于一些具有明显形状的物体, 利用形状信息将其识别出来是最有效的方法。

形状指数 I 可以作为一个重要的指标来衡量一个物体的形状。一个复杂或狭长的物体总是具有较小的形状指数值。相反, 一个简单或圆形的物体则具有较大的形状指数值。

物体的面积也可以作为另外一个重要的形状指标来识别一些不同类型的物体。一座较大的山体可能拥有超过 900 平方公里的面积, 而一个小山包却可能仅有 900 平方米的大小。这种差别在目视判读中十分重要, 但常规的统计分类方法却被忽略了。

以下部分介绍利用形状信息参与分类的具体步骤和分析结果。

3 应用与结果

从广州幅(1993年11月22日)TM图像中选取了 512×512 的子区作为试验区。该子区位于东莞西南部。东莞是近年来经济发展最快的地区之一。该地区的土地利用变

化很大, 卫星遥感在编制土地利用图等方面有着广泛的用途。监测土地利用的变化可有助于制定合理的政策和规划方案, 以减少土地资源的浪费和开发的盲目性。

3.1 分类

在研究的子区内, 有各式各样的土地利用/覆盖类型, 如森林、灌丛、农田、水库、河流、鱼塘、公路、居民点和新开发空地 (open space)。由于上述有些类别之间存在着相同或相似的光谱特征, 单靠传统的光谱分类很难将它们区分开。区分上面混淆地物的最有效的指标就是使用形状信息, 在目视判读中, 人眼可以轻易地判断一个物体的形状。图版 I 图 2 是标准假彩色合成图 (TM4、TM3、TM2 合成)。很明显, 各种地物都有其独特的形状, 例如农田总是呈规则的长方形, 而与其有类似光谱特征的森林边界则受复杂的地形影响。目视判读可以轻易地将它们区分出来。同样, 对河流、水库和鱼塘的识别, 利用形状特征是最有效的途径。

尽管目视判读能根据形状信息而获得较高的分类精度, 但计算机自动分类最终还是要取代目视判读的。由于目视判读的主观性较大, 目视判读又不是数字化的, 所以将其结果与其它资料作复合分析时就会碰到配准的问题。而 GIS 越来越密切地交换数据, 进行非数字化的目视判读是很难适应地理信息系统的要求。因此, 直接使用计算机自动分类是一种必然趋势。

本试验利用加拿大 PCI 图像处理系统中的 KCLUS 非监督分类算法先进行初始分类。该分类是基于“K-均值”算法, 先确定需要分类的类别数目。开始时, 随意选择一些点作为起始类别的均值向量。计算每个像元值到这些类别向量的距离, 然后将它们分别划分到距离最近的类别中去。接着重新计算各类别的均值向量。反复进行上述迭代运算, 直至新的分类结果没有明显变化, 就可以停止运算, 这样就获得最终的分类结果。

在所得到的分类图中, 将有些只有很少几个像元组成的图斑合并到邻近的类别中。使用 SIEVE 功能进行该项处理。

表 1 显示了经过 18 次迭代运算后的结果。在分类中使用了 5 个波段, 即 TM2、TM3、TM4、TM5、TM7。尽管开始时人为地定义了 8 个类别, 但最终的分类将几乎所有的

表 1 “K-均值”分类结果

Table 1 The final results of “K-Means” classification

类别号: 8

类别	像元	均值位置(TM2 TM3 TM4 TM5 TM7):				
(1)	57770	31.76832	31.87552	27.68039	20.28979	7.59856
(2)	84407	29.26853	29.90820	55.43469	55.14630	19.85582
(3)	73087	36.77915	44.49737	58.79319	80.33669	36.15001
(4)	33582	48.82127	68.79200	65.61983	110.99809	55.71610
(5)	13266	61.83868	97.78592	84.25456	160.24875	78.49827
(6)	16	83.12500	119.93750	94.31250	220.31250	182.62500
(7)	10	120.90000	182.89999	152.80000	250.80000	228.10001
(8)	6	198.83333	244.66667	222.83333	253.33333	247.66667
.....						
	262144					

像元都分到前 5 个类别中。

图版 1 图 3 是由该非监督分类获得的分类图。最终结果是由 5 个类别组成。很明显,在这 5 个类别中,存在一定的混淆现象。类别 1 是由鱼塘、河流、水库和山体的阴影组成;类别 2 是由森林、灌丛和农田组成;类别 3 是居民点;类别 4 是居民点和公路;类别 5 为新开发的空地,主要是由原来的农田推平而成。

3.2 利用 ARC/INFO 提取图斑的多边形边界和建立拓扑关系

下一步是将初始分类图输出为 ERDAS 的网格格式,再直接输入到 ARC/INFO 中。在 ARC/INFO 中,使用命令:

```
GRIDPOLY [Grid-file] [out-coverage]003030
```

来提取图斑的多边形边界。该命令还自动建立各个多边形的拓扑关系。在 PAT 文体中生成 Grid-code 项来记录每个多边形所对应的原始图像的类别(表 2)。例如,一个多边形若其 Grid-code = 1,则表示它属于水体。

当拓扑关系自动在 ARC/INFO 中建立后,很容易对初始的分类结果根据一些形状指标,进行重新分类,以改善分类的精度。在 ARC/INFO 的 TABLES 子系统中,可以进行一些简单的运算。

下一步就是在 TABLES 中计算形状指数 $I = \sqrt{S/P}$ 。

```
SELECT XXX.PAT
```

```
ADDITEM I
```

```
CALCULATE I = (AREA**0.5)/PERIMETER
```

表 3.2 ARC/INFO 的 PAT 文件的一部分

表 2 ARC/INFO 的 PAT 文件的一部分

Table 2 A part of polygon database file in a coverage of ARC/INFO

记录号	面积	周长	识别码	网格代码	I
1	-.2359296E + 09	0.6144000E + 05	0	-9999	0.00
2	0.1301940E + 08	0.1859400E + 06	1	2	0.02
3	0.1620000E + 05	0.6000000E + 03	2	1	0.21
4	0.1503000E + 06	0.3720000E + 04	3	2	0.10
5	0.9000000E + 03	0.1200000E + 03	4	3	0.25
6	0.4590000E + 05	0.1800000E + 04	5	4	0.12
7	0.1503000E + 06	0.6360000E + 04	6	3	0.06
8	0.1091700E + 07	0.2274000E + 05	7	3	0.05
9	0.1800000E + 05	0.8400000E + 03	8	2	0.16
10	0.3690000E + 05	0.9000000E + 03	9	4	0.21
11	0.1620000E + 05	0.7200000E + 03	10	4	0.18
12	0.2790000E + 05	0.9000000E + 03	11	5	0.19
13	0.3060000E + 05	0.1080000E + 04	12	4	0.16
14	0.3150000E + 05	0.1140000E + 04	13	5	0.16
15	0.4050000E + 05	0.1500000E + 04	14	3	0.13

3.3 利用形状信息重新分类

在初始分类中, 鱼塘、水库、河流和山体阴影无法被区分开来。但可以使用形状信息将它们重新区分出来。鱼塘总是呈规则的长方形; 河流呈长条状; 小水库形状较圆滑, 近似椭圆形; 而大水库的边界受复杂的地形限制。形状指数 I 和面积 S 均可作为两个重要指标来识别上面这些混淆的地物。先选择一些训练区, 获得对于每种地物形状的阈值, 就可以重新分类了。

在 TABLES 子系统中, 重新分类可通过改变 Grid-code 的值来完成。利用形状信息将混淆的地物识别出来, 然后重新指定 Grid-code 的值, 具体步骤如下:

A. 鱼塘

- (a) SELECT Grid-code = 1
- (b) RESELECT $I > 0.09$ and $I < 0.12$
- (c) RESELECT $S > 260\ 000$
- (d) CALCULATE Grid-code = 7 (将鱼塘提取出来放到新的类别中)

B. 小水库

- (a) SELECT Grid-code = 1
- (b) RESELECT $S > 29\ 700$ and $S < 260\ 000$
- (c) RESELECT $I > 0.12$
- (d) CALCULATE Grid-code = 11 (将水库提取出来放到新的类别中)

C. 大水库

- (a) SELECT Grid-code = 1
- (b) RESELECT $S > 400\ 000$
- (c) CALCULATE Grid-code = 11 (将水库提取出来放到新的类别中)

D. 河流

- (a) SELECT Grid-code = 1
- (b) RESELECT $I < 0.08$
- (c) CALCULATE Grid-code = 8 (将河流提取出来放到新的类别中)

E. 山体阴影

- (a) SELECT Grid-code = 1
- (b) CALCULATE Grid-code = 2 (将阴坡提取出来放回第 2 类中)

类别 4 由居民点和公路混合组成, 可以使用下面步骤将公路提取出来放到新的类别中而留下居民点不变。

- (a) SELECT Grid-code = 4
- (b) RESELECT $S < 320\ 000$
- (c) RESELECT $I < 0.08$
- (d) CALCULATE Grid-code = 9 (将公路提取出来放到新的类别中)。

农田和森林也被混合放在第 2 类中, 有必要将它们分离。将农田提取出来就可以了。

- (a) SELECT Grid-code = 2

(b) RESELECT $S > 400\ 000$ and $S < 600\ 000$

(c) RESELECT $I > 0.07$

(d) CALCULATE Grid-code = 6 (将农田提取出来放到新的类别中)

在 TABLES 中修改 Grid-code 的工作完成后,可将已修改了的 Coverage 输回到网格文件中,获得最终的经重新分类后的分类图。在 ARC/INFO 中,使用下面命令将修改了的结果转换回网格文件。

POLYGRID [Coverage] [Grid-file] Grid-code

将网格文件输出为硬拷贝,即可以获得修改后的分类图(图版 II 图 4)。修改后的分类图有 9 个类别,而原来的初始分类图只有 5 个类别。由此可以看到,使用形状信息可以大大地改善计算机自动分类的缺点。

从图版 II 图 4 中不难看到,单靠形状信息也可以造成一些错判现象。在这里,可以利用分布规律将这些误差减少。如发现在试验区内的北半部没有鱼塘。因此,最简单的方法是将北半部被误分为鱼塘的水库纠正过来,步骤如下:

(a) SELECT Grid-code = 7

(b) RESELECT Polygon-id < 2000

(c) CALCULATE Grid-code = 1 (将误分为鱼塘的水库重新分类)

利用 GIS 的叠置技术也可以提取有误差的区域进行修改。这样可以充分利用目视判读的优点。首先在屏幕上根据目视判读,找到有误差的区域,将其多边形在屏幕用鼠标器划出来,再将多边形提取出来,然后在 TABLES 进行修改,直至获得满意的结果。图版 II 图 5 是利用了分布规律进行修改后的最后结果。水库被误分为鱼塘的现象已被纠正过来。

4 结 论

本文提出了一种如何提取形状信息和改善分类精度的新方法。尽管遥感图像的分辨率不断提高,但过去的对逐个像元的分类方法并不能改善分类的精度。一些利用纹理及其它空间信息的窗口技术虽然能利用邻近像元的信息,但其效果却很有限。窗口技术可以产生明显的“边缘误差”,而且其所提取的结构信息的效果还要取决于所选择的方法。这些算法可包括:均值、标准差、以及 concurrence 矩阵等。可以看出,这些算法只不过是十分复杂的空间信息以简单的统计形式提取出来,因此其效果有时并不明显。分割技术 (Segment approach) 也有很大缺陷。因为它的前提就在于要存在一个均匀的分割单元,这是很难符合实际情况的。另外,它还要求要有明显的光谱突变界线作为分界单元的边界。而实际上类别边界并不一定要对应光谱突变边界。

试验结果表明,利用形状信息可以有效地识别出一些混淆的具有相同或相似光谱特征的地物。利用 ARC/INFO 的 TABLES 子系统,根据某些地物的形状特征,选择一定的阈值来区分相互混淆的类别。在本试验中,利用此方法对非监督分类获得只有 5 个类别结果进行重新分类,最后识别出 9 个类别,获得较好的分类效果。

A New Method to Improve Classification Accuracy with Shape Information

Li Xia

(Department of Remote Sensing, Guangzhou Institute of Geography, Guangzhou 510070, P.R. China)

Abstract The application of remote sensing data as a new source to update GIS is increasingly popular in recent years. However, using GIS to improve classification of images is neglected in most of current approaches. Although attempts have been made in using texture and context information, the effects have limitation. The paper proposes a new method to integrate GIS so that the shape information, which is frequently used in visual interpretation, can be easily employed to improve the performance of classification. The confusion of classification can be significantly clarified after shape information is involved.

Key words Shape information, Geographical information system, Remote sensing, Classification