

应用松弛法改善遥感图象的分类精度

李 夏 王 成 业

(中国科学院空间科学技术中心)

摘 要

本文采用 ISODATA 无监督分类法及最小距离和最大似然监督分类法对遥感图象进行分类,并用松弛法进行后处理,克服了噪声引起的误差,提高了分类的精度。

一、引 言

松弛法原来是作为联立方程的数值解法而使用的.1976年 A. Rosenfeld 首次把松弛法引进图象处理的领域中,并提出了一般模型. 1978年他又与 Peleg 和 Zucker 发展了概率松弛法,1980年他和 Yamamoto 将松弛法用到了遥感多波段数据的监督分类上,1981年在其实验室工作的 L. S. Davis, C. Y. Wang 及 H. C. Xie 又将其方法扩展到多波段、多时相的农作物分类上。

松弛法的基本原理是在难于确定某一种对象属于哪一类的时候,首先求出它与所有可能所属类别的相似程度,而后经过反复处理,除去局部矛盾,选取最相近的类别做为其属性。

二、无监督分类法和监督分类法

ISODATA (Iterative Self-organizing Data Analysis Technique A) 无监督分类法的主要功能是估计各类中心趋势,并根据类别内部偏差及类别间距离的大小不断地调整类别的数量和各类均值。

遥感图象数据的计算机监督分类是在能够取得训练样本的条件下进行的。对一已知图象数据集可以应用统计决策理论决定赋予数据集中每个数据的类别。

最大似然法基于 Bayes 最佳分类准则,即追求整个数据集分类平均损失最小的原则,使每个数据找到最相似的类别。所依据判别函数式为,

$$g_i(x) = p(x/\omega_i)P(\omega_i). \quad (1)$$

$P(\omega_i)$ 为 ω_i 的先验概率, $p(x/\omega_i)$ 为 x 对于 ω_i 类的条件概率。进一步假设 ω_i 类数据集服从多变量正态分布,则判别函数式(1)可以写成如下形式,

$$g_i(x) = \frac{P(\omega_i)}{(2\pi)^{n/2} |\Sigma_i|^{1/2}} \exp \left[-\frac{1}{2} (x - M_i)^T \Sigma_i^{-1} (x - M_i) \right]. \quad (2)$$

最小距离分类法则简单地说是依据每个象元数据到某一类中心的最小距离, 确定出象元数据属于哪一类. 采用 Mahalanobis 距离时, 公式为,

$$g_i(x) = (x - M_i)^T \Sigma_i^{-1} (x - M_i). \quad (3)$$

其中 x 为象元的灰度值; i 为类别; M_i 为第 i 类的均值向量; Σ_i 为第 i 类的协方差矩阵.

三、松弛法及类别中心距离系数

为了克服数据采集过程中引起的系统误差、随机误差及处理过程中产生的误差, 对用上述方法初分类的结果继之以松弛法处理. 本文除引用 A. Rosenfeld 概率松弛法公式中所用的相容系数 r_{ij} 以及同类增强系数外, 还提出了一种称之为类别中心距离系数.

概率松弛法公式:

$$P_i^{(k+1)}(\lambda) = \frac{p_i^{(k)}(\lambda)[1 + Q_i^{(k)}(\lambda)]}{\sum_{\lambda' \in \lambda} p_i^{(k)}(\lambda')[1 + Q_i^{(k)}(\lambda')]} \quad (4)$$

$$\text{其中 } Q_i^{(k)}(\lambda) = \sum_j d_{ij} \sum_{\lambda' \in A} r_{ij}(\lambda, \lambda') p_j(\lambda'). \quad (5)$$

j_4	j_3	j_2
j_5	i	j_1
j_6	j_7	j_8

图1 3×3窗口

$p_i(\lambda)$ 及 $p_i(\lambda')$ 分别代表 3×3 窗口 (见图1) 中心点 i 属于 λ 类及邻点 j 属于 λ' 类的概率值; d_{ij} 代表各邻点的权码; $r_{ij}(\lambda, \lambda')$ 为 i 与 j 分别属于 λ 及 λ' 时的相容系数, 它有多种选择方式, 作者采用了以下几种:

1) Hummel-Zucker 系数 (简称 H-Z 系数) 公式为

$$r_{ij}(\lambda, \lambda') = \frac{\sum_i \sum_j (p_i(\lambda) - \overline{P_i(\lambda)})(p_j(\lambda') - \overline{P_j(\lambda')})}{\sigma_\lambda \sigma_{\lambda'}} \quad (6)$$

其中 $\overline{P_i(\lambda)}$, σ_λ 代表 λ 类的平均概率值及偏差值. H-Z 系数实质上为 $p_i(\lambda)$ 及 $p_j(\lambda')$ 的相关系数.

2) 同类增强系数

$$\text{定义: } r_{ij}(\lambda, \lambda') = \begin{cases} +1, & \lambda = \lambda', \\ -1 \text{ 或 } 0, & \lambda \neq \lambda'. \end{cases} \quad (7)$$

在本文中, 当 $\lambda \neq \lambda'$ 时, 对最小距离方法的结果采用了 $r_{ij} = \begin{cases} +1 \\ 0 \end{cases}$, 对最大似然法的结果

采用了 $r_{ij} = \begin{cases} +1 \\ -1 \end{cases}$.

3) 类别中心距离系数(只使用于最大似然法的结果).

$$\text{定义: } r_{ij}(\lambda, \lambda') = \frac{-\min\{D(\lambda, \lambda')\}}{D(\lambda, \lambda')}, \quad \lambda \neq \lambda'. \quad (8)$$

其中 $D(\lambda, \lambda') = |M_\lambda - M_{\lambda'}|$ 为类别训练子集中心距离差. (8) 式的作用为 $M_{\lambda'}$ 与 M_λ 越靠近, 邻点 j 对中心点 i 减少 λ 的成份影响越大; 反之两者离得越远, 邻点的影响越小, 而 i 点保持 λ 成份的趋势加强. 该公式的设计是基于这样一种估计, 即一个象元叠加上噪声以后不会远离开同类点, 而把那些灰度值与邻点差别很大的点视为异类点继续保留, 仅把其中差别小的点筛选出来当做噪声加以纠正.

$$r_{ij}(\lambda, \lambda') = \frac{+\min\{\bar{D}_\lambda\}}{\bar{D}_\lambda}, \quad \lambda = \lambda'. \quad (9)$$

其中 $\bar{D}_\lambda = \frac{1}{N} \sum |x - M_\lambda|$ 为 λ 类训练数据子集内部平均距离. (9) 式表明当一个类别数据子集越紧凑时, 邻点 j 支持 i 点保持同类成份的作用越大, 反之对于离散大的集支持小.

此外, 本文还采用了另一种概率更新公式即

$$p_i^{(k+1)}(\lambda) = \frac{p_i^{(k)}(\lambda) \sum_{j=1}^4 p_j^{(k)}(\lambda)}{\sum_{\lambda' \in \Lambda} \left[p_i^{(k)}(\lambda') \sum_{j=1}^4 p_j^{(k)}(\lambda') \right]}. \quad (10)$$

其中 $p_i^{(k)}(\lambda)$ 及 $p_i^{(k+1)}(\lambda)$ 代表的意义与(4)式相同, $p_j(\lambda)$ 为邻点象元属于 λ 类成份的概率值, 相邻象元仅选中心象元 i 的 8 个邻点中上下左右 4 个点, 见图(1). (10) 式中的分母起归一化作用, 显然(10)式的物理意义为在局部区域中各邻点属于同一类的成份互相支持, 而选取其中成份乘积最大者作为中心象元的分类结果.

四、实验结果及分析

所用数据为 1977 年 2 月 10 日广东省龙门地区的 Landsat 磁带数据, 东经 $113^\circ 48'$ —

表 1 无监督分类的总分类精度及单项分类精度

类 别	总分类精度 %	初始分类	5 次迭代		
			同类增强系数公式 (7)	H-Z 系数公式 (6)	公式(10)
		67.5	67.7	71.3	71.1
1		93.6	93.1	94.6	93.1
2		30.4	26.8	30.3	28.8
3		64.9	64.5	65.1	65.4
4/5		81.0	82.7	89.0	88.9
6		27.4	33.3	31.0	34.5

1—水; 2—草; 3—林; 4、5—农田; 6—其它

114°25′, 北纬 23°20′—23°58′, 64 × 64 个象元, 选用波段为 5, 6, 7, 即绿、红、红外波段。监督分类法选用了五种训练样区, 其中有农田、森林、草地、水体、阴影带。表 1 为无监督分类结果, 表 2、表 3 为对最小距离分类法的结果用松弛法进行后处理的分类结果, 表 4、表 5 为对最大似然法结果用松弛法后处理的结果。

表 2 最小距离法的分类精度

类 别	1		2		3		4		5		6	
	0	3	0	3	0	3	0	3	0	3	0	3
迭代次数												
同类增强系数%	86.3	89.4	65.1	67.0	39.8	41.4	81.8	82.3	78.1	80.3	21.4	21.4
H-Z 系数%	86.3	90.5	65.1	68.5	39.8	40.4	81.8	82.3	78.1	78.5	21.4	21.4
公式(9)%	86.3	90.4	65.1	68.1	39.8	41.2	81.8	81.8	78.1	79.0	21.4	21.4

(类别含意同表 1)

表 3 最小距离法的总分类精度

迭代次数	0	1	2	3
同类增强系数%	71.7	72.9	73.5	74.0
H-Z 系数%	71.7	72.8	73.8	74.6
公式(10)%	71.7	73.9	74.6	74.6

表 4 最大似然法的分类精度

类 别	1		2		3		4		5		6	
	0	3	0	3	0	3	0	3	0	3	0	3
迭代次数												
同类增强系数%	85	86	67	67	43	44	89	89	97	98	19	19
H-Z 系数%	85	86	67	67	43	43	89	89	97	98	18	18
类心距离比系数%	85	86	67	67	43	44	89	89	97	98	19	19

(类别含意同表 1)

表 5 最大似然法的总分类精度

迭代次数	0	1	2	3
同类增强系数%	73.4	73.7	74.0	74.0
H-Z 系数%	73.4	73.5	73.7	73.8
类心距离比系数%	73.4	73.6	73.8	73.9

从表 1 中看出, 第 1 类水体及第 4/5 类农田的初始分类精度很高, 而第 2 类草地则很低, 第 3 类林也偏低。从表 6 中看出有 233 个象元误分到第 3 类, 这主要是因为多数混杂有马尾松幼树的草地被误分做林。但是, 按林业的分类标准, 那样的地类应属于草地类别。

表 6 初始分类结果及精度统计 (ISODATA)

样区 \ 分类	1	2	3	4/5	6	点数	漏判	分类精度%
1	190	0	0	4	1	203	13	93.6
2	2	200	233	209	13	657	457	30.4
3	17	378	815	46	0	1256	441	64.9
4	19	172	132	1536	38	1896	360	81.0
5	0	13	4	44	23	84	61	27.4
多判	37	571	369	303	52			

(类别含意同表 1)

还看出第 3 类有 378 个点误分到第 2 类, 主要原因是林中的阴影带被误分为草地, 而实际上林区的阴影带下面都是林, 这样, 使林和草的分类精度大大降低。

根据上面情况, 作者将分类的组数增多, 对阴影部分做进一步的处理。在用监督法分类时, 将阴影部分单独算做一类, 结果使林和草的分类精度分别提高 2% 和 14%。

表 1 清楚地表明松弛法后处理的效果是肯定的, 无论用那种方法精度都有提高, 其中 H-Z 系数提高 3.8%, 公式 (10) 提高 3.6%。

最大似然法的分类精度比较高, 虽然总分类精度为 74%, 但是有几个单项精度高达 86%, 89%, 98%。从表 4 和表 5 看出类心距离比系数与 H-Z 系数和同类增强系数相比较, 在改善精度上不十分明显, 但实验证明类心距离比系数较节省机时。

训练样区的选择是监督分类法的关键问题, 训练样区选得好也定会提高分类精度。

五、结 束 语

全部实验结果证明了松弛法对无监督和监督分类的结果进行后处理, 是一种提高分类精度的有效方法。在确定预期分类类别及选择训练样区时, 应该注意类别个数及样本的正确与否直接影响分类结果的实际精度, 所确定的类别个数或训练样区应尽量符合地面实际情况。

精度是评价一种方法好坏的重要标准。在林业上林种面积的测定是了解该林种蓄积量的重要因素, 而面积是直接与分类的精度相关联的, 分类越准确精度越高, 对蓄积量的估计就越准确。因此, 提高分类精度是具有实际意义的。

林业部规划设计院遥感室的同志们提供了地面数据, 并对本工作给予了支持和合作, 在此特表示感谢。

参 考 文 献

- [1] Zucker S. W., Hummel R. A., Rosenfeld A., An Application of Relaxation Labeling to Line and Curve Enhancement, *IEEE Trans. on Computer*, C-26(1977), 394—403.
- [2] Eklundh J. O. and Rosenfeld A., Some Relaxation on Experiments Using Tripled of pixels. *IEEE*

Trans. on S. M. C., **3**(1980), 150—153.

- [3] Eklundh J. O. E., Yamamoto H., and Roseufeld A, A Relaxation Method for Multispectral Pixel Classification, *IEEE Trans. Pattern Analysis and Machine Intelligence*, **1**(1980), 72—75.
- [4] Davis L. S., Wang C. Y., and Xie H. C., Some Experiments in Multi-spectral, Multi-temporal Crop Classification Using Relaxation Techniques, Computer Science Center, Univ. of Maryland, TR-113 Dec. 1981.
- [5] Tou J. T., Pattern Recognition Principles, Addison-wasley Publishing Company, 1974.

IMPROVEMENTS OF REMOTE SENSED IMAGERY CLASSIFICATION ACCURACY BY RELAXATION TECHNIQUE

LI XIA WANG CHENGYE

(Space Science and Technology Centre, Academia Sinica)

ABSTRACT

The classification of remote sensed imagery by ISODATA unsupervised method, minimum distance and maximum likelihood supervised methods are discussed in this article. And by means of relaxation technique, the noise effect and the classification accuracy can be improved.

电气自动化委员会第二届学术年会征文通知

中国自动化学会电气自动化委员会，拟在一九八四年十月召开第二届学术年会。现将有关征集论文事宜通知如下：

1. 凡电力传动及生产过程电气自动化技术领域中的研究成果、设计计算、试验总结、应用实例、运行经验、节能措施、发展动态、主攻方向及国外引进技术的分析、消化、国产化工作等方面均可撰写应征。
2. 论文应反映国内先进水平，要求理论联系实际，一般不超过 8000 字，用稿纸誊写清楚，并附有 400 字以内的内容提要。
3. 凡已公开发表过的文章不再征集。
4. 征文截止日期为 1984 年 6 月 30 日。1984 年 8 月 15 日前后发给作者选用通知。应征论文请寄天津电气传动设计研究所 CAA-11 秘书组，不要寄给私人，以免延误。