

地物波谱组合识别模型参数的遗传优化*

李祚泳 汪 淮

(成都信息工程学院信息科学研究所, 四川, 成都, 610041)

摘要 为了从 TM 影像中提取不同地物波谱信息特征, 构造了地物波谱组合识别函数关系式, 提出了从地物 TM 影像中分辨出地物的一般原则, 并采用遗传算法优化确定地物波谱组合识别函数关系式中的系数. 根据不同地物与函数值分布范围的对应关系, 可以较容易地由 TM 影像作出多种不同地物的识别. 实例分析表明这种地物波谱组合识别模型具有简单性、实用性和可分辨性等特点.
关键词 地物波谱, TM 影像, 图像识别, 遗传算法, GA 优化.

PARAMETER OPTIMIZATION OF RECOGNITION MODEL OF LANDMARK SPECTRUM COMPOSITION BASED ON GENETIC ALGORITHM*

LI Zuo-Yong WANG Huai

(Institute of Information Science, Chengdu University of Information Technology, Chengdu, Sichuan 610041, China)

Abstract In order to extract the information characterization of landmark spectrum out of TM image, the functional relation of recognition of landmark spectrum compositions was constructed and the general principle of landmark recognition out of TM image was proposed. Genetic algorithm(GA) was applied to optimize the coefficients of functional relation of landmark spectrum composition. It is very easy to recognize each landmark from TM image, according to the correspondent relation between each landmark and the ranges of function values. The analysis of cases shows that this recognition model of landmark spectrum composition has the properties of simplicity, practicability and differentiation.

Key words landmark spectrum, TM image, image recognition, genetic algorithm, GA optimization.

引言

近年来, 各国学者已提出多种地物波谱识别方法^[1,2], 刘建波等利用密度分割法从 TM 图像中提取水体的分布范围^[3], 杨存建等从居民地的遥感机理分析入手, 分析了居民地在 Landsat TM₂、TM₃、TM₄、TM₅ 和 TM₇ 等各个波段上与其它地类的可分性, 从 TM 影像中提取出居民地信息^[4]. 笔者曾应用神经网络和物元可拓分析技术提取 TM 影像信息特征, 实现多波段遥感图像的识别^[5,6].

本文提出一种构造多种类地物波谱组合的普适函数关系式, 并采用遗传算法优化确定函数关系式中的系数, 根据不同类地物对应于函数值的不同取值范围, 从而能够较方便地从 TM 影像中作出多种

地物的判别.

1 遗传算法及地物波谱组合识别关系式

1.1 遗传算法简述

遗传算法(Genetic Algorithm(GA))模拟了生物界的自然选择和遗传过程中发生的繁殖、交配和变异现象, 根据适者生存、优胜劣汰的自然法则, 利用选择、交叉和变异等遗传算子逐代产生、优选个体, 最终搜索到较优的个体^[7]. 其求解过程包括: (1) 对个体编码, (2) 随机产生初始群体, (3) 计算群体中个体的适应度, 并进行评价, (4) 按适应度大小从群体中选择若干对个体按一定概率对个体进行交叉、变异操作, (5) 对产生的新一代群体进行重新评价、选择、交叉和变异等循环运算, 使群体中优秀个

* 国家自然科学基金(批准号 49901013)资助项目
稿件收到日期 2001-08-13, 修改稿收到日期 2001-11-05

* The project supported by the National Natural Science Foundation of China(No. 49901013)
Received 2001-08-13, revised 2001-11-05

体的适应度和平均适应度不断提高,直至最优个体的适应度达到要求为止,迭代过程结束.有关GA的原理和求解详细过程可参阅文献[7]和[8].

1.2 地物波谱组合识别关系式

一般说来,某类地物的影像在某些波段上相对容易识别,但在另一些波段上则不具有明显的可识别性.因此,有必要建立地物多波谱组合识别函数,即

$$F(x_1, x_2, \dots, x_m) = \sum_{j=1}^m c_j x_j, \quad (1)$$

式中 x_j 代表波段 j 的灰度值, m 为波段数目, c_j 为待优化确定的波段 j 的系数.其确定原则是:由式(1)计算出的函数值对不同类地物具有很好的分辨性,采用距离分类法的识别模型必须使优化确定的 c_j 对同类地物的样本之间距离则愈小愈好,而不同类地物的样本中心距应愈大愈好.为此,需构造满足如下优化准则的目标函数:

$$\min g_i = \frac{\frac{1}{mN} \sum_{j=1}^m \sum_{l=1}^N |c_j x_{jl}^i - \bar{x}_{ji}|}{\frac{1}{m(n-1)} \sum_{k=1}^{n-1} \sum_{j=1}^m |c_j \bar{x}_{jk} - \bar{x}_{ji}|}. \quad (2)$$

式中分子代表 i 类地物内多个样本距之和的平均值,分母代表 i 类地物与其余类地物的样本中心距之和的平均值, x_{jl}^i 为波段 j 地物 i 的样本 l 波谱亮度值, \bar{x}_{ji} 为波段 j 地物 i 的样本波谱亮度平均值, \bar{x}_{jk} 为波段 j 地物 k ($k \neq i$) 的样本波谱亮度中心值(平均值), c_j 为波段组合系数, m 、 n 分别为波段数目和地物类别数目, N 为某波段某地物选取的样本数目.用GA优化确定 c_j ($j=1, 2, \dots, m$),使式(2)满足某

要求的目标值.

2 地物波谱组合识别实例

2.1 资料来源

试验区位于福建省福清市中部,资料为1996年12月27日记录的Landsat TM₂、TM₃、TM₄、TM₅和MT₇等5波段的地物影像,其中9类典型地物部分采样点的波谱亮度值如表1所示,参见文献[4].

2.2 波谱组合识别关系式

按式(1)和(2)建立的波谱组合识别函数和目标函数应分别为

$$F_i(x) = \sum_{j=1}^5 c_j x_{ji}, \quad i = 1, 2, \dots, 9 \quad (3)$$

$$\min g_i = \frac{\frac{1}{5 \times 5} \sum_{j=1}^5 \sum_{l=1}^5 |c_j x_{jl}^i - \bar{x}_{ji}|}{\frac{1}{5 \times 8} \sum_{j=1}^5 \sum_{k=1}^8 |c_j \bar{x}_{jk} - \bar{x}_{ji}|}. \quad (4)$$

式(3)、(4)中各字母的意义与式(1)、(2)中相同.GA运行有关参数选择为:交叉概率 $P_c = 100\%$,变异概率 $P_m = 1\%$,初始父代群体数目为 $M = 800$,式(4)的目标值 $g_i \leq 0.05$.

将表1中的9类地物分别作为得识别地物构造组合识别函数式,用GA优化得出式(1)中系数 c_{1i} 、 c_{2i} 、 c_{3i} 、 c_{4i} 和 c_{5i} ($i=1, 2, \dots, 9$).用表1中各类地物各波段采样点的光谱亮度值分别代入已建立的9类地物的多波谱组合识别函数进行验证,结果表明:只需依次使用以水体和林地两类地物作待识别地物建立的地物波谱组合关 F_1 和 F_2 ,就能较好的分辨

表1 典型地物部分采样点的波谱亮度值
Table 1 The spectrum value of some typical landmarks sample

地物 i	TM ₂ 亮度值		TM ₃ 亮度值		TM ₄ 亮度值		TM ₅ 亮度值		TM ₇ 亮度值	
	样点值 x_{jl}^i	\bar{x}_{ji}	样点值 x_{jl}^i	\bar{x}_{ji}	样点值 x_{jl}^i	\bar{x}_{ji}	样点值 x_{jl}^i	\bar{x}_{ji}	样点值 x_{jl}^i	\bar{x}_{ji}
水体	28,26,27,30,34	29	3,0,0,9,14	5	13,12,12,15,15	13	6,6,8,5,6	6	5,1,2,1,3	2
林地	24,26,23,25,25	25	1,3,0,2,5	2	53,50,55,59,49	53	47,43,48,56,49	49	15,14,12,15,18	15
居民地	31,32,29,29,31	30	14,17,14,10,19	15	28,31,30,26,32	29	30,41,58,42,54	45	17,24,32,26,31	26
水田	35,36,31,28,32	32	28,28,16,10,21	21	50,51,54,55,51	52	93,94,70,59,87	81	47,45,33,25,39	38
旱地	39,36,36,38,33	36	41,32,37,40,31	36	59,54,49,54,49	53	105,84,93,103,88	95	57,43,47,53,43	47
阴影	21,21,22,20,22	21	0,0,0,0,0	0	13,17,19,17,20	17	10,7,13,9,11	10	2,2,4,3,4	3
裸地	49,48,41,41,43	44	57,58,42,42,44	49	68,67,55,56,54	60	131,133,110,107,104	117	77,48,59,58,61	61
滩地	34,31,34,32,32	33	19,19,19,23,17	19	28,27,28,28,28	28	25,24,25,26,27	25	12,11,12,13,14	13
道路	39,38,39,39,40	39	32,34,35,34,34	34	40,41,40,40,45	41	66,66,61,66,69	66	37,38,35,38,39	37

9 类系式地物,而不必使用其余 7 类地物作待识别地物建立的地物波谱组合关系式.以这 2 类地物作待识别地物组合识别函数优化得到的波谱系数 c_j 如表 2 所示.以各类地物各波段样本波谱的最小值和最大值分别组合成两个模拟样本,代入波谱系数 c_j 优化后的式(3)计算,得出各类地物的波谱组合识别函数值分布范围.其中以水体为待识别对象建立的组合识别函数 F_1 值分布有重迭的地物类(阴影和水体、林地和居民地、水田和道路),彼此不能区分,将其值分布范围作如表 2 括号内所示的适当延拓组合后,归并为混合类.9 类地物的波谱组合函数 F_1 和 F_2 的值分布范围亦见表 2.

2.3 地物影像识别方法及实例

TM 影像的识别过程分两步:首先将待识别地物波谱亮度值 x_k 代入组合识别函数

$$F_1(x_k) = 1.9375x_1 + 1.0625x_2 + 3.4375x_3 + 21.6250x_4 + 29.1250x_5 \quad (5)$$

中,按计算值大小从表 2 中 F_1 的地物函数值的分布范围可以确定它属于 9 类地物中的确定的某类或

不确定的两类中的一类,若是确定的一类,地物已被识别,则过程结束;若是处于不确定的两类中的一类,则再将地物波谱亮度值 x_k 代入组合识别函数

$$F_2(x_k) = 2.1250x_1 + 30.1250x_2 + 0.8750x_3 + 3.8750x_4 + 6.1250x_5 \quad (6)$$

中,根据表 2 中 F_2 的地物函数值分布范围,进一步判别该地物究竟属于这两类地物中的何种.举例说明如下:有 4 个地物 A、B、C、D 的 Landsat TM₂、TM₃、TM₄、TM₅ 和 TM₇ 等 5 个波段的灰度值如表 3 所示.地物 A、B、C、D 的 F_1 计算值如表 3 所示,根据 F_1 值只能判定 A 为裸地;再计算地物 B、C、D 的 F_2 值,亦列于表 3.根据 F_2 值,可进一步判定 B、C、D 分别为水体、水田和道路.而应用文献[4]的简单谱间结构关系阈值法只能识别出裸地 A;而地物 B、C、D 均只能作出如表 3 所示的混合类判别结果.两种判别法最终判别结果列于表 3.

3 结语

由于 GA 直接在优化准则的目标函数引导下进

表 2 地物波谱识别函数系数及不同地物对应的函数值分布范围

Table 2 Coefficients of function of landmarks spectrum and the ranges of function values of different landmarks

地物	c_1	c_2	c_3	c_4	c_5	c_1	c_2	c_3	c_4	c_5
		1.9375	1.0625	3.4375	21.6250	29.1250	2.1250	30.1250	0.8750	3.8750
	F ₁ 值分布范围		混合类的 F ₁ 值分布范围			F ₂ 值分布范围				
阴影	290~500		(100~			75~135				
水体	200~450		600)			135~600				
滩地	800~1250									
林地	1450~2000		(1250~)			300~600				
居民地	1300~2250		2250)			600~1200				
水田	2250~3450		(2250~)			800~1570				
道路	2580~2900		3450)			1570~1800				
旱地	3450~4150									
裸地	4150~6000									

表 3 4 个地物的波谱亮度值及两种判别法的判别结果

Table 3 The brightness spectrum values of 4 landmarks and the recognition results using two methods

待判别地物	波段亮度值					GA 优化波谱组合判别法				谱间结构阈值法判别结果
	TM ₂	TM ₃	TM ₄	TM ₅	TM ₇	F ₁ 值	判别结果	F ₂ 值	判别结果	
A	42	56	63	105	80	4958	裸地			裸地
B	26	6	11	9	4	405	水体或阴影	305	水体	水体或阴影
C	37	22	49	65	37	2747	水田或道路	1263	水田	水田、道路或旱地
D	38	33	44	62	36	2649	水田或道路	1574	道路	水田、道路或旱地

行全局自适应寻优,因此,基于 GA 优化的地物波谱组合模型具有普遍的适应性;该方法较传统的优化方法直观、简便,且采用 GA 优化后的多波谱组合识别函数可对多种地物都能加以识别,因而是一种具有实用性的地物波谱识别方法。

REFERENCES

- [1] Henderson F M. An analysis of settlement characterization in central Europe using SIR-B radar imagery. *Remote Sensing of Environment*, 1995, **54**(1):61—70
- [2] CHEN Chu-Qun, SHI Ping, MAO Qing-Wen. Study on modeling chlorophyll concentration of surface coastal water using TM data. *Remote Sensing of Environment* (陈楚群, 施平, 毛庆文. 应用 TM 数据估算沿岸海水表层叶绿素浓度模型研究. *环境遥感*), 1996, **11**(3):168—176
- [3] LIU Jian-Bo, DAI Chang-Da. The application of TM image in reservoir situation monitoring. *Remote Sensing of Environment* (刘建波, 戴昌达. TM 图像在大型水库库情监测管理中的应用. *环境遥感*), 1996, **11**(1):54—58
- [4] YANG Cun-Jian, ZHOU Cheng-Hu. Extracting residential areas on the TM imagery. *Journal of Remote Sensing* (杨存建, 周成虎. TM 影像的居民地信息提取方法研究. *遥感学报*), 2000, **4**(2):146—150
- [5] LI Zuo-Yong. Supervised classification of multispectral remote sensing image using B-P neural network. *J. Infrared Millim. Waves* (李祚泳. 用 B-P 神经网络实现多波段遥感图像的 supervised 分类. *红外与毫米波学报*), 1998, **17**(2):153—156
- [6] LI Zuo-Yong. A recognition model for plant cover parameter retrieval of infrared remote sensing based on matter-element and extension. *Laser and Infrared* (李祚泳. 由红外遥感数据反演地物的物元可拓识别方法. *激光与红外*) 2000, **30**(2):98—101
- [7] Holland F H. Genetic Algorithms. *Scientific American*, 1992, (4):44—50
- [8] LI Zuo-Yong, WANG Jue, LIU Guo-Dong. Optimum estimation of parameters on assessment model of pollution loss rate of atmospheric environmental quality using genetic algorithm. *Research of Environmental Sciences* (李祚泳, 王珏, 刘国东. 大气质量污染损失率评价模型参数的 GA 优化 [J]. *环境科学研究*), 2001, **14**(2):7—10