

# 遥感图象“空间”特征的机助处理

李 锐 宋桂琴 刘 静 李领涛 杨勤科

(中国科学院水利部西北水土保持研究所·陕西杨陵·712100)

**摘 要** 以陕西北部黄土高原丘陵沟壑区为例,对几种常用的遥感图象(LANDSAT MSS和TM,航空相片扫描图象)的空间特征进行了分析,并在处理和提取技术方面作了探讨。“纹理”图象对于反映地面切割状况、分析地表形态有特殊的意义。边界保留滤波技术对于处理地形破碎地区的图象非常有效。还结合水土流失综合治理动态监测讨论了其应用情况。在地形复杂地区图象处理和分类方面取得了可喜的进展,总结出了适合于地形复杂地区遥感图象处理与分类的方法和步骤。

**关键词** 遥感监测 图象处理 黄土高原

## Computer—based Processing and Extracting of Spatial Characteristics of Remotely Sensed Data

Li Rui Song Guiqin Liu Jing Li Lingtao Yang Qinke

(Northwestern Institute of Soil and Water Conservation, Academia Sinica  
and Ministry of Water Resources, Yangling, Shaanxi, 712100)

**Abstract** In this paper, the method for processing and extracting of spatial features of remotely sensed images was introduced. The spatial characteristics of remotely sensed images of Northern Shaanxi province were analysed. Landsat images (TM and MSS), scanned aerial photographs and digital elevation data were discussed. "Texture Image" shows very meaningful for landform analysing. "Edge preserve filter" is very useful for identifying of landtypes on the hilly area. Based on the results in the Loess Plateau the methods and procedures of image processing of the region with complex topography were developed.

**Key words** remote sensing image processing the Loess Plateau

## 1 引 言

遥感图象的目视解译,除了依据色调、色彩等光谱特征外,还把形状、纹理以及相对位置等空间特征作为重要的解译标志。以往的数字图象计算机处理与分类却只能依据光谱(亮度)值的大小,通过光谱的变换和处理来增强图象的反差,提高其可判性。这对于地势平坦或起伏不大的地区是比较适用的。但是,在地形复杂地区,由于起伏较大,使得同一地物在不同的地形部位产生不同的影象,或者由于周围环境的影响,不同的地物在图象上产生相同的色彩和色调。在这种图象中,地物图斑

构型引起的空间变化大于光谱的反差作用,因此,单纯依据光谱值的分类,难以获得符合实际的分类结果。1986年和1989年李锐等人,1988年伍德科克(Woodcock)等人,以及1990年哈里森(Harrison)和贾普(Jupp)等,分别对图象的空间特征进行了分析,并在处理和提取技术方面作了探讨。通过这些研究,在地形复杂地区图象处理和分类技术的方面取得了可喜的进展,总结出了适合于地形复杂地区遥感图较象处理与分类的方法和步骤。他们的研究结果表明,在处理这类图象时,既要应用各种数学方法减少地形变化对地物影象特征的影响,又要利用地形变化引起的空间构型特征,补充单纯依靠光谱值分类的局限性。在分类时,既要依据象片的光谱值,又要分析每一个象元与相邻象元之间的关系,也就是对图象的空间特征进行处理和提取。本文以黄土高原丘陵沟壑区为例,对几种常用的遥感图象进行了分析,并结合水土流失综合治理的动态监测讨论了它的应用情况。

## 2 数字遥感图象的空间结构

数字遥感图象的空间结构受到多种因子的影响,如地物和图斑的大小、形状和密度,地物与地物之间、图斑与图斑之间的光谱反差,以及图象分辨力(象元大小)与地物图斑大小之间的关系。在一般情况下,数字图像空间结构的分析,至少可按以下三个层次进行:第一层次是整幅图象,由图斑镶嵌而成的一幅图象代表了一定的区域景观特征;第二层次是图斑,图斑可以是一组地物的集合,也可以是同一种地物的群体;第三层次就是地物个体的影象。每个地物不论能否由图象上辨认出来,都会引起图斑内象元之间的差异。研究结果表明,象元大小(分辨力的高低)与调查对象大小之间的关系,对图象的空间特征影响很大,象元过大时,一个象元有可能包含多种地物,形成复合象元,平均局部变差降低;象元过小时,同一个地物就可能由多个象元组合而成,局部变差也要降低。所以应根据调查的目的选择适宜的图象资料。

研究区地处黄土高原腹地,属典型的梁峁状黄土丘陵沟壑地貌。黄土丘陵是黄高原的主体,古地形的的基础加上黄土的堆积与侵蚀,形成了特殊的流水侵蚀地貌景观。地貌类型主要有正地形的黄土梁和峁,和负地形的沟谷组成。现代加速侵蚀使侵蚀沟发育。地面切割破碎,沟壑密度一般为 $5\sim 7\text{km}/\text{km}^2$ ,复杂的地形与地被丰富了卫星影象的信息。作为重点研究的安塞县境内的纸坊沟小流域,地面坡度在 $15^\circ$ 以上的土地占总面积的80%。主沟长5.9km,两侧支流19条,总长15.48km。这样的地貌形态形成了独具特色的图像空间结构。多级冲沟组合成典型的树枝状水系,窄梁深沟形成了明显的阴阳坡,两条地性线(沟缘线和坡脚线)划出了三种纹理结构不同的地貌类型,即沟间地、沟坡地和沟底地。另外,在大片荒裸的背景条件下,绿色植被显得异常突出,在标准的假彩色合成图象上形成红色的独立图斑。这些独特的空间特征为图象解译和分类提供了充分的依据。

## 3 资料与处理方法

依据上面分析,我们针对不同的地域特征、不同分辨力的图象,以及不同的调查目的,采取了不同的处理方法。

### 3.1 陆地卫星 MSS 图象

选用的 MSS 图象是在晚秋季节获取的,地面绿色植物几乎全部枯黄,地貌特征得到了充分的显示。我们用 $7\times 7$ 的滤波“算子”对第一主成分图象进行二阶微分处理,目的是突出和提取控制性的地貌特征。通过处理,区分出了梁脊、沟底、高平地、低平地 and 坡地等主要土地类型。把平地、缓坡地与陡坡地区分开,这对丘陵区有重要意义。这一方法对数字化地形模型资料的处理效果更好。根据在甘肃等地的试验,这种方法对研究大范围、小比例地形地貌特征也是可行的。

3.2 陆地卫星 TM 图象

选取的 TM 图象获取时间为春末夏初,绿色植被在图象上已经清晰可辨。表1和表2分别给出了图象的基本统计结果。

表1 试验区 TM 图象光谱值统计结果

波段	平均值	标准差	最小值	最大值
1	94.73	131.54	57	144
2	51.07	10.35	19	91
3	61.81	16.08	15	121
4	79.35	14.48	10	126
5	118.36	129.36	5	194
6	159.65	131.23	0	213
7	65.58	18.83	3	123

表2 试验区 TM 图象协方差矩阵

	I 波段	II 波段	III 波段	IV 波段	V 波段	VI 波段	VII 波段
I 波段	173.00	135.07	209.57	149.04	333.99	120.09	241.22
II 波段	136.07	107.15	165.45	121.15	265.98	94.28	189.84
III 波段	209.57	165.45	258.73	179.47	407.91	142.96	294.55
IV 波段	149.04	121.15	179.47	209.76	352.93	128.71	222.96
V 波段	333.99	265.98	407.91	352.93	735.68	269.13	498.19
VI 波段	120.09	94.28	142.96	128.71	269.13	258.38	186.28
VII 波段	240.22	189.84	294.55	222.96	498.19	186.28	353.71

在取得了 TM 图象光谱特征值和协方差矩阵等统计结果的基础上,作了主成分分析,由表3和表4列出的计算结果看出,第一主成分代表地貌特征,并且包含了85.7%的信息。这反映了该区的实际地形特点,在黄土高原地区的诸自然环境因子中,地形地貌起主导作用,制约着其它因子的发生与发展,也直接或间接地影响着土地利用方式。第二主成分反映了植被状况,黄土高原地区植被稀疏,近乎半裸的耕地和荒坡占了绝大部分。正因为如此,成片的植被与这种背景形成了明显的反差。与其它地区遥感图象的主成分分析结果比较,本区第三主成分的比重较大,这对于分析坡耕地,提供了有用的信息。我们用第一、二主成分作为依据,对整幅图象进行分类,划分出代表该地区主要地貌和地被特征的类型。为了分析对水土流失的影响,在农耕地中区分出了平坦、梁峁顶和陡坡,在非农耕地中划分出高覆盖林地、阳坡牧草灌木地和阴坡荒草地等。

表3 以方差为权重的主成分分析结果

主成分	变差量	变差率(%)	信噪比(%)
1	1413.7	85.7	16.6
2	143.5	8.7	15.3
3	74.7	4.5	8.8
4	12.1	0.7	6.2
5	2.2	0.1	6.3
6	1.6	0.1	5.9
7	0.9	0.1	
总计	1648.8	100.0	

表4 主成分分析变换矩阵

波段	I 波段	Ⅱ 波段	Ⅲ 波段	Ⅳ 波段	V 波段	Ⅵ 波段	Ⅶ 波段
第一主成分	0.3979	0.4005	0.3967	0.3561	0.4007	0.2728	0.4027
第二主成分	-0.1694	-0.1731	-0.1943	0.0210	-0.0464	0.9456	0.0822
第三主成分	-0.2593	-0.1846	-0.2878	0.8584	0.1962	-0.1595	-0.1229
第四主成分	0.3192	0.3069	0.2025	0.3102	-0.6205	0.0720	-0.5258
第五主成分	-0.7844	0.2594	0.5331	0.0478	-0.1509	0.0158	0.0891
第六主成分	-0.0667	0.1941	0.1204	-0.1804	0.6245	0.0202	-0.7215
第七主成分	0.1556	-0.7592	0.6184	0.0700	0.0315	0.0068	-0.1055

3.3 彩红外航片的扫描图象

应用 EIKONIX 图象数字化装置,将1:10 000的彩红外航空象片扫描成三个通道的数字化图象。三个通道分别是可见绿光、可见红光和近红外光,象元的大小为2m×2m。地面上的单株灌木、田间小区、林间空地以及建筑物都清晰可辩。这对于资源详查是非常有用的,但同时却产生了另一种不利的影响:过分的详细使图斑破碎,有时还掩盖了类型之间的差异。特别是研究区内多级侵蚀的发育,复杂的地面形态和日益增强的人文因素影响,使得图象 空间特征显得杂乱无章。针对这种较大比例尺的资料,作了如下处理:

3.2.1 “纹理”图象 沟缘线在黄土丘陵沟壑区是非常重要的地性线,被此线分开的上下两部分,其形态特征、利用方向以及侵蚀状况都截然不同。该线的上方称梁峁坡地,坡度比较平缓,地面尚未被切沟拉开,横向起伏不大,侵蚀方式以面蚀为主,目前多为农耕地或荒草地;该线以下为沟坡地,坡度陡,地面破碎,面蚀和沟蚀均很严重,有些地方还出现重力侵蚀,在利用上为农林草混合区。这条线目视解译比较容易识别,计算机分类却难以区分。为此,我们通过空间滤波处理,产生出代表地面切割程度的“纹理”图象。该图象每个象元的值,都代表与相邻象元方差的大小。在这种图象上,划出地面糙度比较容易。表5和表6分别列出了研究区内几种主要土地类型的空间特征统计结果。从中可以看出:地面相对平缓的梁顶、沟底和梁峁缓坡地在原始图象上与其它土地类型相比差异不明显,而在“纹理”图象上却显然不一样,平均值都在10以下。

表5 几种主要土地类型“纹理”图象的空间特征统计值

土地类型	I 波段				Ⅱ 波段				Ⅲ 波段			
	平均值	标准差	最大	最小	平均值	标准差	最大	最小	平均值	标准差	最大	最小
梁峁坡地	4.36	1.55	1	8	3.88	1.17	2	8	4.44	1.80	2	10
沟坡地	40.22	14.44	15	78	59.65	21.13	22	107	49.44	15.45	24	91
梯田	21.03	5.01	7	32	44.40	8.30	26	64	43.54	9.33	24	71
塌地	14.59	7.61	2	42	22.34	11.09	4	81	20.85	9.93	3	68
沟底地	3.85	2.63	3	15	3.57	1.38	2	8	3.19	1.06	1	6
梁峁盖地	3.64	1.16	2	7	8.47	2.43	4	14	7.33	209	4	12

3.2.2 边界保留滤波处理 上面谈到,由于反映碎部的信息过分详细,使较大类型之间的差异不够突出。如果采用一般的拉平处理,虽然可以减少一些变差,但也同样缩小了较大类型之间的差异。为此,1989年李锐等人以及1991年哈里森和贾普,都采用了边界保留滤波处理,其结果只减少了大图斑内部的变差,而保留了大图斑之间的差异,甚至略有增加。表7给出了两个相邻图斑处理前后的统计结果,两块地三个波段标准差的平均值分别减少了2和5.75,而两块合成一块后,三个波段标

准差平均增加了1.07。

表6 几种主要土地类型原始图象的空间特征统计表

土地类型	I 波段				II 波段				III 波段			
	平均值	标准差	最大	最小	平均值	标准差	最大	最小	平均值	标准差	最大	最小
梁卯坡地	89.78	2.59	85	94	10.17	1.75	98	106	82.56	1.99	79	87
沟坡地	78.72	21.00	34	117	92.60	29.14	36	140	84.02	23.09	45	129
梯田	99.51	7.18	90	96	108.63	12.32	80	116	92.85	12.22	73	124
塌地	93.13	12.80	60	121	104.16	17.03	62	140	87.58	14.79	56	131
沟底地	14.00	4.69	5	23	69.70	1.90	67	74	99.48	2.33	95	103
梁卯盖地	61.17	1.17	58	63	76.78	5.15	64	84	66.92	4.26	58	74

表7 边界保留滤波处理结果比较

处理前后		处理前			处理后		
		I 波段	II 波段	III 波段	I 波段	II 波段	III 波段
图斑 A	最大值	9	12	43	2	4	40
	最小值	1	1	34	1	1	37
	标准差	2.88	3.55	1.77	0.43	0.58	1.19
图斑 B	最大值	88	119	117	87	116	114
	最小值	52	79	73	72	103	102
	标准差	8.80	9.81	10.61	4.43	3.44	4.12
图斑 A+B	最大值	88	119	117	87	116	114
	最小值	1	1	34	1	1	36
	标准差	31.94	46.09	30.44	32.95	47.34	31.39

4 结果与讨论

结合小流域水土流失综合治理监测的任务,应用上述方法和资料,我们着重对坡耕地和人工植被(林和草)在各个土地类型中的分布与变化进行了分析,在试验区内获得了比较满意的结果。虽然机助分类在目前尚不能替代目视解译,但为了适应地理信息系统的应用和环境动态监测对数据周期更新的要求,机助分类应该是遥感信息提取技术的发展方向。

4.1 遥感图象空间信息的提取和参加分类,是充分发挥遥感信息潜力和提高机助分类精度的一个重要措施

影响地物图象特征的主要因素有两个方面:一是地物本身的光谱(反射和辐射)特性,这是由地表覆盖类型决定的;二是地貌形态和地形部位的影响,太阳能传到地面后发生再分配,反映到图象上就形成了阴阳向背、色调深浅不一的差异。在处理过程中,首先通过一系列的预处理,将地形地貌引起的图象空间特征和地物反射、辐射性质产生的图象光谱特征区分开;其次,对地貌和地被图象进行分类处理;最后,将两种结果综合产生出所要求的专题分类图象。近年来,数字地形模型的建立和应用为遥感图象的空间特征分析和提取提供了可靠的信息源。我们的试验结果表明,用数字地形模型及由此计算的坡度、坡向,以及光照模拟图象参加遥感资料的分类,可大幅度地提高分类精度。

4.2 空间滤波“算子”系数的确定

空间滤波的理论问题可以说已经解决了,但如何选取适宜的参数非常重要。这些参数(滤波算子系数)的确定主要考虑图象的分辨率、目标物的大小、区域特征等三个因子及其相互关系。其中图

(下转第88页)

增强地面对降水的吸收,减少产沙量。

4.3 在陡坡荒地上造林应采取整地工程措施,拦蓄降水,减少坡面产沙,提高造林成活率。

#### 参考文献

- 1 蒋定生等. 黄土高原土壤入渗速率的研究. 土壤学报, 1986年第4期
- 2 朱显谟. 黄土高原土地的整治问题. 水土保持通报, 1984年第4期
- 3 黄秉维. 谈黄河中游土壤保持问题. 中国水土保持, 1983年第1期
- 4 中国科学院资源环境科学局主编. 黄土高原小流域综合治理与发展. 技术文献出版社, 1992年3月
- 5 Bouer, H. Rapid field measasement of air — entry value and hydraulic conductivity of soil as significant paraneters in flow system analysis. Water Resour . Res . 2. 1966, PP, 729—738
- 6 Bouwer, H. Infiltration of water into nonuniform soil . J. Irrigation and Drainage Division ASCE 95 (IR4), PP. 451—462
- 7 Mein, R. G. and Larson. C. L. Modeling infiltration during a steady rain. Water Resour . Res . 9(2), 1973, PP. 384—394
- 8 Kostiakov , A. N(1932). On the dynamics of the coeffient of waterpercolation in soils and on the necessity of studying it froma dynamic point of view for purposes of amelioration . Trans . Com . Int . Soc. Soil Sci, 6th Moscow part A. 17—21
- 9 Horton, R. E(1940). An approach toward a physical interpretation of infiltration—capacity. Soil Sci. Soc. An. proc. 5, 399—417

(上接第67页)

象分辨率与解译对象大小之间的关系决定了局部方差,区域景观特征表现为图象空间结构,所有这些是选定参数的依据。这实际上属于目前遥感应用的一个关键课题—如何实现地学与现代技术之间的“对话”。许多实例表明,如果离开严格的地学分析,就难以充分发挥遥感技术的潜力。

#### 参考文献

- 1 Harrison. B. A. and Jupp. D. L. B. (1990), Introduction to Image Prooessing: Part TWO of the Mioro BRIAN Resouroes Manual. CSIRO, Melbourne, Australia.
- 2 Harrison. B. A. , Jupp. D. L. B. and Li. R(1991), Using Spatial Statistios with Remotely Sensed Images . Proc . Australian Remote Seneing, Conference Perth , Australia.
- 3 LI. R, Jupp D. L. B. Harrison. B. A. and Ahmad. W. (1986). Extraotion of Landform Information from Remolely Sensed Dala; An inilial study, Proc. RISRS'86. Reijing, China.
- 4 Li. R, Harrison. B. A. and Jupp. D. L. B. (1989), Using rcmotc sensing to map landform and cover in the Loess Plateau, China, Proc . Asian Conference on Remote Sensing, Kuala Lumpur . Malaysia
- 5 Woodcock. C. E. and Strahler . A. H. (1987). The factor of scale in remote sensing. Remote Sensing of Euviron- met, 21: 311—322.
- 6 杨文治、余存祖主编. 黄土高原区域治理与评价. 科学出版社, 1992
- 7 李 锐等. 土地类型遥感分类系统与机助分类初步研究. 陕北黄土高原地区遥感应用研究, 科学出版社, 1991