

# 关于多光谱和高光谱影像的纹理问题

舒 宁<sup>1</sup>

(1 武汉大学遥感信息工程学院, 武汉市珞喻路 129 号, 430079)

**摘 要:** 提出了一种新的纹理概念, 指出纹理是地物目标光谱空间到二维投影空间的映射模式, 以表述多波段影像或高光谱影像的纹理, 并蕴含了单波段或黑白影像纹理概念。同时, 提出了实现空间映射的几种编码方式, 即基于光谱相似性分析的编码、基于光谱空间密度分析的编码、以影像主成份分析为基础的编码、空间相关性的编码等五种方法。

**关键词:** 多光谱影像; 高光谱影像; 空间映射; 编码

**中图法分类号:** P237.3

影像纹理是影像的一个重要属性, 在影像分析中占据十分重要的位置, 对于目标特征的提取和各类目标的识别都具有重要的价值。对于纹理的概念和纹理分析的方法, 人们已进行了相当深入的研究, 在相关的教科书和文献中, 已作了十分充分的总结。当人们只是面对黑白影像或者单波段影像以及彩色影像时, 这个问题已经十分清楚, 可以采用许多方法进行纹理分析, 只不过对彩色影像稍微麻烦一点, 因为它包含三个彩色分量, 要用矢量分析的方法。如果面对具有更多的波段甚至超多波段的遥感影像, 怎样进行纹理分析是一个需要考虑的问题。随着遥感科学与技术的发展, 人们可以获得越来越多的多光谱影像数据和高光谱影像数据, 纹理的概念问题和分析方法问题就显得十分突出了。

## 1 纹理的概念

以往纹理的概念是建立在黑白影像或单波段影像基础上的。人们认为, 纹理是一种微观上无序而宏观上有序的, 是灰度变化或排列的某一方式或模式, 是灰度变化频率的一种表现。虽然目前还没有统一的定义, 但概念描述基本上一致。对于彩色影像的纹理也基本上延续黑白影像纹理的描述方法, 只是将灰度改为色彩而已。但是, 对于四个波段以上的影像, 特别是几十个、上百个波

段的高光谱影像, 怎样描述影像的纹理和进行纹理分析, 就是一个令人十分困惑的问题。

笔者曾于 1998 年<sup>[1]</sup> 阐述了多光谱影像纹理的概念和分析方法, 认为纹理可以作为光谱影像空间中地物光谱特征分布的一种描述, 试图将单波段和多波段的纹理概念统一起来, 并引申到高光谱影像。现在看来, 当时的提法还不够全面, 或不够清楚。多光谱、高光谱影像是地物光谱信息的表达, 影像上每一像元的几个波段或超多波段的灰度数据是地物反射或辐射光谱信息数据的集合或光谱矢量, 单波段影像数据则可以认为是这一光谱矢量的特殊表现, 即分量个数为 1 时次的光谱矢量。每个光谱矢量在光谱空间中都有一个特定位置, 可以认为是其中的一点, 不同地物的光谱矢量在光谱空间中的位置是不同的, 即位置分布不同, 但某些情况下会比较接近。相同类型地物的光谱矢量在光谱空间中位置相同或者十分接近, 也有位置差异较大的情况。在考虑影像纹理时, 人们是在二维空间上看影像的灰度或色彩元素排列、分布情况, 这个二维空间是由一张像片或计算机显示屏幕上的影像所形成的, 是各种像元分布的二维平面。几乎所有的纹理概念和纹理分析的方法都出于这样一个二维平面。既然在这个平面上, 所有像元的信息都是地物(或其他目标)光谱信息, 或光谱矢量的表现形式, 那么, 所谓纹理就是光谱空间中地物目标光谱矢量在另一个

二维空间上的重新排列,或具有某种意义上的分布。所谓另一个二维空间就是地物平面,这里暂且把它称为地物分布二维空间。这样,纹理就是地物光谱空间中的点到地物分布二维空间的一种“映射模式”。不同的映射模式就是不同的纹理。文献[1]仅仅提到了光谱空间中地物光谱特征分布的一种描述,是比较含糊的,主要是分布并没有明确界定是在光谱空间中,还是在地物分布的二维空间中。如果是指前者,那仅仅是光谱空间中的地物光谱矢量分布,反映的是不同类型地物的光谱属性,并不是纹理概念所体现的“分布”,只有后者才是比较准确的。

进一步考虑地物分布的二维空间,还应作具体的说明。应当指出,这个二维空间一般是指具体的影像所反映的实际地物(或其他目标)及其所处的环境(或背景)的二维空间,是一个局部的地物空间。但进行纹理分析所面对的二维空间并非实际的地物空间,而是这个二维空间的投影,或称实际地物二维分布的投影空间。至于具体的投影方式,由影像获取的方式决定,这里不加考虑。

通过上述分析,可以得到纹理概念,也可以说是它的定义。影像纹理是地物(或其他目标)在光谱空间中的表征点到地物(或其他目标)分布二维投影空间的映射模式,或映射表达方式。这种映射是多对多的复杂映射。在光谱空间中,地物(或其他目标)的表征点一般都是多个点,其中每一个点在地物目标二维分布投影空间中都有许多点与之对应。这里提到其他目标是因为要考虑除遥感影像外的其他影像,如医学影像、工业影像等。

在一些有关的文献中,曾经将影像分为纹理影像和非纹理影像两类,认为以纹理为特征的影像才是纹理影像,那些不具有丰富纹理,即不以纹理为特征的影像或没有多少纹理特征的影像就是非纹理影像。这种看法固然有一定道理,但笔者认为没有必要作这样的划分。有些影像十分简单,不需考虑纹理即可顺利进行影像分析。但是在这样的影像中,纹理依然存在,只不过其纹理所反映的映射模式比较简单,如十分清楚的一幅目标及其背景的影像,影像分析或目标识别过程中只需考虑其亮度或色彩即可,于是人们就将它称之为非纹理影像。对于遥感影像来说,也可能存在这种现象,如大面积冰雪的影像,但对于大多数陆地影像来说,其纹理是非常丰富的。

## 2 空间映射编码

既然影像纹理是地物目标在光谱空间中的表

征点到它们的二维投影空间的映射模式,那么,只要设法解决其映射方式问题,后续的问题就比较简单了。

设地物目标光谱空间中的点集为  $S$ ,地物目标二维投影空间为  $P$ 。 $S$  中的每一个点是地物辐射(包括反射和发射)量测值矢量,通常也可以用地物光谱响应数值(影像灰度)矢量表示。地物目标为  $O(X, Y, Z, A)$ ,其中  $(X, Y, Z)$  是其空间坐标,如某一大地坐标系内的坐标,  $A$  是其主要属性,那么,  $S$  到  $P$  的映射关系可以表示为:

$$\begin{aligned} P &= f(S) = \{o(i, j) \mid o(i, j) \in P, \\ & o(i, j) = g(l), l = m(s), \\ & s = b(O(X, Y, Z, A)), s \in S\} \quad (1) \end{aligned}$$

式中,  $m$  表示成像关系,是地物目标光谱矢量  $s$  到影像像元灰度矢量  $l$  的表达;  $s$  是地物目标光谱特征的某种组合方式,可能是同一类型的地物目标光谱特征的组合,也可能是不同地物目标光谱特征的组合;  $g(l)$  是将地物光谱响应矢量编码的结果。很明显,  $o(i, j)$  是二维投影空间中的点,如果能够确定映射关系  $f$ , 即

$$o(i, j) = g(l) \quad (2)$$

的表达式,得到二维投影空间  $P$  中每一元素所对应地物的光谱响应矢量的代码,则这个代码是对地面上每一地物或地物组合(由像素分辨率所确定的地块内的各地物)在某一特定时间(影像获取时间)辐射特性的表示。这样一来,可以用代码的组合模式表示纹理,复杂的多光谱和高光谱影像纹理分析问题就可以迎刃而解。现提出如下几种映射表达方式。

### 2.1 基于光谱相似性分析的编码

对于多光谱或高光谱影像中每一像元的光谱响应数值矢量,即灰度矢量,根据矢量相关性分析,将相关性很强、差异很小的灰度矢量赋予同一代码;相关性小、差异很大的灰度矢量的代码各不相同,由此得到一代码文件。很明显,其代码一般为区间  $[0, 255]$  内的数值。

### 2.2 以影像主成份分析(主分量变换)为基础的编码

影像主成份分析在遥感影像分析中具有重要的价值,它是一种正交变换,对于数据压缩、增强数据的可分性、提高分析效果是非常有益的,可以在变换之后,选其前 3 个或前  $N$  个( $N > 3$ ,  $N$  远小于波段数,由变换后信息量确定)主成份数据作为纹理分析的基础数据。一般前 3 个主成份数据已包含原数据所有波段信息的 95%~99%,甚至第一主成份数据就具备原始数据 95% 以上的信

息。所以仅取第一主成份就基本可以作为原始数据的“代表”，直接以它作为“映射”编码的结果。对于多个主成份数据，可以按第一种方式进行分析，也可以按某种简单的矢量分析方法进行纹理分析，如文献[2]中所采取的方法。

### 2.3 以某一分析对象为主的基于某种变换的编码

对于某些地物目标，并非要考虑所有的波段，而只需考虑其中某几个波段，因为这些波段是反映地物目标特征的主要波段，如反映植被状况的近红外波段和红光波段，反映不同岩石类型光谱特征的中红外波段等。以这几个波段进行变换，如植被指数变换，其结果可以作为反映地物目标空间映射的编码。又如，数个中红外波段可按第一种方式进行，也可以作主分量变换，取第一主分量数据作为编码数据。

### 2.4 基于光谱空间密度分析的编码

在确定光谱空间密度分析统计单元的基础上，进行局部地物目标光谱空间密度统计分析，即研究对象区域的地物光谱空间密度分析，然后确定编码方案，完成空间映射工作。具体的光谱密度分析方法可参见文献[3]。

### 2.5 考虑空间相关性的编码方法

以每一像元光谱响应矢量为基础，加上邻域光谱响应矢量相关性或差异性指数进行编码。图1为采取这种编码进行纹理分类的结果，表明了方法的可行性。具体的编码方法将另文介绍。

## 3 结 语

以上编码方法是目前进行地物光谱空间到地物分布二维投影空间映射的主要方案，有的已作了初步尝试。在编码的基础上，以不同的编码组合代表不同的纹理，即对二维投影空间进行分析。



图1 采取空间相关性编码进行纹理分类的结果

Fig. 1 Classification Result of Texture Coding for Space Correlations

这时可以将许多原有的纹理分析方法引入，如灰度共生矩阵、纹理能量分析等，但数据对象已不是灰度，而是反映地物光谱空间中地物光谱特征的代码，由此得到的纹理特征数据必将为地物目标类别分析和识别奠定基础。

## 参 考 文 献

- 1 舒宁. 卫星遥感影像纹理分析与分形分维方法. 武汉测绘科技大学学报, 1998, 23(4): 370~373
- 2 马东, 程敬之, 李斌. 细胞图像的彩色纹理分析方法研究. 西安交通大学报, 2000(1): 108~110
- 3 Shu N. Edge Extraction from Multi-spectral Images and Density Analysis of Super-dimensional Spectral Space. Proceedings of SPIE, 2001, 4 550: 63~66

作者简介: 舒宁, 教授, 博士生导师. 主要从事摄影测量、遥感和图像处理方面的教学及科研工作. 在多光谱影像及高光谱影像处理的理论和方法、遥感图像处理系统、雷达影像处理、从 SPOT 影像提取高程信息、遥感与地理信息系统的结合等方面取得多项成果.

## On the Texture of Multi-spectral and Super-dimensional Images

SHU Ning<sup>1</sup>

(1 School of Remote Sensing and Information Engineering, Wuhan University,  
129 Luoyu Road Wuhan 430079, China)

**Abstract:** This paper proposes a new concept of remote sensed image, which can be considered as the mapping mode of the spectral space for ground features to the projective space that is two-dimensional imaging space. This concept can express well the texture information in multi-spectral and super-dimensional images, as well as that in single band image or black-white

images. In order to analyze the texture information in multi-spectral and super-dimensional images, a necessary way is the coding for spectral vector of every pixel with all the spectral information. The texture of multi-spectral and super-dimensional images is based upon that kind of coding. Several approaches have been proposed for the coding of spectral vector: the coding based on the spectral similarity, the coding based on the density analysis of spectral space, the coding based on the image analysis of principal components, etc. The result of texture classifications based on one way of coding has been given out to show the effectiveness of the proposed method.

**Key words:** multi-spectral images; super-dimensional images; space mapping; coding

**About the author:** SHU Ning, professor, Ph. D supervisor. He is engaged in the researches on the theories and methods of multi-spectral and super-dimensional images, remote sensing image understanding system, SAR image processing, extraction of elevation from SPOT imagery, and the integration of remote sensing and GIS.

(责任编辑: 宏光)

## 《武汉大学学报·信息科学版》征稿简则

本刊是由武汉大学主办、国内外公开发行的测绘及相关专业学术期刊,SCI、EI、PK、CSA等国际著名检索系统均收录本刊发表的论文。为进一步提高刊登论文的代表性,发挥本刊在国内外的学术辐射优势,特面向国内外公开征稿。

1. 稿件内容: 本刊主要刊登有关摄影测量、遥感、大地测量、工程测量、地图学、物理大地测量、地球动力学、图形图像学、地理信息系统、测绘仪器、计算机理论及应用、光电工程、通讯技术及电子信息工程、资源与环境等相关学科的学术论文,稿件要求具有较高的学术水平或重大应用价值。所有来稿文责自负。

2. 稿件要求: 来稿应符合科技论文著作要求,论点明确,论证严谨,内容创新,数据可靠,方法科学,文字通达、简洁,字数一般在8000字以内。来稿应采用法定计量单位,采用国家有关出版标准,附300字以内的中文摘要和1000单词以上的英文摘要,并附有中英文关键词。摘要要有自含性,要能反映论文的核心内容。作者署名应符合著作权法规定,并附第一作者简介(中英文)、E-mail、通讯方式及所有作者的详细地址(中英文)。基金资助论文应注明基金名称、项目编号。

3. 投稿要求: 所有来稿应打印清楚,交磁盘者须同时附打印稿;图表、公式应清楚,易混淆的字符应注明;所附照片应符合制版要求;参考文献著录内容齐全,格式符合有关标准,并按引用的先后顺序于文中标出;不准一稿两投。一经投稿,视为作者授权编辑部可作不影响作者论点的必要文字加工。

4. 鉴于本刊已整体加入《中国学术期刊(光盘版)》、“中文科技期刊数据库”、“万方数据(ChinalInfo)系统科技期刊群”及“台湾华艺电子期刊全文数据库”等,若无特别声明,所有投稿视为作者同意在本刊出版印刷版的同时授权出版光盘版及进入因特网。本刊所付稿酬包含此项收益。

5. 来稿经本刊组织的同行专家评议、审查同意刊登后,将酌收版面费。一经刊用,即付稿酬。来稿一般不退。对于投稿两个月后无答复的稿件,作者可以查询。

6. 本刊编辑部地址: 武汉市珞喻路129号,武汉大学(测绘校区),武汉大学期刊社信息科学学报编辑部,邮编430079,电话(027)87885922转2465。