

TM 图象对应分析研究

刘庆生 蔺启忠 王志刚

(中国科学院遥感应用研究所, 北京 100101)

摘要 利用对应分析法对内蒙色尔腾山地区的 TM 图象进行了分析, 达到了图象分类和增强特征信息的目的, 同时列出了它所提供的有用信息。

关键词 对应分析 TM 图象分类 信息增强

0 引言

作为当今遥感最主要的信息源, TM 数据被广泛应用于地学的各个领域。当前使用最多的是 1984 年 2 月发射的 Landsat-5 TM 数据, 它共有 7 个波段, 其中 1、2、3、4、5 和 7 波段 ($0.45 \sim 0.52 \mu\text{m}$; $0.52 \sim 0.60 \mu\text{m}$; $0.63 \sim 0.69 \mu\text{m}$; $0.76 \sim 0.90 \mu\text{m}$; $1.55 \sim 1.75 \mu\text{m}$; $2.08 \sim 2.35 \mu\text{m}$) 的地面分辨率为 30m, 6 波段 ($10.4 \sim 12.5 \mu\text{m}$) 的地面分辨率为 120m。1、2、3 波段属于可见光范围, 一般物体在此三波段的光谱信息相关性较大, 其中 3 波段主要反映了铁氧化物和岩石、土壤的光谱特征。4 波段是近红外波段, 物体在该波段的光谱特性与其它波段相关性小, 它主要反映了植被的光谱特性和与矿化有关的植被红移特征。5 和 7 波段属于短波红外区, 物体在这两波段的光谱信息相关性强, 它们主要反映了蚀变岩和粘土矿物的光谱特征。如将原始 TM 数据进行某种变换, 只用两或三个变量表示 6 个波段的信息, 那么就既减少了处理的数据量, 又简化了数据信息的表达^[1]。常规的主成分分析 (Principal Component Analysis) 是一种基于方差、协方差矩阵和距离的统计方法, 该方法将原始 TM 的 6 个波段变换成互相正交、独立的 6 个主成分, 达到了信息集中和简化表达的目的^[2,3]。例如, 变换后的第一主成分主要包含了图象的亮度信息和地形信息, 第二主成分主要反映的是植被信息。变换

后的各主成分与原始波段间的关系可从主成分矩阵得到, 但原始波段与地物信息的关系在各主成分中并没有明显表达, 因而应用受到了限制。

正是为克服这一缺点, 本文利用对应分析方法对 TM 图象数据进行了处理, 给出了 TM 的 6 个波段间的关系, 图象象元之间的关系和波段与主要地物间的相互关系。

1 方法简介

对应分析又称 R-Q 型因子分析, 是由法国人 Benzeci 于 1970 年首次提出的, 这种方法是在因子分析 (主成分分析) 的基础上发展起来的^[4,5]。对 TM 图象进行 R 型因子分析, 相当于对图象波段进行聚类, 变换后的各因子分别代表了波段之间关系密切的一组波段; 对 TM 图象进行 Q 型因子分析, 就是对图象的象元进行分类, 变换后的各因子代表了图象中的主要地物类别。如果要考查一定的波段和典型地物之间的关系, 因子分析就比较困难。另外对 TM 图象进行 Q 型因子分析, 就是要对所有象元进行计算, 计算一个 $N \times N$ 相关矩阵的特征值和特征向量, 这对一般计算机的内存是难以胜任的, 且非常耗时。

对应分析克服了这一缺点, 并考虑到了进行样品 (象元) 因子分析时需要大量的计算机内存 和时

间这一问题。由于在变量空间(R^p)的 N 个样品点(相当于图象中的象元)的主成分 $PC1, PC2, \dots$, 与样品空间(R^N)的 p 个变量点(相当于图象的波段)的主成分 $G1, G2, \dots$, 在各自的总方差中的贡献(占的百分比)是相同的, 因此可用同样的主成分轴去同时表示变量(波段)和样品(象元), 并可由 R 型分析(对变量(波段)进行变换)结果很容易地获得 Q 型分析(对样品(象元)进行变换)的结果^[4]。因此, 对应分析可提供以下信息:

(1) 变量(波段)间的关系: 在主成分空间, 邻近的一些变量(波段)点, 表示这些变量(波段)紧密相关。

(2) 样品(象元)间的关系: 在主成分空间, 邻近的样品(象元)点具有相似的光谱属性, 属于同一种地类型。

(3) 变量(波段)与样品(象元)之间的关系: 同一类型的样品(象元)点将为邻近的变量(波段)点所表征。也就是说, 这些变量(波段)是这些样品(象元)的特征变量(波段), 同时各个主成分的物理含义也得到明确。

简单的计算步骤如下^[4]:

(1) 将 TM 图象转换成二维矩阵 X , 行代表波段(p), 列代表象元(N)。对矩阵 X 按行、列分别求和。

$$X_i = X_{i1} + X_{i2} + \dots + X_{iN}; X_j = X_{1j} + X_{2j} + \dots + X_{pj};$$

$$T = X_1 + X_2 + \dots + X_p; i = 1, 2, \dots, p; j = 1, 2, \dots, N$$

(2) 计算矩阵 Z

$$Z = [z_{ij}]$$

$$z_{ij} = \frac{T \times X_{ij} - X_i \times X_j}{T \times \sqrt{X_i \times X_j}}$$

(3) 作 R 型分析, 计算矩阵 $A = Z \times Z'$ 的特征值, 并由大到小排序, $\lambda_1, \dots, \lambda_p$; 计算相应的特征向量(按排序后的特征值), U_1, \dots, U_p , 然后求 R 型因子载荷矩阵 F :

$$F = [U_i \times \sqrt{\lambda_i}]$$

(4) 作 Q 型分析

计算特征向量 V_1, V_2, \dots, V_p ;

$$V_i = Z' \times U_i;$$

计算 Q 型因子载荷矩阵 G :

$$G = [V_i \times \sqrt{\lambda_i}]$$

(5) 将矩阵 G 转换成图象, 即为最后处理结果。

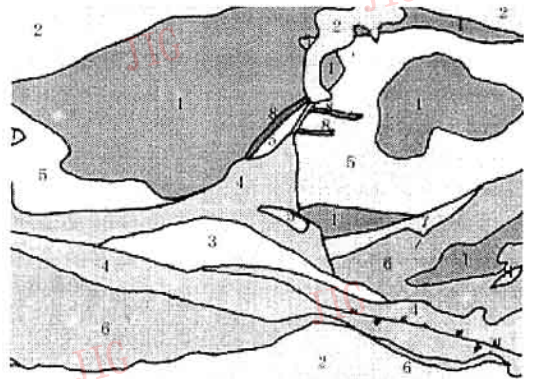
(6) 按照与(5)相同的方法将 R 型分析的结

果 F 矩阵转换在图象, 以便与同 G 图象可用灰阶或彩色来对比。

(7) 结果解释。

2 试验分析

本次试验选用了内蒙古自治区大青山地区色尔腾山一段, 该区出露的岩石主要为^[6]: 太古界桑干群(A_{1sn})片麻岩夹大理岩组、五台群(A_{2wt})绿泥片岩和绢云石英片岩夹含铁石英岩; 侏罗系的中、下统



1—燕山早期肉红色中细粒钾长花岗岩(γ_2^3), 2—第四系冲、洪积砂砾(Q), 3—侏罗系的中、下统石拐群砂页岩组(J_1-2sh), 4—侏罗系的上统石拐群砾岩组(J_3-2sh), 5—太古界五台群绿泥片岩和绢云石英片岩夹含铁石英岩, 6—太古界桑干群片麻岩夹大理岩组, 7—加里东晚期灰绿色细粒黑云母花岗岩, 8—石英斑岩脉, 花岗岩脉。

图1 色尔腾山矿产地质示意图

(据内蒙地矿局1:20万奈太镇幅矿产图)

(J_1-2sh) 石拐群砂页岩组和砾岩组; 燕山早期肉红色中细粒钾长花岗岩(γ_2^3), 加里东晚期灰绿色细粒黑云母花岗岩(γ_0^3), 详见图1。所用图象为 $PATH = 128, ROW = 32$ 的 TM 图象中一 711×457 的子区。由于 TM 第6波段低的空间分辨率, 因而未利用, 只对其余6个波段进行了对应分析处理, 结果见图2(Q型因子载荷矩阵 G 的各成分图)。对应分析变换后的第1成分(CA1)主要表征了图象中的地形特征, 亮度因子(图2a); 第2成分(CA2)主要代表了图象中的湿地和水系(图2b); 在第3成分(CA3)中各类岩石均为高的灰阶值, 含水较多的地物和水系为低的灰阶, 水系为黑色(图2c); 第4成分(CA4)主要反映了植被信息, 第3成分中的高灰阶岩石在此表现为低的灰度值, 五台群(A_{2wt})绿泥片岩和绢云石英片岩夹含铁

石英岩显示为黑色(图2d);第5成分(CA5)区分各类地物不明显(图2e);第6成分(CA6)中五台群岩石为高的灰阶,亮灰白色,与周围暗灰黑色的侏罗纪中、下统石拐群砂页岩组(J_1-2_{sh})区别明显(图2f)。图3(图版 I)为原始 TM 的1、4、7波段假彩色合成图象与对应分析变换后的合成图象的对比。对应分析变换后的合成图象清楚地展示了该段色尔腾山的主要岩石,消除了部分阴影的影响,突出了相邻岩石之间的差别,结果与已知地质图(图1)十分吻合,说明经对应分析变换后,确实增强了岩石之间的差别。对应分析的另一优点是能同时指出地物的特征波段,这样就可利用少数的特征波段进行图象分类和识别处理,从而减少了数据的冗余和处理时间。图4(图版 I)为原始 TM 六波段在对应分析变换后的3、4、5成分空间中的彩色表示(与图3b 对应)。由图3b 和图4,对照图1, TM 4、5、6波段表征了侏罗纪中、下

统石拐群砾岩组(J_1-2_{sh});五台群(A_{r2wt})绿泥片岩和绢石英片岩夹含铁石英岩主要以波段 TM 2、4、5 为特征;燕山早期肉红色中细粒钾长花岗岩(γ_2^s)主要以 TM 1、3、6波段为特征;太古界桑干群的片麻岩夹大理岩组(A_{1sn})主要在 TM 1、2、6波段有明显的特征;侏罗系的中、下统(J_1-2_{sh})石拐群砂页岩组以 TM6 波段为特征;在 TM 3、4、5成分空间,水系以 TM2波段为特征区别与其它地物,图3b 中的绿色调主要为植被、第四系冲、洪积物;图中其他色调的地物都没有特征的波段,或者说需用所有的 TM 波段来表征。对应分析后,原始 TM 波段与变换后成分的关系可从下面的得分矩阵得出(R 型因子载荷矩阵 F),行为原始波段(1 到5和7),列为变换后成分(1 到6),图4为该矩阵的彩色表示(按照与图3b 的显示原理,将其转化为0~255之间的值,所以结果可对比)。

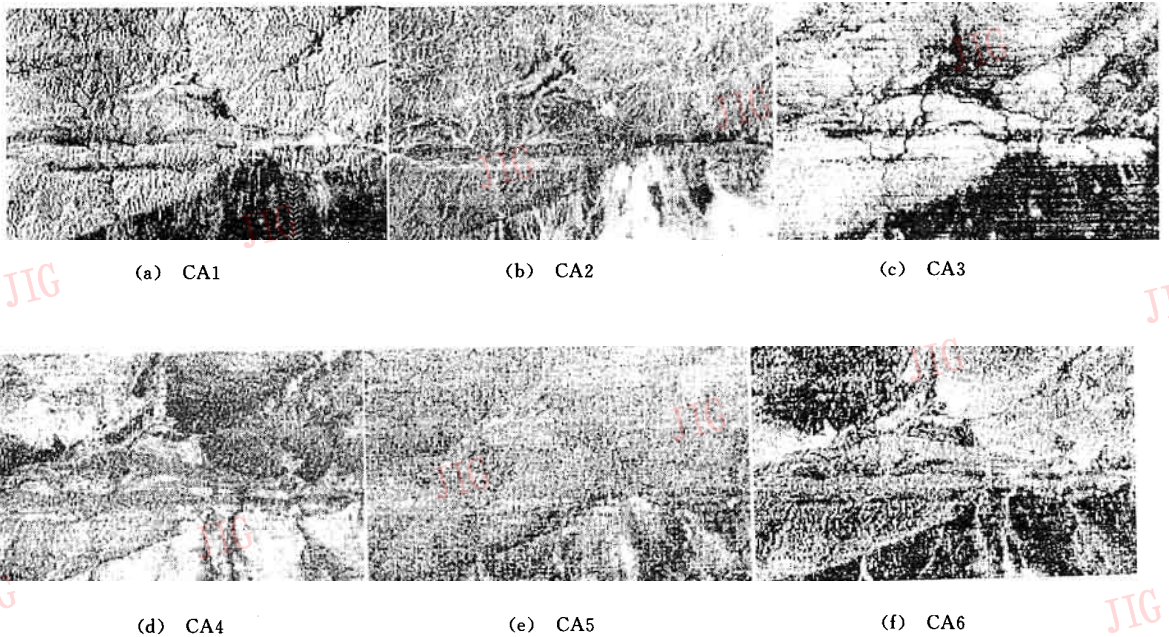


图2 对应分析变换后的六个成分图

CA1	CA2	CA3	CA4	CA5	CA6
0.502 567	0.054 451	-0.006 011	0.011 790	-0.000 129	0.000 347
0.028 244	-0.123 673	-0.006 802	-0.063 333	0.018 565	0.000 261
-0.056 601	-0.136 294	-0.018 379	0.006 862	-0.036 831	0.000 293
-0.115 485	-0.102 463	-0.003 532	0.056 572	0.024 986	0.000 281
-0.169 811	0.094 291	0.098 958	-0.007 459	-0.003 497	0.000 404
-0.200 093	0.136 975	-0.092 802	-0.007 588	0.001 262	0.000 321

原始图象的1波段主要以第1成分(CA1)为特征;原始2波段以第2成分(CA2)和第4成分(CA4)为特征,且成负相关关系;原始3波段以第二、第一和第五成分(CA2、CA1、CA5)为特征;原始4波段以第一、第四和第二成分(CA1、CA4、CA2)为特征;原始5波段以第一、第三和第二成分(CA1、CA3、CA2)为特征;原始7波段以第一和第二成分(CA1、CA2)为主要特征;第一成分(CA1)主要包含了原始1、7、5、4波段的信息,第2成分(CA2)主要包含了2、3、4、7波段的信息;第3成分(CA3)主要包含了原始5、7、3波段的信息。上述2个成分大约包含了原始图象96%的信息,但它们的合成图象并不能清楚地区分图象中的主要岩石,与此相反,第三、四和五成分(CA3、CA4、CA5)的合成图象(图3b)却清楚地展现了各类地物的特点,这说明第三、四、五成分包含了各类地物的区分特征,而第一和二成分主要包含各类地物的共有信息,地形和水系特征明显。包含第一成分的三成分合成图象,主要反映了各种地物的地形和亮度信息,并不易于区分各类岩石。

3 结 论

对应分析能同时对波段和地物进行分析,减少了时间和空间的消耗,对消除多波段间的冗余,选择特征波段也大有帮助,对应分析能提供下列3种信息:

(1) 波段间的关系:R型分析的得分矩阵 F ,表明了原始波段与对应分析后各主成分波段之间的关系;在各主成分中,若几个波段的贡献大小相似(在主成分空间表现为邻近的一些波段点),说明这几个波段相关性强。

(2) 象元间的关系:在主成分空间,邻近的象

元点具有相似的光谱属性,属于同一地物类型。具体到由三个主成分构成的RGB空间,就表现为具有相同色调的象元为同一类地物。

(3) 波段与象元之间的关系:属于同一类地物的象元点将为主成分空间上与它们邻近的波段点所表征。具体到三成分合成的RGB空间就是:这些象元与这些波段具有相同或相近的色调。我们就把这些波段当作是这些象元的特征波段,这样从主成分空间,我们可明确得到各波段与地物之间的相互关系,从而各个主成分的物理含义也变到清楚。

本次试验得到了较好的结果,也很好的证明了该方法的有效性,对应分析的最大优势就是消除数据之间的冗余,因此对多波段图象和高光谱图象更能发挥其特点。

参 考 文 献

- 1 Li Meng, Antrop M & Daels L. Optimum band selection techniques evaluation for information extraction of the multispectral data. Proceedings of the Eleven Thematic Conference, Geologic Remote Sensing, 1996, 2: 119~128.
- 2 张满郎. 金矿蚀变信息提取中的主成分分析. 遥感技术与应用, 1996, 11(3): 1~5.
- 3 童庆禧等. 中国金矿研究新进展. 北京:地震出版社, 1994, 第2卷, 129~176.
- 4 赵鹏大, 胡旺亮, 李紫金. 矿床统计预测. 北京:地质出版社, 1993, 234~242.
- 5 周宏坤等. 金属矿床大比例尺定量预测. 北京:地质出版社, 1993, 139~145.
- 6 陈纪明, 刘刚等著. 内蒙古乌拉山一大青山绿岩型金矿床地质. 北京:地质出版社, 1996.



刘庆生 男, 1996年毕业于中国地质大学(北京)地矿系, 数学地质硕士, 现在中国科学院遥感应用研究所攻读地图学与遥感博士学位。



蔺启忠 男, 1952年3月生, 研究员, 1977年毕业于南京大学地球科学系综合找矿专业, 先后在中国科学院南海海洋所、广州地新所、遥感应用所工作, 现任固体地球与海洋遥感应用研究室主任。主要研究领域是遥感地质、矿产资源遥感, 发表论文30余篇, 参加编写专著及论文集4部。

王志刚 男, 1952年10月生, 副研究员, 1981年毕业于河北地质学院。主要从事遥感地质与成象光谱仪技术应用研究。

Study of Correspondence Analysis on Landsat TM

Liu qingsheng, Lin qizhong, Wang zhigang

(Institute of Remote Sensing Applications, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100101)

Abstract Landsat TM image is one of the primary sources of remote sensing geological information at present. It provides a lot of information for mapping and recognizing unaltered and altered rocks and vegetation and other things in the region of visible and near infrared and short-wave infrared and thermal infrared bands. Because its thermal infrared band(TM7) has a low spatial resolution, generally, it isn't used. This paper uses Correspondence Analysis (CA) to process the TM image at the Seerteng Mountain, Inner Mongolia Autonomous Region, and acquired good results and shows the useful information that CA provides.

Keywords Correspondence analysis, Image classification, Feature enhancement

高技术加高质量赢得高要求的用户

美国海军德国汉莎

纷纷采用益世电脑公司的产品用于模拟训练

世界著名的模拟视景系统公司美国益世电脑公司(Evans & Sutherland 或 E&S)本月又获得两个重要订单。德国汉莎航空公司飞训中心选择益世公司为其 A340-300全任务模拟机提供视景系统。美国海军 H-60教练机重大改进项目选用益世电脑公司的 Harmony 图像发生器作为共用视景系统。

计算机模拟视景系统是一种极高的计算机图形图象技术,它通过计算机生成的图象来模拟现实世界,被广泛应用于宇航、飞行、作战、驾驶等模拟训练中。如在飞行模拟训练中,飞行员坐在一个安置在活动平台上的真实机舱中,座舱窗是显示屏幕。投影系统将计算机实时生成图象,如机场、跑道、飞机、山、河、天气效果等投在屏幕上,活动平台上下模拟飞行运动,飞行员感觉好像在空中飞行。目前,各国航空公司都采用模拟飞行训练来训练飞行员。

众所周知,汉莎航空公司历来对技术和性能都要求很高,在决定选用益世公司视景系统的过程中,他们对目前市场上的最新视景系统技术进行了彻底和广泛的鉴定。

“根据以往的经验,我们知道益世公司的系统在质量、性能和可靠性方面都是第一流的”汉莎航空公司飞训中心的 Dieter Hass 说,“他们再次向我们演示了我们能够得到同样质量的产品。”

该视景系统基于一直引导市场的 ESIG 图象发生器和 ESCP-2000光栅笔划式技术。汉莎航空公司是首家选用 ESIG 系列图象发生器中最新的 ESIG-3800GT 的航空公司。该最新图象发生器在硬件和软件上有重大改进,性能得到很大提高,特别是在处理多边形和纹理能力上。该视景系统有三个通道,视场为200X40度。

1998年12月3日,益世电脑公司宣布美国海军 H-60武器系统训练改造工程的主承包商洛克希德马丁联邦系统已选择益世公司作为共用视景系统的供应商。

共用视景系统的目的是提高海军现有 SH-60B、SH-F 和 HH-60H 不同型号教练机及其相关武器训练系统的训练效率,使其在技术、性能、相互操作和维护上达到更高水准。

美国海军训练部该项目负责人 Donald E. Davies 说:“海军用这些飞机执行许多任务,任务条件异常艰苦,所以对训练质量要求就很高。益世公司的能力达到了该项目的技术要求与交货要求”。

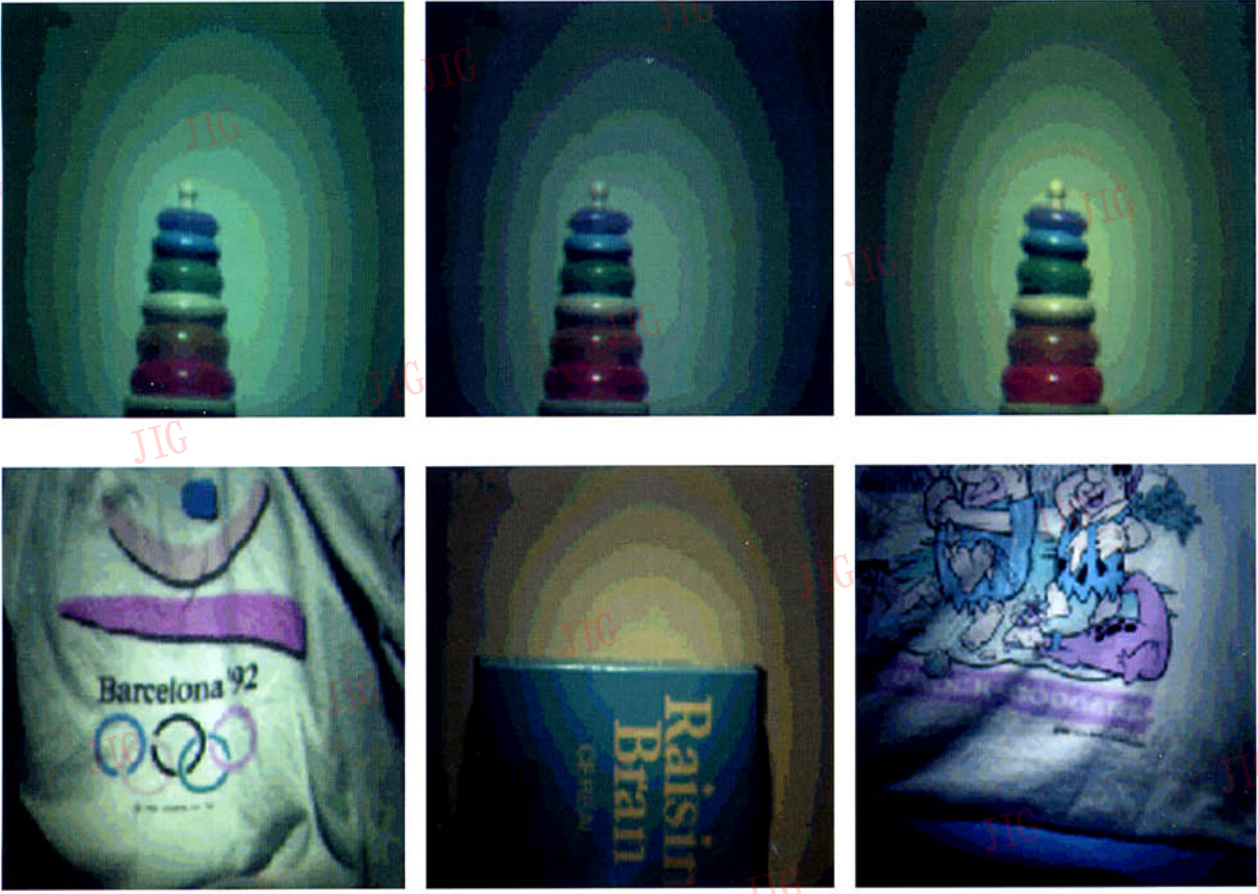


图1~6 部分实验图象（上层：圆环在三种不同光源下；下层：其他物体的图象）

刘庆生等论文：TM图象的形态分析

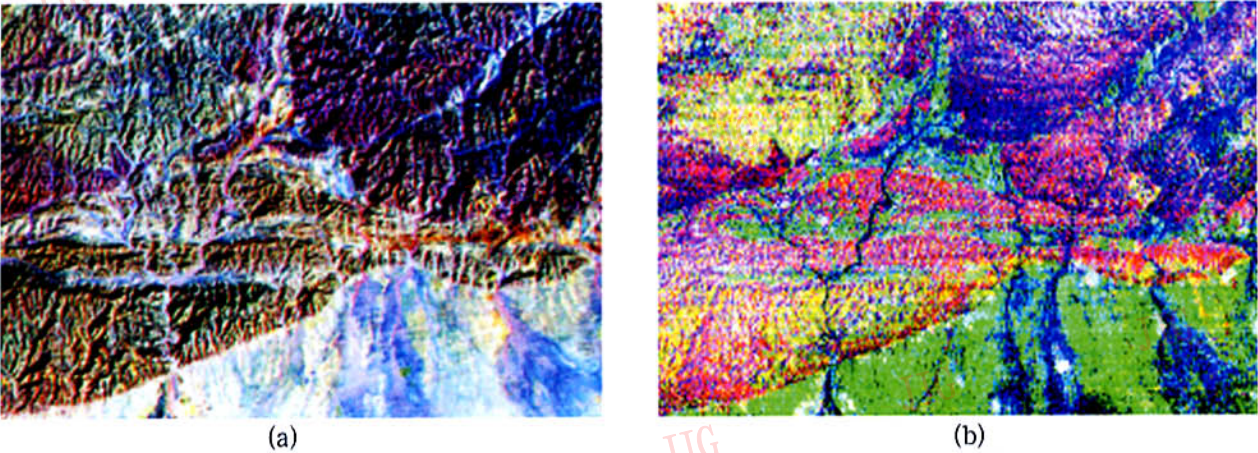


图3 (a) 原始1、4、7假彩色图象； (b) 对应分析变换后3、4、5成分合成图象

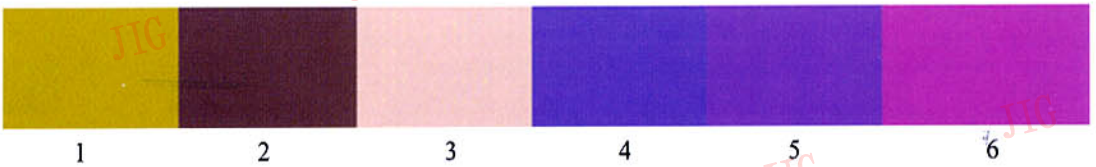


图4 原始六波段在变换后三成分空间的彩色值（依次为1~6）