

利用 SPACE LAB 彩色红外影像及数据 复合技术对藏北牧草资源进行 计算机分类的研究

舒 宁 关 泽 群

(武汉测绘科技大学航遥感系)

1987 年 12 月 1 日收稿

摘 要

本文就在藏北草资源调查中,应用空间实验室量测摄影机(MC)摄得的彩色红外影像,及根据遥感影像目视判读所利用的信息空间特点和草场分类原理进行计算机自动分类的理论与方法,对利用辅助数据和影像数据复合技术的几种尝试进行了讨论,并依实地调查资料和专家判读结果对各种分类结果进行了评价。说明利用这种航天遥感资料,辅以 Landsat 影像生物量指标、DTM 和坡度、坡向数据以及计算机自动分类技术,进行资源调查是可行的,可以达到最佳效果。

关键词 空间实验室影像 辅助数据 数据复合技术 自动分类

· 装载在航天飞机空间实验室的量测摄影机(STS 9/SPACE LAB 1 METRIC CAMERA),于 1983 年 12 月 2 日,在西藏上空拍摄的彩色红外像片(1:82 万),引起了广大摄影测量工作者和遥感应应用工作者的极大兴趣。一方面由于 MC 像片与航空像片一样,可作测图尝试。另一方面,它作为一种较高分辨力的航天遥感影像,又可对边远地区的资源环境调查提供一种新的手段。为了进行草场调查计算机分类的研究,选择了影像覆盖区域中一幅 1:10 万地形图的范围(班戈县西扎乡及其邻乡)作为试验区域。这个地区的高程在 4555m 到 5632m 之间。地貌分区主要包括高原宽谷、山地、丘陵。草型主要有嵩草、嵩草-紫花针茅、嵩草-杂类草、紫花针茅、紫花针茅-杂类草、紫花针茅-细叶苔、三角草等。为了进行草场调查,一方面进行目视判读,一方面作计算机分类处理,并将二者结合起来。然而,空间实验室 MC 资料仅仅是彩色红外像片,并无数字磁带记录,故首先必须数字化。数字化的方法有两种,其一是分色扫描,可获得三个“波段”,其二是单色扫描,仅有一个波段。分色扫描的结果,由于有几个“波段”,可以在图像处理系统 ARIES-III 上进行自动分类。而单色扫描仅有一个波段,不能直接在该系统进行自动分类。一般对于这种单波段,可以有如下处理方式:(1)分割法,(2)加上纹理分析,(3)与其它影像资料或辅助数据复合分析。

分割法实际上是各类别灰度数据的区域分割,纹理分析则是局部算子变换。对于空间实验室影像的试验采取后二者进行自动分类,并且引进了数字地面模型(DTM),将其灰度化后,作为一个“辅助波段”加入分类。自动分类训练区的选取,分类结果的分析评价

等,均以甘肃草原生态研究所提供的实地抽样调查资料作为依据。

一、自动分类信息空间的构成与草场分类原理的实施

在利用空间实验室影像进行自动分类时,主要以两个方面的原理作为依据。

1. 信息空间与数据复合

一般说来,计算机处理的成效如何取决于模拟人的处理思想和技术方法。为了使遥感影像计算机分类取得较好的效果,必须分析人在进行目视判读时的情况,以便进行模拟。

一般遥感影像的目视判读,主要在一个多维信息空间进行。在这一信息空间里,有不同类型的影像数据和辅助数据,包括文献资料和地面抽样调查数据等。在目视判读时,需要利用众多的信息进行综合分析、相关分析和逻辑推断等。以往的计算机处理多是利用单一类型的影像数据,因而“智商”不高,所以计算机处理的智能化就是要考虑使影像数据和辅助数据结合起来。对于空间实验室影像来说,同样需要利用其它信息进行综合分析。

多重信息的综合利用,前提是这些信息必须保持几何上的一致。目视判读时需要确定不同影像或影像与辅助资料之间、细部与细部、点与点、点与数据的对应关系。计算机处理时则要实现数据的复合。利用辅助数据的前提就是必须保证光谱信息中每一个像素的数据都有所要利用的一个辅助数据与之对应。参照目视判读的方法,尽可能地引入更多的信息,在多重信息复合的前提下进行处理,这对于空间实验室影像的应用是十分有意义的。

2. 草场综合顺序分类原理在计算机上的实施

利用空间实验室影像进行草资源调查目视判读时,必须遵循草原分类的原则。在计算机处理过程中,同样也需要考虑如何尽可能实施这些原则。

草场综合顺序分类法一般按三个层次或三个级进行,即类、亚类、型。第一级为类,它主要依气候条件而异。具体来讲,是要考虑水热指标 K 和 ΣQ 。 K 是湿润度, ΣQ 为年积温。这两个指数随经纬度不同而不同,随高程的变化而变化。另外,在山地,南北坡温湿度的变化梯度也不尽一致。因此,由于温湿度的不同,各类草的生长条件不同,草资源的分布也就千变万化。在山地、高原,草场具有明显的垂直分布规律。

亚类属于第二级调查,它是在类的基础上进行的,主要以各种地形、土地条件为指标,需要考虑地貌分区、地貌单元和土壤条件。

第三级调查是对草的型、亚型、微型和型复合体的确定,主要依据植被条件。一般需要取样分析,以确定各种草地上草的成分和优势度,同时要作型的地面状况调查。这一级调查十分具体,需要测定许多指数。

以上就是进行草资源调查时所必须遵循的原则。这些原则如何在计算机分类处理时加以实施呢?

首先,第一级分类,主要考虑水热指标。在山地,主要就是垂直地带分布问题。计算

机处理的方法之一是依靠数字地面模型 (DTM), 在分类过程中作逻辑判断, 即处于某一高程带的某一光谱响应数值范围内的草可以确定为某一类。倘若进一步考虑坡度、坡向的影响, 则可以由数字高程模型派生出坡度、坡向数据, 同样可用作逻辑判断。

第二级分类要考虑地貌和土壤情况。在计算机处理时, 需要将这些信息“告诉”计算机, 并训练它。或作掩膜分割, 或者编码数字化, 让计算机“知道”哪些部分的影像信息具有某种背景或条件。尔后以编程实现人脑思维逻辑判断。

第三级分类考虑植被条件, 考虑各种草型的外貌特征、生长状况、生活强度及其所处地面状况。计算机处理时须依靠遥感所获取的综合光谱信息。但由于光谱信息具有综合性, 使信息产生某种“模糊”。所以最好进行处理, 然后再对所构成的新的特征数据集进行分类。一般对数字影像可以作某种变换处理、增强处理, 或局部纹理分析, 比如计算生物量指标、主成分变换、局部反差增强等; 还可以利用数字影像复合技术, 比如某一类型的遥感数据在光谱方面不够, 或其空间分辨率不够高, 则可借助另一种类型的空间分辨率比较高或光谱分辨率比较高的数据, 进行综合应用。

总之, 从以上简要分析可知, 草场分类的原则是可以在计算机上逐步实现的。

二、西扎乡草场调查计算机分类试验

依照上述讨论, 具体处理空间实验室影像时, 主要有以下考虑: 第一, 水热指标, 主要以 DTM 体现温湿度变化; 第二, 地貌分区, 西扎乡有三种类型, 由于这只是一个局部地区, 分类时没有按地貌分区作影像分割; 第三, 植被条件, 以空间实验室影像及其纹理数据并与陆地卫星影像生物量指标的复合来进行分析。基于这些考虑, 进行了各种尝试。

1. DTM 的利用

西藏高原的草场, 明显地具有垂直分布的特点。如试区内, 随高程递增, 草型的分布是紫花针茅—紫花针茅—嵩草—嵩草—紫花针茅。所以必须引入数字地面模型。

高程数据的引入一般有两种方式: 一是不改变其数值, 直接作辅助数据。但在自动分类时, 显得数据量庞大, 要占用相当多的内存; 另一种方式是灰度化, 即依据所研究地区的高差, 变高程为灰度值, 以产生“DTM 影像”:

$$V_p = \frac{V_c - V_{\min}}{V_{\max} - V_{\min}} \cdot 255 \quad (1)$$

其中 V_c 为 p 点处的高程; V_{\max}, V_{\min} 为所研究地区高程的最大值和最小值, V_p 即为 p 点处高程数据灰度化的结果。

“DTM 影像”可粗略地反映地势的变化, 如山脊走向、河谷分布等, 如同一张“空间影像”。灰度的变化即高程的变化。

仅将 DTM 影像与单波段空间实验室影像复合即可进行自动分类。分类结果表明, 各类的分布都是合理的和比较合理的, 尤其是嵩草—紫花针茅, 紫花针茅, 紫花针茅—杂类草和流石坡的分布情况十分正确。高山与河谷的草型可完全分开, 体现了 DTM 的制约作用。嵩草—杂类草和紫花针茅—细叶苔的主要分布地域显现了出来, 只不过前者在个别

地方面积偏大,有个别地方又偏小。嵩草分出较少,相反,三角草面积偏大,这是冬季影像上这些植被的光谱信息缺乏影响的结果。

仅仅加上 DTM 影像就能达到如此程度,说明 DTM 对高山、高原草场分类具有主导影响。

由于单波段数字化影像是冬季的影像,虽然从影像上能大致区分各层次的草场,但毕竟信息不够充分。然而就利用这种类型的航天遥感资料进行分类尝试而言,达到了草场调查的目的。

2. 分色扫描影像的分类

首先看看分色扫描后所得影像的情况。

分色扫描后得到三个“波段”,其中第一、二“波段”信息量较大,第三“波段”信息很少。将第一、二“波段”合成后发现,比红外单波段“信息量”大大增加,原来单波段黑乎乎一片的地方,可分出好几个层次,这对于分类来说,无疑是十分有益的。

自动分类仍然加上了 DTM,结果表明,紫花针茅、嵩草-紫花针茅分得较好,嵩草比单波段加 DTM 的分类结果要多,嵩草-杂类草和紫花针茅-杂类草分得合理,紫花针茅-细叶苔亦然。但三角草偏少,流石坡偏多,同样表明光谱信息不足。

利用红外波段底片分色扫描数字化所获取的几个“波段”的影像,能够在一定程度上反映地物、地类的信息,可以进行自动分类,弥补了单波段数据的不足。

3. 以纹理信息作为辅助信息的分类

纹理信息是对影像灰度空间频率的度量。局部的纹理信息是原始局部信息的线性组合,但整体上并非与原始数据强烈相关,故可利用这种信息作为辅助数据,从另一角度来分析原始数据。可把它作为一个“波段”看待,就如同 DTM 影像一样。

这种信息可以用局部算子作卷积而得。简单的算子有局部均值、均方差,局部边界,局部反差增强,局部梯度等等。如局部反差增强算子(3×3)为:

$$P_c = \begin{pmatrix} -\frac{1}{9} & -\frac{1}{9} & -\frac{1}{9} \\ -\frac{1}{9} & -\frac{17}{9} & -\frac{1}{9} \\ -\frac{1}{9} & -\frac{1}{9} & -\frac{1}{9} \end{pmatrix} \quad (2)$$

试验中采用了局部均值和局部反差增强。局部反差增强的效果使色调层次和碎部信息比原始数据丰富了许多。

同样利用了 DTM,结果与单波段加 DTM 的结果基本一致,在细部方面似乎比后者层次更多一些,有一定细部信息增多的效果。

4. 与 Landsat 影像的复合

为解决红外单波段扫描数据光谱信息的不足,自然会想到求助于其它航天遥感影像

资料。比如陆地卫星影像资料。空间实验室影像是 12 月份的,草场光谱信息少,为此选取了夏季的 Landsat MSS 影像(1983 年 7 月)。

两类影像的像素地面分辨力不同,空间实验室影像是 40m(数字化以后影像的分辨率),而陆地卫星影像是 80m。分别作目视判读尚可,而作两类不同影像的复合和自动分类则要求像素地面分辨力一致,并保证对应于像素的地面目标物同一。为此,必须在几何纠正时,保证纠正后所得像素的相应地面大小相同。显然,在试区内均按空间实验室影像像素大小进行纠正较好。这样既利用了空间实验室影像的较高分辨力,又利用了陆地卫星影像的丰富的光谱信息。为了在影像复合时选择针对性强的信息,采取了计算生物量指标的方法,与空间实验室影像复合后仍加上 DTM 影像。

与生物量指标复合的分类结果令人十分满意,与实地情况吻合得很好。复合影像明显地展现出草场的几个层次,尤以嵩草突出。原 MSS 影像在试区北部有一些云层覆盖,取生物量指标后,云层的干扰消失了,其覆盖部分在分类时是其它两个“波段”,即空间实验室影像和 DTM 影像发挥作用,分类结果未见云层。然而以 MSS 几个波段作分类时却避免不了。可见影像复合技术,对于利用像幅内大范围的有价值数据,抵消局部云层的干扰是很有意义的。

5. 分高程带和加上坡度坡向数据的分类结果

草场的垂直分布随着坡度、坡向的不同,尤其是坡向的不同,而有所不同,自动分类中加上坡度、坡向数据就是为了体现这一点。自动分类中,虽然由于 DTM 的制约作用,分类结果大大改善,但 DTM 影像数据只能起到一部分作用,因为分类中是将它作为一个“波段”看待,也并未对它加权加到足够大。为了加强它的作用,就有必要分高程带。

西扎乡的高程带分为两个,一个是 4500m 到 5100m,一个是 5100m 以上。在实际处理中,当对某一高程带进行分类时,将另一高程带的影像信息赋零,仅保存当前高程带的信息。坡度、坡向数据的应用,一般是要在 DTM 的基础上进行计算,然后再作为辅助判决数据。但在目前图像处理系统中,尚无应用辅助数据的软件,倘要分类,必须是某几个波段的数据。为此,坡度、坡向数据必须转化为影像,即灰度化,如同 DTM 影像一样。

试验中仍取 MSS 生物量指标、空间实验室单波段影像,加上坡度、坡向影像和 DTM 影像。结果表明分得细致、准确,南北坡的草场分布更为清晰。分了高程带后,5100m 以上的嵩草-杂类草分布更加合理,流石坡的分布亦更趋合理。紫花针茅-细叶苔的分布更为详尽。南部流石坡分布偏多,主要是冬季空间实验室影像的影响,冬季的情况确实是那样。嵩草和三角草的分布是十分正确的。这些都表明,分高程带和加上坡度、坡向影像是合理的,正确的。

6. 分类结果的统计分析

草场调查必须进行面积统计,以便为草场的规划、管理提供基础数据。为了将上述各种自动分类方法所得到的结果进行定量分析,以评价它们在草资源调查工作中的价值,我们对西扎乡自动分类的各种结果按类别进行了面积统计(只统计西扎乡,邻乡不在内),并

与甘肃草原生态研究所实地抽样调查后对 Land sat MSS 影像判读、勾绘的各类面积对照¹⁾, 然后按综合评分的方法作出评价。

表 1 列出了面积统计对比和综合评分的结果。由于与甘肃草原生态研究所分类系统有些不同, 故这里按三个层次进行对比。其一是紫花针茅为主的草型, 其二是紫花针茅—嵩草+苔草+垫状蚤缀。其三是嵩草为主的草型。面积以 km² 为单位。

表 1 针对各种分类结果的面积统计和综合评分
Table 1 The comparison of area statistics for the various classification results and the synthetic marks for those.

	GGEI	SBDS (1)	SBD (2)	SD (3)	SSD (4)	STD (5)
紫花针茅	61.44	61.48	64.40	66.20	52.60	46.70
		0.07%	4.8%	7.7%	14.4%	24%
紫花针茅—嵩草+苔草 +垫状蚤缀	343.24	341.47	346.8	339.0	376.1	345.7
		0.52%	2.2%	1.2%	9.5%	1%
嵩 草	188.32	198.80	171.80	191.20	155.6	164.70
		5.7%	9.3%	1.5%	17.4%	12.5
平均差(%)		2.05	5.4	3.5	13.8	12.5
面积量算精度(%)		97.95	94.6	96.5	86.2	87.5
各类分布评分		10.0	9.5	8.2	9.0	8.5
加权综合评分		0.992	0.948	0.878	0.886	0.86

表 1 中前三行中的百分数, 是面积统计之差与甘肃草原生态研究所统计的面积比较所得之百分比。GGEI 表示该所的量算结果; SBDS 表示空间实验室影像与 Landsat MSS 生物量指标、DTM 影像和坡度、坡向数据复合后分高程带的分类结果; SBD 表示空间实验室影像与 Landsat MSS 生物量指标、DTM 影像复合后的分类结果; SD 表示仅与 DTM 影像复合的分类结果; SSD 表示分色扫描所得第一、二波段与 DTM 复合后的结果; STD 表示与纹理影像、DTM 影像复合的结果。从表 1 中可以看出, SBDS 的面积精度最高, SBD 和 SD 次之, SSD 和 STD 也在 85% 以上。这里 SD 居第二位, 然而根据分类结果各类分布情况分析, 它是倒数第一。纯粹从面积统计的角度评价自动分类结果是有局限性的。一般说来, 评价草场调查自动分类的结果, 应首先看各类分布是否合理, 在分布合理的基础上进行面积统计, 看面积精度如何, 综合两方面的情况才能得出正确的结论。为此, 在甘肃草原生态研究所专家及有关人员对各种结果的草型分布作出评价的基础上, 采取了加权综合评分法。首先请专家打分, 得表 1 中第六行的评分结果, 这一评分与前述各种结果的分析是一致的。然后, 按照下列公式综合评分:

1) 这里以甘肃草原生态研究所的实地调查和对 Landsat MSS 影像目视判读的结果为准, 因为他们的成果是对藏北牧区草场调查唯一可以参照的资料。由于赴藏实地考察十分艰难, 在西扎乡他们仅有一两个实地样方点, 故无法进行自动分类精度定量评价, 而只有以该所专家对各种自动分类结果的评价作定性分析, 即后面提到的专家评分。——笔者

$$M_i = 0.6 \times (g/10) + 0.4a \quad (3)$$

其中 g 表示各类分布评分, a 表示面积量算精度, M_i 为加权综合评分, 其结果见表 1 中最后一行。这一加权评分结果说明了面积统计的可靠程度, 且符合评价的原理。由于草场专家首先要看各类分布情况, 认为这是最基本的要求, 故有加权值 0.6, 计算机所作各类面积统计, 带有一些偶然性, 故加权值低一点。

从这一综合评价可以看出, SBDS 是最为理想的, 其各类分布合理, 面积量算精度也较高。这是在自动分类时充分考虑了草场分类原理, 尽力加以实施的结果。其次是 SBD, 它是没有考虑分高程带和没有加上坡度、坡向数据的结果, 其处理比前者简单, 而各类分布情况和面积量算结果都是比较好的。第三为 SSD, 它是分色扫描影像的分类结果, 由于这种影像数字化方法所得信息比单色扫描多了一些, 故分类后草型分布情况较好, 比 SD 和 STD 略有改善。前面已经提到, STD 的草型分布与 SD 接近, 而这里面积量算精度相差 9%, 看来 SD 面积量算的置信度并没有象其量算精度所显示的那么高, 因为定性分析表明它甚至比 STD 差一些。所以, 综合评分的结果是比较合理的。

表中后三列是没有与其它影像复合的结果。从利用空间实验室影像的角度来看, 冬季影像尚且能够有 85% 以上的分类处理置信度, 若有夏季影像, 将能更令人满意。故利用这种类型的资料, 在数字化后进行资源调查自动分类, 是可以在一定程度上满足要求的。

四、结 论

空间实验室彩色红外数字化影像作为一种航天遥感影像, 为在边远地区资源调查方面提供了一种新的手段。利用这种影像进行计算机自动分类处理时, 必须解决单波段所带来的缺憾, 尽可能利用多种信息和数据复合技术, 以保证有较充分的信息在自动分类中发挥作用。依照草场调查分类原理, 引入数字地面模型, 可以使自动分类的可靠程度达到 85% 以上。从表 1 加权评分和各类分布评分结果看, 利用纹理信息或采取分色扫描方法能够使分类情况稍有改善。倘有夏季影像, 可以预料其效果更好。与 Landsat MSS 影像的复合将其较高的光谱分辨力与空间实验室影像较高的空间分辨力结合了起来。在特征选取方面生物量指标提供了很好的工具, 尤其是当充分考虑坡度、坡向和不同高程带的因素时, 分类精度有了很大提高。表明了数据复合技术与实施草场分类原理的重大意义, 以及努力使计算机自动分类智能化或者说实施专家思想的可行性。

A Study on Computer Aided Classification for Grass Resource Investigation in Northern Tibet by Using Spacelab Colour Infrared images and Data Composite Techniques

Shu Ning Guan Zhequn

(Wuhan Technical University of Surveying and Mapping)

Abstract

This paper discusses the theories and method of computer aided classification for the grassland investigation by using the Spacelab color infrared images in accordance with the grassland, classification principles and the characteristics of information space used in the visual interpretations of remote sensing images. It takes the several kind of experiments as the instances of utilizing auxiliary data and image data composite techniques. The results have been evaluated by comparing those with the results of experts' interpretation according tot the on-the-spot surveying records. It shows us that it is flexible to use this kind of remote sensing dato for resources investigation, and one can get the optimum effects by employing Landsat MSS biomass index, DTM image, stope and its orientation data.

Key words Spacelab images auxiliary data data composite techniques automatic classifications