

土地利用变化的卫星遥感监测

——河北省南皮县试验报告

王杰生 戴昌达 胡德永

(中国科学院遥感卫星地面站)

1989年6月17日收稿

摘 要

本文报道了运用图像处理技术,分别计算河北省南皮县试区两个不同时相 TM 与 SPOT 图像的亮度指数和垂直植被指数,进而求算变化向量、自动输出变化分类图的试验研究结果。经实地对 22 块变化图斑进行检验,都准确无误,表明从不同时相的卫星图像提取土地利用变化信息,分析耕地消长及大宗作物种植面积波动是完全可能的,有广阔的应用前景。

关键词 亮度指数 垂直植被指数 变化向量

一、引 言

近年来,由于生产的发展和产业结构的不断调整,各业用地比例也随之发生变化,特别是耕地面积的减少和大宗作物种植面积的波动,已引起普遍关注。及时准确地掌握这种变化情况,对指导土地资源合理利用,促进生态环境良性循环,保证国民经济健康发展具有重要意义。

卫星遥感技术的出现为监测地面变化提供了优越手段,但由于种种原因,无论是国内还是国外,遥感监测动态变化的工作,至今基本上仍停留在目视分析比较不同时相图像差异的阶段,这样获得的结果,客观性差,效率也不高,很难达到“及时、准确”的要求,不能作为建立实用性遥感监测系统的技术基础。

近年国外有些学者试图运用图像处理技术,通过计算不同时相图像的植被变化指数或变化因子等方法^[1,2]来实现动态监测。尽管这些试验研究在消除伪变化信息、确定变化类型等方面都还存在许多问题,但它毕竟是运用图像处理技术提取动态变化信息的有益尝试。本研究在充分吸取国内外研究成果的基础上,按照遥感成像机理与地学规律相结合,图像数字处理、光学处理与地学分析相结合的指导思想,拟定试验方案,探索了通过图像处理提取变化信息,实现卫星遥感监测土地利用变化的技术途径与具体方法。

试验区选择在河北省南皮县。该县是联合国粮农组织和世界银行支持的黄淮海平原综合开发治理项目的基点之一。其土地利用方式与近年发展变化状况,在平原区有一定代表性。

用于监测变化试验的卫星图像为 1986 年 5 月 14 日过境的 SPOT 多光谱图像和 1987 年同日过境的 TM 图像。两种图像正好相隔一年,适用于一年间的变化监测试验。

二、原理及方法

遥感卫星图像是地表光谱特征通过大气层的影响被卫星传感器接收记录的光谱数据。不同的地表覆盖,反映为遥感卫星光谱数据的不同亮度值。这些亮度值是不同地表覆盖反照率的函数。

南皮地区近年土地利用变化主要有两种情况:一种是利用类型的变化,即部分耕地转为工矿、交通、企事业或住宅用地,这种变化使生长作物的土地成为无植被覆盖的裸地;另一种是种植类型的变化,即作物种类发生变化,如麦地改种棉花、高粱等春播作物,或栽种苹果、梨、枣等果树,且在幼树行间套种一些矮秆作物;也有棉花、高粱、谷子等春播作物地改种苜蓿、小麦或果树的。这两种类型的变化可以用图像的植被指数与亮度指数的变化来表征。尤其是5月中旬,冬小麦处于抽穗期,麦地碧绿如茵,盖度很高;而春播作物一般尚在幼苗期,盖度不高,这在图像的植被指数上反映出明显的差异。此外,不同利用类型的地面差异大,导致图像植被指数与亮度指数变化的幅度也必然较大。这些都为应用卫星遥感技术监测土地利用变化提供了可能性与理论依据。

但是,影响亮度指数与植被指数变化的因素很多,也很复杂。采用简单地分析对比两个不同时相图像的亮度指数与植被指数变化,包括用两种图像相关波段的数据相减等方法,难以反映变化类型及变化量,因此,很难分清哪些是需要监测的变化,哪些则是不感兴趣的变化。本文吸取有关“垂直植被指数(PVI)”的概念,建立“亮度指数—垂直植被指数平面(BI—PVI平面)”,进而计算在这个平面上两个不同时相的图像产生的变化向量,再根据变化向量的方向和大小,对要监测的变化类型进行分类,最后输出变化分类图。初步找到了一条利用卫星遥感监测变化的可行途径,应用到南皮县土地利用变化监测的具体步骤如下。

1. 图像波段数据选择

考虑到当地近年来的土地利用变化,主要表现在耕地消减及主要作物冬小麦面积波动,并都会反映到卫星图像光谱数据的植被指数及亮度指数上。计算植被指数,通常选择TM3,4波段数据和SPOT2,3波段数据;计算亮度指数,则选取SPOT全部多光谱波段及与之对应的TM2,3,4波段数据。

2. 原始图像数据的系统校正

由于TM和SPOT数据来自两个卫星系统,系统的辐射定标及对应波段的光谱覆盖范围不完全一致,所以原始数据中带有系统误差,不事先消除会产生伪变化信息。为此使用对照表变换的办法,对SPOT与TM的对应波段数据进行概率分布配准,使两者具有相同的概率分布,其均值与标准差也随之接近,从而消除原始图像的系统误差。

3. 计算亮度指数与垂直植被指数

在计算亮度指数BI时,采用均方根法,即对SPOT及TM数据分别计算:

$$S_{BI} = \frac{1}{3} [(XS_1)^2 + (XS_2)^2 + (XS_3)^2]^{1/2}$$

$$T_{BI} = \frac{1}{3} [(TM_2)^2 + (TM_3)^2 + (TM_4)^2]^{1/2}$$

其中： S_{BI} ——SPOT 图像的亮度指数； T_{BI} ——TM 图像的亮度指数； XS_i ——SPOT 图像第 i 波段的亮度值， $i = 1, 2, 3$ ； TM_i ——TM 图像第 i 波段的亮度值， $i = 2, 3, 4$ 。

计算垂直植被指数 PVI 的方法比较复杂，需先在监测区的 TM 与 SPOT 图像上分别对无植被类型进行采样(如水体、建筑物、裸地等)^[3]；然后分别在“ TM_3 — TM_4 平面”和“ $SPOT_2$ — $SPOT_3$ 平面”上，用直线拟合的办法找出无植被直线 L_T 和 L_S ；最后分别计算某像元点 P 在“ TM_3 — TM_4 平面”上至 L_T 直线的距离 D_T (图 1)和在“ $SPOT_2$ — $SPOT_3$ 平面”上至 L_S 直线的距离 D_S 。 D_T 、 D_S 即分别作为 TM 和 SPOT 图像上 P 像元的垂直植被指数 T_{PVI} 和 S_{PVI} 。

由于事先对原始数据进行过系统校正，故计算出的对应新指数具有极类似的直方图分布(表 1)。这说明两类图像的系统误差对新指数已无多大干扰，可以进而求变化向量。

表 1
Table 1

新指数	最小值	最大值	均值	标准差
S_{BI}	39	169	71.38	6.86
T_{BI}	40	169	71.73	6.88
S_{PVI}	0	199	30.86	26.63
T_{PVI}	5	199	31.85	26.65

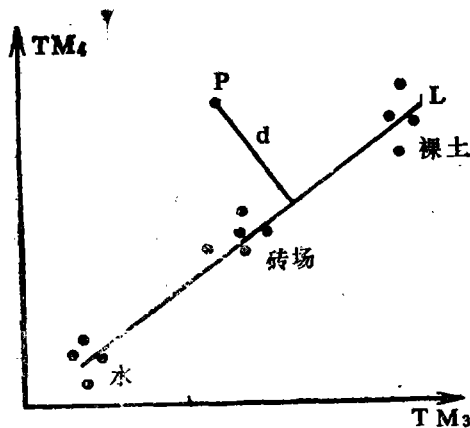


图 1
Fig. 1

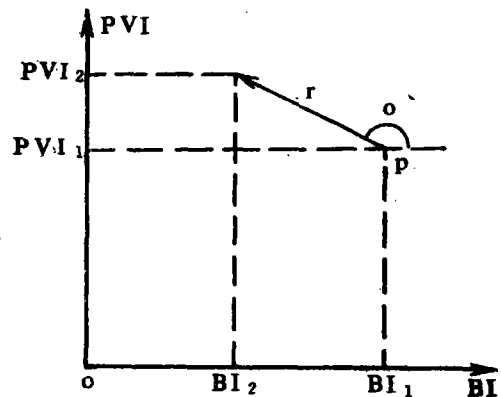


图 2
Fig. 2

4. 求算变化向量

这里的变化向量是指在“ BI — PVI 平面”上，反映 1987 年 TM 图像相对于 1986 年

表 2
Table 2

类 号	1	2	3	4	5	6	7	8	9
变化方向*	212—58	59—63	64—70	71—74	75—87	88—159	160—191	192—201	202—211
变化大小	208—255								

* 这里变化方向值 0—255 对应角度 0°—360°。

SPOT 图像变化情况的向量。如图 2 所示,某像元 P 从 1986 年的 (BI_1, PVI_1) 变为 1987 年

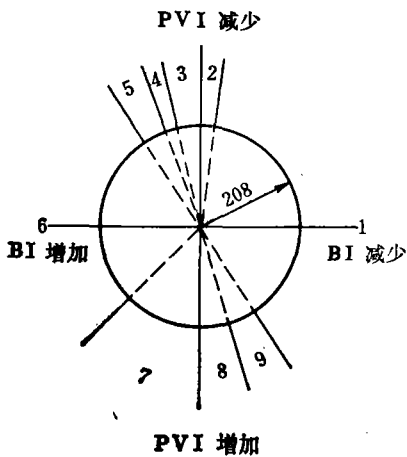


图 3
Fig. 3

的 (BI_2, PVI_2) , 向量 r 即为变化向量, 它的大小描述了变化程度, r 与 BI 轴的夹角 θ 反映了变化方向^[4]。经过对从 T_{BI} , S_{BI} , T_{PVI} , S_{PVI} 计算出的变化向量进行分析, 发现它们在“BI—PVI 平面”上, 比较集中地分布在坐标轴 PVI 及 BI 的两个方向上, 从而说明这些变化向量突出地反映了植被和亮度的增减情况。

5. 变化分类及输出分类图

引起地面植被和亮度变化的因素多种多样, 最主要的有作物种类、长势、土壤墒情、耕地成非耕地或非耕地成耕地等等。这次监测的主要内容是耕地消长和大宗作物(冬麦)面积变化。据此, 并结合对实地情况的了解, 确定在变化向量大小上取 208 为门限值(注意: 此处是对变化向量大小

在本试验中特定的拉伸结果而言), 即把数值大于 208 的变化视为所关心的变化。在变化向量的方向上, 把 360 度划分为 9 个区间, 于是得到 9 个变化类(表 2)。若把图像上所有像元的变化向量平移到 BI—PVI 平面的坐标原点, 以半径 208 画一圆环, 表示变化向量大小的门限值, 那么, 凡是环内的向量, 在作变化分类图时都视为无变化部分。从坐标原点放出的射线, 按表 2 把环外部分分成 9 部分, 即 9 个变化类(图 3)。其中 3, 4, 5 类为 1986 年到 1987 年植被减少类, 在彩色喷墨变化分类图上赋予红紫色; 8, 9 类为植被增加类, 赋予绿色; 6, 7 类为亮度增加类, 用黄色表示; 1, 2 类为亮度减少类, 用蓝色表示; 圆环内无变化部分用浅灰色表示。这样便得到一张土地利用变化监测图。

考虑到影响亮度变化的因素不很稳定, 且与监测的主要目标关系不大, 因此在上述变化监测图上压去亮度变化部分, 突出植被变化信息, 从而获得南皮试区土地利用主要变化监测图(图版 I 图 4)。

三、实地验证结果

为了确切掌握试区土地利用变化的状况和原因,并检验从主要变化监测图中提取的变化信息的可靠性,对图上较大块的红、绿色图斑进行了全面验证。对较小块图斑,由于数量太多,采取分区随机抽样的办法进行验证。这样,共验证红色图斑 17 块,绿色图斑 5 块。下面为其中有代表性的验证结果。(1) 康官屯东南旱耕地(图版 I 图 4, 10S), 1986 年 5 月冬麦齐穗,麦后播夏玉米,玉米收后栽种梨树,1987 年春幼树行间套种棉花,5 月尚处苗期。(2) 马四卜东盐渍化旱耕地(图版 I 图 4, 2Y), 1986 年 5 月冬麦齐穗,麦后播夏玉米,玉米收后因干旱和土壤盐渍化,部分土地撩荒,部分土地 1987 年春播杂粮作物,5 月尚处苗期。(3) 西王庄北旱耕地(图版 I 图 4, 6D), 1986 年 5 月冬麦齐穗,秋季栽种枣树,1987 年春幼树行间套种杂粮作物,5 月尚处苗期。(4) 王古头村北、环城西路东水浇地(图版 I 图 4, 16F), 1986 年 5 月冬麦齐穗,麦收后被南皮县供销社征用作为材料场。(5) 西辛庄东南、环城北路北旱耕地(图版 I 图 4, 15H), 1986 年 5 月西段冬麦齐穗,东段栽春红薯,基本封行。1987 年春西段改种棉花、大豆,东段造房。(6) 老庄北沿渠道两侧长约一公里地段(图版 I 图 4, 12F), 1985 年雨季栽种杨树、槐树等,树苗较大,成活率高。1986 年春枝叶萌发,但当年冬后由于盐碱危害等原因陆续死亡。以上 6 块图斑显示为红色。(7) 双庙村西县原种场水浇地(图版 I 图 4, 24F), 1986 年春播玉米,5 月尚处苗期,玉米收后播冬麦,1987 年 5 月冬麦进入齐穗期。(8) 观音寺村北公路两侧(图版 I 图 4, 20X), 1986 年 5 月未绿化,当年雨季营造杨、榆等行道树,树苗较大,成活率高,1987 年春枝叶萌发。(9) 黄家洼村北路东轻盐化旱耕地(图版 I 图 4, 10C,) 1986 年春播杂粮作物,5 月尚处苗期,秋后撒播苜蓿,成为人工草地,1987 年 5 月苜蓿开始进入生长旺期。以上 3 块图斑显示为绿色。

四、讨 论

通过对图版 I 图 4 上 22 个图斑实地验证表明: 凡是红色图斑,1986 年 5 月成像时地面都有较茂密的植被覆盖,到了 1987 年 5 月,土地利用发生了变化,植被盖度明显降低,甚至消失;土壤或非绿色植物成为遥感信息的主体。绿色图斑则正好反过来。1986 年 5 月,这些地段绿色植物很稀疏,甚至没有。到了 1987 年 5 月,则被较茂密的植被所覆盖,植被成为遥感信息的主体。可见本文所用的方法对监测土地利用变化是行之有效的,并可引出以下结论:(1) 应用本方法可定量监测当地冬麦面积的消长变化。凡是形状较规则的红色图斑,大多是冬麦减少的地段,凡是形状较规则的绿色图斑,则多半是冬麦增加地段。少数改种苜蓿草的地段也呈绿色,但其面积一般都较小,且都在土壤盐渍化又无灌溉条件的瘠薄旱地上。参照土壤资料两者不致混淆。(2) 村镇附近及公路两侧出现的红色图斑往往是非农用侵占的耕地。如果参照处理出的影像,就能更有把握地把它与作物变化形成的红色斑块区分开,因此用此方法可望定量监测耕地的消长变化。(3) 道路、渠系两侧绿化程度变化形成的红色或绿色线段,提供了检查、监测植树造林数量及成活

状况的依据。

最后还需强调指出,本试验虽已取得了肯定的结果,表明此方法确有发展前景,但在大范围推广后,更加复杂的伪变化信息如何妥善消除,变化分类中变化向量大小门限值及角度界限如何有规律地确定,并达到最佳状态,都还有待进一步试验研究。另外,由于土地经营很分散,在变化监测图上有许多细小图斑,这些图斑面积受卫星分辨力的限制难于精确测量,按变化像元统计出的变化面积会出现偏大或偏小两种倾向,尤其可能降低局部地段变化监测的定量精度,这个问题也需进一步研究解决,以便建立更完善、确具实用意义的土地利用变化卫星遥感监测系统。

参 考 文 献

- [1] G. M. Wickware, Change Detection in the Peace-Athabasea Delta Using Digital Landsat Data, Remote Sensing of Environment, Vol. 11, pp. 9—25, 1981.
- [2] R. Caloz, B. Abednego, P. Meylan & C. Collet, Description of Methodology for Biomass Change mapping with the use of Landsat TM Data, Proceedings of IGARSS' 86 Symposium, Zurich, 88—11 Sept. Ref. ESA sp-254, 1986. (Published by ESA Publications Division, August 1986).
- [3] J. R. Jensen, Introductory Digital Image Processing—A Remote Sensing Perspective, Prentice-Hall, Englewood Cliffs, New Jersey, 1986.
- [4] R. A. Schowengerdt, Techniques for Image Processing and Classification in Remote Sensing, Academic Press, New York, pp. 199—120, 1983.

Monitoring of Land Use Change by Satellite Remote Sensing —Experimental Report of Nanpi County, Hebei

Wang Jiesheng, Dai Changda, Hu Deyong

(Remote Sensing Satellite Ground Station, Academia Sinica)

Abstract

This paper explains the experimental result of land use change monitoring in Nanpi county of Hebei province through applying image processing techniques. The procedure contains: A. calculating brightness index (BI) and perpendicular vegetation index (PVI) of TM and SPOT images received from different time respectively; B. manipulating a change vector in BI-PVI space; C. automatically outputting classified change monitoring image. After verificating the 22 change pieces on output image mentioned above, it has proved that the changes monitored are completely coincide with the practical situation. And it is very possible to extract the information of land use changes by processing images received from different time and to analyse area changes of cultivated soil and staple crops. So this method could be widely used in land use change monitoring.

Key words Brightness Index Perpendicular Vegetation Index Change Vector

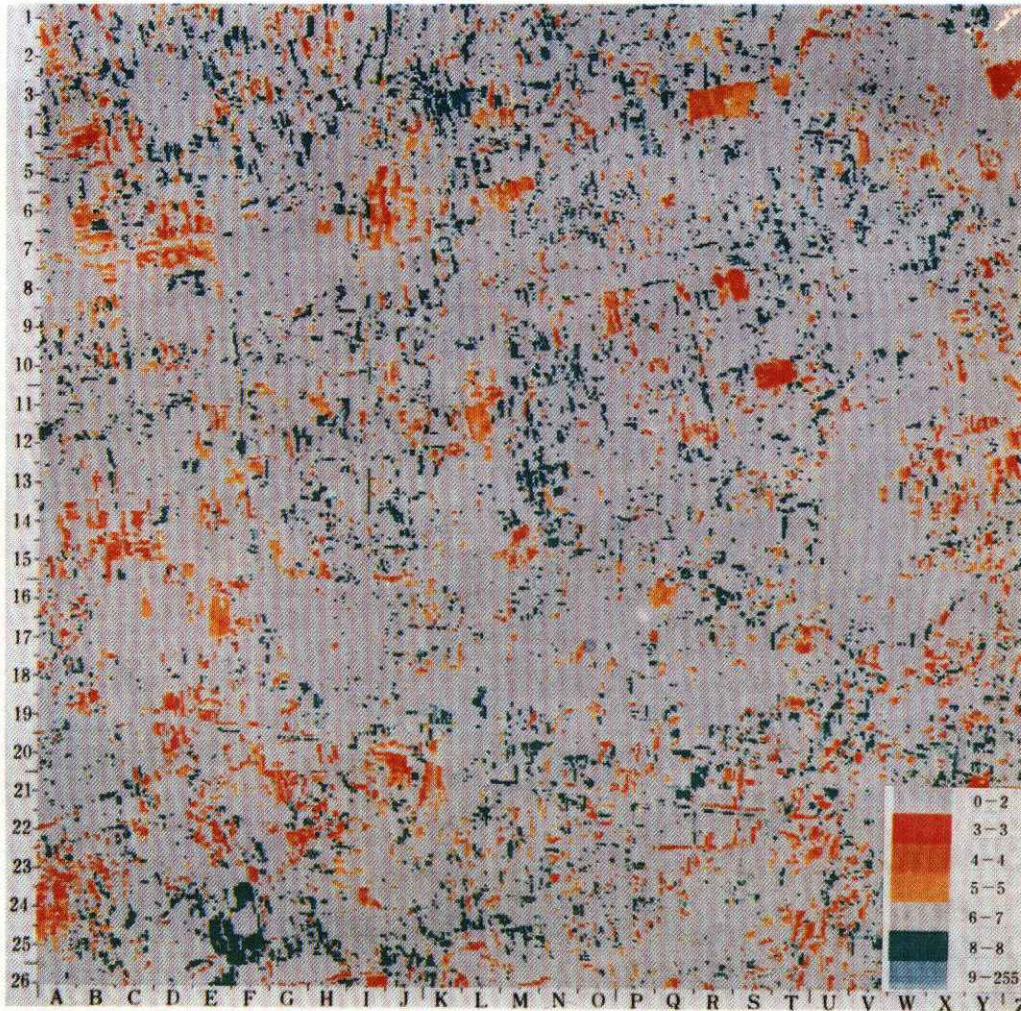


图 4 彩色变化监测分类图

- 0 - 变化可忽略部分 1 - 亮度降低部分 2 - 亮度减少部分
- 3 - 植被减少部分 4 - 植被减少部分 5 - 植被减少部分
- 6 - 亮度增强部分 7 - 亮度增强部分
- 8 - 植被增加部分 9 - 植被增加部分