

基于 TM 数据的林冠状态 变化遥感监测研究

曾庆伟, 武红敢, 苏 森

(中国林业科学研究院资源信息研究所, 北京 100091)

摘要:林冠状态变化研究是当今森林健康研究的热点。根据林冠叶绿素的变化, 可将林冠变化划分为重度变化、中度变化、轻度变化和无变化(健康或正常)4种类型。主要采用2000年、2002年和2003年陆地卫星 TM 数据, 在 ERDAS Imagine 9.1 平台支持下, 研究了森林植被变化的监测技术方法。分析表明利用比值植被指数(TM4/TM3)可以很好地提取研究区林冠的健康状况信息, 并认为利用双窗口变步长阈值搜寻算法能准确划分出各种变化程度。其中2002年的检验精度为97.5%, kappa系数为0.967; 2003年的检验精度为90%, kappa系数为0.867。因此, TM4/TM3可作为监测林冠变化的重要指示参数。

关键词: TM 数据; 林冠变化; 比值植被指数; 遥感监测

中图分类号: TP 79 **文献标志码:** A **文章编号:** 1004-0323(2009)02-0186-06

1 引 言

林冠状态变化是森林生态学研究的一项重要内容, 同时也倍受森林经营者关注。自然因子引起的林冠状态变化主要包括由病虫害、林火、冰冻雪、大风、干旱等引起的较大面积的林冠变化, 通过林冠状态变化的研究可加深对森林群落演替规律的认识, 同时可为森林经营提供理论基础。

综观利用卫星遥感进行林冠变化的研究历程, 主要是从 Landsat MSS 数据向 TM 数据的转换。Vogelmann^[1]等曾利用 TM 数据监测了挪威云杉的森林灾害, 发现 TM5/TM4 及 TM7/TM4 的比值同地面调查样地的危害程度相关性极强, 可用于定量估测灾害程度。Vogelmann 和 Rock^[2]在由 TM5/TM4(红)、TM5(绿)和 TM3(兰)构成的合成影像上, 可以明显目视区分出严重危害与轻微危害的地区。并认定灾害年份与健康年份构成的差值 $\Delta TM4$ 能准确评估灾害类型。Gillis^[3]应用 TM 数据监测冰雹造成的森林灾害时, 以 TM3(兰)、TM4(绿)、TM7(红)合成的影像, 来解译重度和轻度两级灾害(铁锈棕色)的分布范围, 并认为这种合成方

案对植物胁迫有极强的表现能力。Kaneyuki Nakane^[4]也用 TM 数据分析松树枯萎灾害时表明, TM4/TM3 与林冠状态的变化呈明显的负相关。Royle^[5]等根据两时相 TM 数据监测了美国新泽西高地上加拿大铁杉林的食叶害虫灾害。认为两景图像的比值植被指数 RVI 的差值($\Delta TM4/TM3$)是森林健康状况的植被指数。Spanner^[6]等详尽研究了比值植被指数(RVI, TM4/TM3), 认为 RVI 既可以增强绿色植被, 又可有效减少坡度及其阴影的影响。在森林失叶情况下, 绿叶生物量自然会减少, 导致 RVI 值也会相应降低, 所以它与绿色生物量成正比。

2 研究区概况

本研究的实验区选择在大兴安岭东部林区, 它是我国最大的国有林区, 广泛分布着兴安落叶松林、白桦和山杨林, 樟子松、云杉林分布面积相对较少。该林区属于寒温带针叶林分布区, 占 78.41% 的森林覆盖地表, 森林资源丰富, 形成了自然森林生态系统, 具有供人类开发的自然资源和潜在资源, 更是横亘我国东北边疆的一条天然屏障, 起着阻挡西伯利

收稿日期: 2008-09-29; 修订日期: 2009-01-14

基金项目: 863 课题“面向地块的地物类型精细识别技术及其应用(2007AA12Z181)”项目资助。

作者简介: 曾庆伟(1984—), 男, 硕士研究生, 主要从事遥感技术应用研究。E-mail: qwzeng08@Gmail.com。

亚寒流,减缓蒙古高原旱风,涵养水源,保持水土,净化空气,调节气候等重要作用。

3 研究方法

3.1 数据处理

3.1.1 遥感数据

本研究选用中等分辨率的美国陆地卫星 Land-Sat-5 TM 遥感影像为数据源,考虑到 2002 年和 2003 年 6 月中旬研究区发生了不同程度的食叶害虫危害,导致出现了树木绿色生物量的快速变化。同时为了减少物候等因素的影响,我们分别获取了 2000 年 6 月 13 日、2002 年 6 月 20 日、2003 年 6 月 26 日覆盖整个研究区的物候基本相同的 3 个年度的 TM 数据,其轨道号分别为 120/23、120/24、120/25。其中 2000 年作为基准年份,用于对 2002 年和 2003 年数据的对比分析。

3.1.2 数据的几何精校正与配准处理

根据最新版的 1:10 万地形图首先在 2000-6-13 的 TM 影像上,较为均匀地选取了 450 个地面控制点,运用 ERDAS 软件对其进行严格的几何精校正;然后以校正后的 2000 年影像为准,将 2002 年和 2003 年两期影像与之配准,要求均方根误差小于 0.5 个像元。

3.2 变化信息提取

3.2.1 建立解译标志

首先选取 7、4、3 波段分别赋予红、绿、蓝合成的假彩色图像信息丰富,近似天然色彩,能更好地监测大兴安岭地区林冠变化的发生情况。在进行图像分类之前,必须建立科学的解译标志,其正确与否直接关系到分类结果的可信度。根据研究区的具体情况,以 2000 年的 TM 影像为基础,参考地面病虫害调查、样地调查等数据,并结合相关地学、生物学知识将林冠变化程度分为重度变化、中度变化、轻度变化和无变化(健康或正常)4 种类型(见图 1)。

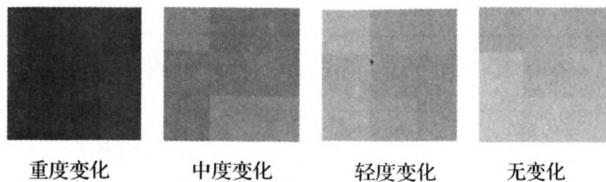


图 1 变化发生程度
Fig. 1 Changes in the degree

3.2.2 训练样地选取

为了分析并建立适合大兴安岭地区林冠状态监

测模型,在 ERDAS Imagine 9.1 平台上,以 2000 年影像为基准建立了解译标志,通过目视解译勾绘出 2002、2003 年的两期影像上的不同林冠变化程度的 AOI 区,共建立了 240 块训练样地。其中 160 块为建模样地,80 块为检验样地。提取各训练样地所有像元的各波段 DN(DIGITAL NUMBER)值,并取其算术平均值用于信息分析(见图 2、图 3)。

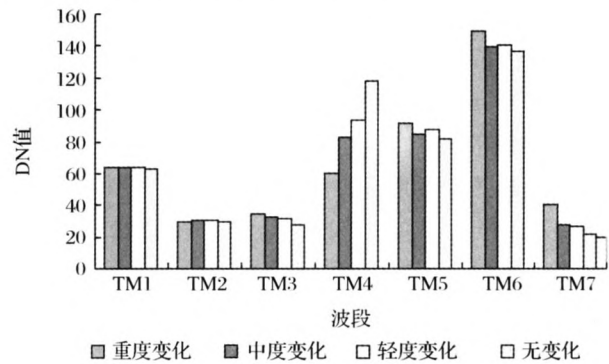


图 2 2002 年各波段 DN 值
Fig. 2 Digital number of TM bands in 2002

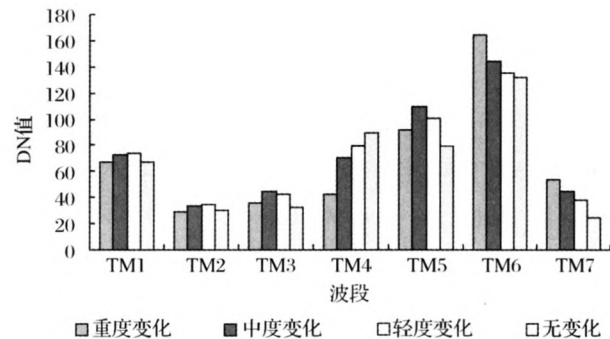


图 3 2003 年各波段 DN 值
Fig. 3 Digital number of TM bands in 2003

3.2.3 阈值确定方法

变化阈值的确定是变化信息成功提取的关键,因此阈值确定方法的选择显得尤为重要。我们在变化程度 DN 值计算的基础上,采用双窗口变步长阈值搜寻算法^[7]对各变化程度进行划分。其基本思路是通过比较配准的 3 期影像,以 2000 年 TM 影像为基准,根据 2002 年和 2003 年影像上建立的训练样地,在变化范围内进行变步长变化阈值搜寻,当确定某一变化阈值,使训练样地内的变化检测精度达到最大时,则认为该阈值可以使整景影像的变化检测精度达到最大。我们还依据训练样地变化影像的健康植被(无变化)和其它 3 种不同变化程度之间存在有明显的区别,直接根据无变化发生程度的最小 DN 值确定阈值。在对其它 3 种变化程度(重度变化、中度变化、轻度变化)求取阈值时,我们求取的阈值分别是重

度变化的最小阈值和轻度变化的最大阈值。

4 结果与分析

4.1 主要变化信息蕴涵波段的分析

从图 2 和图 3 中我们可以看出,各种变化程度在 TM4 波段处存在明显差异,极利于区分各种变化程度。另外利用 SPSS15.0 统计软件对各种变化程度与波段之间进行典型相关性检验。在 0.5% 的显著水平下,2002 年的各种变化程度与波段之间的相关性为 0.962,且 TM4 波段的正相关性最大, TM3 波段的负相关较大;2003 年的各种变化发生程度与波段之间的相关性为 0.966,且 TM4 波段的正相关性最大, TM3 波段的负相关性最大。以上数据说明 TM4 波段蕴涵着丰富的森林资源变化信息,是开展林冠状态变化遥感监测不可或缺的数据。

4.2 指数分析

在遥感应用领域,各种植被指数已被广泛用来定性和定量评价植被覆盖及其生长活力。比值指数 TM5/TM4 及 TM4/TM3 是监测和评估我国森林病虫害的有效参数^[8-10], TM5/TM4 适合于低叶面积指数的森林病虫害监测,而 TM4/TM3 更适合用于高叶面积指数植被的遥感监测^[11];比值指数 TM7/TM4 还可用来有效估算马尾松林的叶生物量,从而可用于监测森林虫害^[12]。因此,我们选择并综合比较了常见植被指数与各种变化发生程度的关系,主要分别计算 2002 和 2003 年图像的 NDVI 值、TM4/TM3、TM5/TM4、TM7/TM4 和 TM5/TM3 的比值。结果见图 4、图 5。

综合图 4、图 5 我们可以发现,比较两年中几种植被指数在不同变化程度上的差异,NDVI 和 TM4/TM3 都随着变化程度的减弱而上升;TM5/TM4 和 TM7/TM4 都随着变化程度的减弱而下降;而 TM5/TM3 却没有呈现出任何规律性变化。

表 1 植被指数与林冠变化的相关系数表

Table 1 The correlation coefficient between vegetation index and canopy change

	NDVI	TM4/TM3	TM5/TM4	TM7/TM4	TM5/TM3
2002 年	0.933	0.937	-0.885	-0.841	0.503
2003 年	0.946	0.930	-0.919	-0.887	-0.165

4.3 变化阈值

利用双窗口变步长阈值搜寻算法,经过对试验区从 2000 年到 2002 年和 2003 年变化影像中 160 块建模样地的搜寻,最终确定各种发生程度的变化

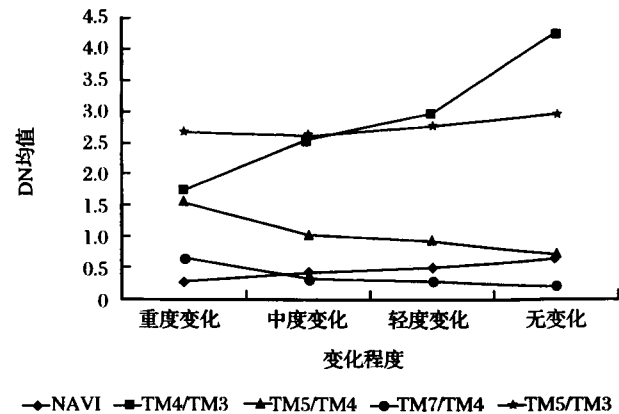


图 4 2002 年各植被指数的比较分析图

Fig. 4 Analysis of vegetation indexes in 2002

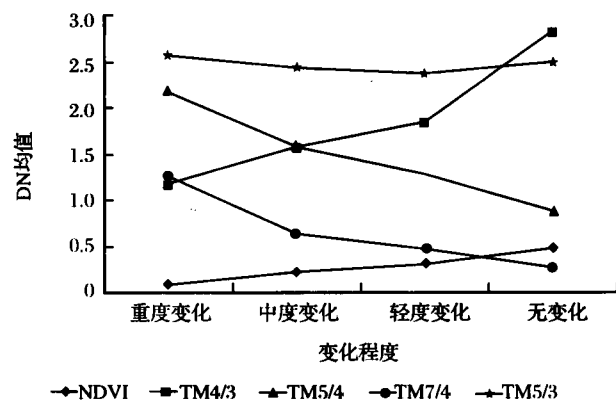


图 5 2003 年各植被指数的比较分析图

Fig. 5 Analysis of vegetation indexes in 2003

比较其中几种植被指数 TM4/TM3 的变化是最显著的。此外,我们还利用了 SPSS15.0 统计软件对灾害发生程度与植被指数进行了典型相关分析(结果见表 1)。在 0.5% 的显著水平下, TM4/TM3 与各种发生程度之间的关系十分密切。说明在大兴安岭地区, TM4/TM3 (比值植被指数) 能很好地表达各种程度的森林林冠变化, 是提取林冠变化信息的重要指示参数。

阈值。2002 年 TM4/TM3 的阈值分别是: 2.07、2.80、3.80; 2003 年 TM4/TM3 的阈值分别是: 1.44、1.64、2.40。各次阈值搜寻的具体情况见表 2、表 3。

表 2 2002 年 阈 值 搜 寻 结 果

Table 2 The result of 2002 double-windows flexible pace searching

重度变化的最小阈值					
步长范围 1.5~3.5, 步长 0.2		步长范围 1.9~2.3, 步长 0.05		步长范围 2.05~2.10, 步长 0.01	
阈值	检验成功率	阈值	检验成功率	阈值	检验成功率
3.50	0.333	2.30	0.87	2.10	0.909
3.30	0.339	2.25	0.87	2.09	0.909
3.10	0.357	2.20	0.87	2.08	0.909
2.90	0.455	2.15	0.909	2.07	0.909
2.70	0.571	2.10	0.909	2.06	0.857
2.50	0.8	2.05	0.857	2.05	0.857
2.30	0.87	2.00	0.8		
2.10	0.909	1.95	0.706		
1.90	0.625	1.90	0.625		
1.70	—				
轻度变化的最大阈值					
步长范围 2.07~3.5, 步长 0.3		步长范围 2.3~2.9, 步长 0.06		步长范围 2.72~2.84, 步长 0.02	
阈值	检验成功率	阈值	检验成功率	阈值	检验成功率
3.50	—	2.90	0.25	2.84	0.421
3.20	—	2.84	0.421	2.82	0.5
2.90	0.25	2.78	0.571	2.80	0.571
2.60	0.545	2.72	0.5	2.78	0.571
2.30	0.541	2.66	0.552	2.76	0.545
2.07	0.526	2.6	0.545	2.74	0.545
		2.54	0.514	2.72	0.5
		2.48	0.514		
		2.42	0.514		
		2.36	0.555		

表 3 2003 年 阈 值 搜 寻 结 果

Table 3 The result of 2003 double-windows flexible pace searching

重度变化的最小阈值				轻度变化的最大阈值			
步长范围 0.90~2.00, 步长 0.1		步长范围 1.50~1.40, 步长 0.01		步长范围 0.90~2.00, 步长 0.1		步长范围 1.60~1.70, 步长 0.01	
阈值	检验成功率	阈值	检验成功率	阈值	检验成功率	阈值	检验成功率
2.00	0.333	1.50	0.645	2.00	—	1.70	0.696
1.90	0.364	1.49	0.645	1.90	—	1.69	0.696
1.80	0.425	1.48	0.667	1.80	—	1.68	0.696
1.70	0.541	1.47	0.621	1.70	0.696	1.67	0.750
1.60	0.555	1.46	0.692	1.60	0.800	1.66	0.750
1.50	0.645	1.45	0.692	1.50	0.690	1.65	0.750
1.40	0.706	1.44	0.720	1.40	0.465	1.64	0.800
1.30	—	1.43	0.609	1.30	0.435	1.63	0.800
1.20	—	1.42	0.600	1.20	0.385	1.62	0.800
1.10	—	1.41	0.632	1.10	0.370	1.61	0.800
1.00	—	1.40	0.706	1.00	0.357	1.60	0.800
0.90	—			0.90	0.333		

4.4 精度分析

为了精度检验与分析,应用了共计 80 块样地数据进行类后检验。其中 2002 年总精度为 97.5%, kappa 系数为 0.967;2003 年总精度为 90%, kappa 系数为 0.867。详细结果见表 4、表 5。检验结果说明双窗口变步长阈值搜寻算法在确定好阈值之后,能有效地区分各种变化发生程度,同时也再次说明了 TM4/TM3 能有效地用于大兴安岭地区林冠变化信息的提取,是一个非常重要的指示参数。从数据分析来看,2002 年的分类精度稍高于 2003 年,可能主要是由于气候(如降雨量、气温、物候等)变化、变化的累积性等的干扰等众多因素造成。

表 4 2002 年分类精度检验表

Table 4 The precision test of classification in 2002

类别	重度变化	中度变化	轻度变化	无变化
重度变化	10	0	0	0
中度变化	0	10	1	0
轻度变化	0	0	9	0
无变化	0	0	0	10
精度(%)	100	100	90	100

表 5 2003 年分类精度检验表

Table 5 The precision test of classification in 2003

类别	重度变化	中度变化	轻度变化	无变化
重度变化	10	0	0	0
中度变化	0	6	0	0
轻度变化	0	4	10	0
无变化	0	0	0	10
精度(%)	100	60	100	100

5 结 语

(1) TM4 波段(近红外)蕴涵着丰富的森林资源变化信息,对林冠变化极为敏感,是开展林冠状态变化遥感监测不可或缺的数据。

(2) 对于林冠变化信息的提取,阈值的确定是关键步骤,否则难以实现准确的等级区分。本研究表明,在寻求林冠变化信息的阈值过程中,双窗口变步长阈值搜索法是一种有效的算法,能逐步缩小范围、精确阈值,并达到较好的精度要求。

(3) 近红外与红光的波段比值(TM4/TM3)是监测林冠变化的重要指示参数。

总之,随着遥感技术在林业领域应用研究的不断深入,基于 TM 数据的遥感监测研究为我国进行

大面积、大范围的林冠变化监测提供了一种十分有效、可行的方法和手段,有助于推动我国森林资源监测管理的进一步发展。

参考文献:

- [1] Vogelmann J E, Rock B N. Assessing Forest Damage in High Elevation Coniferous Forests in Vermont and New Hampshire Using Thematic Mapper Data[J]. Remote Sensing of Environment, 1988, 24, 227-246.
- [2] Vogelmann J E, Rock B N. Use of Thematic Mapper Data for the Detection of Forest Damage Caused by the Pear Thrips [J]. Remote Sensing of Environment, 1989, 30, 217-225.
- [3] Gillis M D, Pick R D, Leckie D G. Satellite Imagery Assists in The assessment of Hail Damage for Salvage Harvest[J]. The Forestry Chronicle, 1990, (10), 463-468.
- [4] Nakane K, Kimura Y. Assessment of Pine Forest Damage by Blight Based on Landsat TM Data and Correlation with Environmental Factors [J]. Ecological Research, 1992, (7), 9-18.
- [5] Royle D D, Lathrop R G. Monitoring Hemlock Forest Health in New Jersey Using Landsat TM Data and Change Detection Techniques[J]. Forest Science, 1997, 43(3), 327-335.
- [6] Spanner M, Pierce L L, Peterson D L, et al. Remote Sensing of Temperate Coniferous Forest Leaf Area Index: The Influence of Canopy Closure, Understory Vegetation and Background Reflectance [J]. International Journal of Remote Sensing, 1990, 11, 95-111.
- [7] Chen Jin, He Chunyang. Land Use/Cover Change Detection with Change Vector Analysis (CVA): Change Magnitude Threshold Determination [J]. Journal of Remote Sensing, 2001, 5(4), 259-266. [陈晋, 何春阳. 基于变化向量分析的土地利用/覆盖变化动态监测(I)-变化阈值的确定方法[J]. 遥感学报, 2001, 5(4), 259-266.]
- [8] Dai Changda. Detecting Vegetation Damage by Remote Sensing[J]. Journal of Natural Disasters, 1992, 1(2), 40-46. [戴昌达. 植物病虫害的遥感探测[J]. 自然灾害学报, 1992, 1(2), 40-46.]
- [9] Wu Honggan, Qiao Yanyou, Huang Jianwen, et al. Assessment of Forest Diseases and Insects with Landsat TM Data[J]. Remote Sensing Technology and Application 1994, (4), 46-51. [武红敢, 乔彦友, 黄建文, 等. 利用陆地卫星 TM 数据评估森林病虫害[J]. 遥感技术与应用, 1994, (4), 46-51.]
- [10] Wu Honggan, Huang Jianwen, Qiao Yanyou, et al. A Preliminary Study on Remote Sensing Detection of Damage by Pine Caterpillar[J]. Scientia Silvae Sinicae, 1995, 31(4), 379-384. [武红敢, 黄建文, 乔彦友, 等. 松毛虫早期灾害点遥感监测研究初报[J]. 林业科学, 1995, 31(4), 379-384.]
- [11] Wu Honggan, Qiao Yanyou, Chen Linhong, et al. Remote Sensing Monitoring of Dynamic Changes of Leaf Area Index in Mason Pine Stands [J]. Journal of Plant Ecology, 1997, 21(5), 485-488. [武红敢, 乔彦友, 陈林洪, 等. 马尾松林叶面积

- 指数动态变化的遥感监测研究[J]. 植物生态学报, 1997, 21 (5): 485-488.]
- [12] Wu Honggan, Qiao Yanyou, Chen Linhong. Remote Sensing Detection of Dynamic Changes of Stand Needle Biomass in Masson's Pine of Western Zhejiang Mountain Areas[J]. Journal of Natural Resources, 1998, 13(4): 359-363. [武红敢, 乔彦友, 陈林洪. 浙江山地马尾松林分针叶量的动态变化及其遥感监测[J]. 自然资源学报, 1998, 13(4): 359-363.]

Study on Remote Sensed Monitoring of Forest Canopy Change Based on TM Data

ZENG Qing-wei, WU Hong-gan, SU Miao

(*The Research Institute of Forest Resource Information Techniques, Chinese Academy of Forestry, Beijing 100091, China*)

Abstract: Forest canopy change research is the hot point in the forest health research. According to the canopy of chlorophyll changes, changes of the canopy can be divided into four types: serious change, medium change, light changes and no change (healthy and normal). This paper, Based on the commercial ERDAS Imagine 9.1 software, study forest vegetation change monitoring techniques by using TM data of 2000, 2002 and 2003. Analysis showed that the ratio of TM4/TM3 vegetation index can be commendably extracted the healthy information of the canopy from the study area, and figured that the method of Double-Windows Flexible Pace Searching can accurately measure off various degree of the forest canopy change. Test precision of 2002 and 2003 respectively is 97.5% and 90%, kappa coefficient of 2002 and 2003 respectively is 0.967 and 0.867. Therefore, TM4/TM3 is an important indication parameter to monitoring forest canopy.

Key words: TM data; Canopy changes; The ratio of vegetation index; Remote sensing monitoring