

应用 TM 图像监测及评估林火、虫灾 和洪涝灾害的理论与实践

戴昌达 唐伶俐 陈刚 雷莉萍 王杰生

(中国科学院遥感卫星地面站)

1992年9月22日收稿

提 要

本文报导了在大兴安岭特大森林火灾实时监测与灾情分析、皖东孤山林场松毛虫害探测及江淮地区特大洪涝灾害灾情评估等工作中应用 TM 图像的成功实践,分析了 TM 图像用于监测及评估这些自然灾害的理论依据、关键技术及其优越性与局限性。

关键词 TM 图像 灾害监测 灾情评估 图像应用处理

中国是个自然灾害多发国家,如何应用高新技术改进灾害测报与灾情评估方法,大幅度提高防灾、抗灾、减灾能力,受到越来越广泛的重视。

中国遥感卫星地面站建成投产后,源源不断接收、处理出了第二代资源卫星 TM 图像。近年在参与大兴安岭特大森林火灾、皖东松毛虫害、江淮地区特大洪涝灾害等斗争中,通过对 TM 图像进行深入细致地信息特征数值分析,反复探索排除干扰因素,突出有用信息的图像应用处理方法等,初步阐明了应用 TM 图像监测、评估这些自然灾害的理论依据、关键技术及其优越性与局限性。

一、林火实时监测与灾情分析

1987年5月6日—6月2日,我国大兴安岭原始林区发生一场罕见的特大森林火灾,过火面积超过 $1 \times 10^4 \text{km}^2$ 。在林火刚出现时,中国遥感卫星地面站就组织昼夜接收陆地卫星 5 号通过林区传送下来的 TM 图像^[1],对 TM 图像进行数值分析,在明确第 7 波段探测林火火焰有突出作用^[2]的基础上,迅速处理出由 7, 4, 3 波段合成的 1:20 万—1:50 万彩色图片,为掌握火区概况、火头位置、火势发展趋向和各种救火措施的实际效果提供依据,对救火指挥部进行及时、正确的指挥决策起到了重要作用。灾后应用数字镶嵌技术,把 5 月 23 日、30 日和 6 月 6 日三景相邻轨道的 TM 图像拼出全过火区彩色影像图^[3],并据此绘制出了林火灾情等级图。为评估灾情损失,制订重建规划提供了基础。之后地面站对过火区继续进行监测,接收处理了该地区 1988—1991 年初夏与秋季的图像,分析研究了林木恢复状况及这场大火对生态环境发生的影响^[4]。

气象卫星的 AVHRR 图像用于林火监测的可行性、优越性与局限性早有公论,应用

TM 图像监测林火在当时尚无先例。一般认为 TM 没有与 AVHRR 第 3 通道相当的白天对林火探测敏感的波段。而且轨道重复周期 16 天, 重访间隔太长。通过理论分析与试验实践, 表明上述看法不够全面、准确。根据 Wein 位移定律:

$$\lambda_{\max} = C/T$$

可以推算出辐射峰值处在 TM5, 6, 7 及 AVHRR 3 的波谱响应范围时黑体的温度值(表 1)。式中, $C = 2897.8$, T 为黑体的绝对温度 (K), λ_{\max} 为峰值波长 (μm)。

表 1 TM, AVHRR 有关通道处于辐射峰值时所对应的黑体温度
Table 1 Corresponding temperature of black body to the radiation peak of several TM and NOAA AVHRR bands

通道名称缩写	波谱响应范围 (μm)	绝对温度 (K)	摄氏温度 ($^{\circ}\text{C}$)
TM5	1.55—1.75	1 869.5—1 655.9	1 596.5—1 382.9
TM7	2.08—2.35	1 393.2—1 235.1	1 120.2—960.1
TM6	10.4—12.6	278.6—230.0	5.6—-43
AVHRR 3	3.55—3.95	816.3—737.4	543.3—464.4

由表 1 可知, 当森林大火的火焰温度高达 1 300K 上下时, 其辐射的峰值波长正处于 TM7 的光谱响应区间, 因此可测到最大的光谱辐射亮度, 使该波段记录的灰度级饱和或近饱和, 形成与周围非火焰区的鲜明反差(图 1)。而且 TM7 的空间分辨率达 30m, 高出 AVHRR 30 余倍, 极有利于火场与火头的精确定位, 加之 TM 的 3 个可见光波段对烟雾敏感, 能清晰地反映伴随林火而发生的烟雾, 从烟雾的形状与扩散方向可推断风速、风向及火焰发展趋势。此外, TM3 处于植被的红光强吸收区, TM4 处于植被的近红外强反射区。它们都是研究森林资源的重要波段。所以采用 TM7, 4, 3 三个波段分别赋红、绿、蓝色合成的彩色图像, 具有十分丰富的林火信息(图版 I 图 2): 正在燃烧的火头呈亮红色; 火烧迹地呈深浅不同的棕褐色; 未烧林地呈绿色; 水体呈蓝至蓝黑色; 烟雾似淡蓝色飘带从火焰上空随风向与风速飘散出去; 其它如道路、河流、农田、居民点等都很易在合成图像上识别出来, 这样就便于确定火头与火场位置, 分析火势发展方向, 制定救火措施, 评估灾情损失及规划灾后重建。这些都是低分辨率的气象卫星 AVHRR 图像所不及的。

关于重访间隔问题, 陆地卫星 4/5 号同一轨道的重复周期是 16 天, 可是相邻轨道的间隔期为 7 天。随着纬度的增高, 相邻轨道的重叠部位增加, 大兴安岭地处北纬 50° 上下, 相邻两轨道的重叠度近 50%, 这就意味着在这些高纬度区, 不是相隔 15 天, 实际上是相隔 7 天就可重复观测一次。同时在卫星过境的夜晚, 卫星上行时可向地面传输 TM 热图像, 这样在 8 天内可进行 4 次重复观测。如果陆地卫星 4 号也正常发送数据, 两星配合, 则 4 天内可进行 4 次重复观测。当然这样的观测频率仍不及气象卫星, 难于完全满足林火这类突发性强、发展速度快的灾害实时监测的需要。所以我们认为, TM 图像十分适合于林火灾情评估与灾后林木恢复状况分析, 而对林火的实时监测则最好把它与 AVHRR 图像的应用密切结合起来, 相互补充配合, 才能充分发挥卫星遥感的优越性。

134	127	106	97	90	86	89	90	90	54	50	41	36	33	32	33	33	35
114	123	112	100	92	90	90	90	91	44	48	44	38	33	33	33	34	36
105	112	117	101	91	89	91	91	91	37	42	44	40	34	34	34	35	
106	111	125	114	94	88	92	91	90	38	43	50	46	36	33	34	35	
106	113	121	108	94	89	94	92	91	40	44	49	43	36	34	35	34	
98	106	117	121	104	93	92	91	90	37	40	47	48	41	35	35	36	
96	104	111	121	110	102	95	90	88	35	39	42	47	45	38	55	34	
97	97	101	105	109	104	99	92	87	35	36	38	41	42	41	39	34	
95	93	97	103	105	101	99	93	86	35	35	36	39	40	39	37	32	
89	89	92	96	103	100	95	91	85	32	33	34	37	40	38	35	34	
86	88	91	94	103	100	92	90	88	32	32	32	34	38	34	35	34	
86	86	87	90	96	98	92	87	87	32	31	32	34	36	36	34	33	
Band1									Band2								
54	50	40	36	34	32	33	33	33	49	49	46	45	42	39	39	40	40
44	45	43	37	35	34	34	34	35	38	45	45	45	43	41	39	38	36
36	43	44	40	35	32	33	35	35	31	38	44	45	42	41	40	37	36
37	42	49	46	36	32	33	34	33	30	33	45	49	44	41	41	39	38
36	42	49	44	35	33	35	36	35	31	33	41	45	45	44	43	39	36
36	39	46	48	41	35	34	34	32	29	33	36	43	44	43	44	40	38
34	38	42	47	44	38	35	35	34	29	31	34	39	42	43	42	41	40
34	36	37	39	42	41	36	33	33	29	30	31	33	35	39	42	43	41
32	33	35	36	40	38	37	34	31	29	30	32	32	31	32	36	43	41
32	32	32	35	39	38	34	33	31	28	29	30	32	34	33	32	37	41
31	31	32	34	37	38	34	32	33	30	30	30	31	34	33	30	32	40
31	31	31	31	33	35	35	33	31	32	31	32	32	33	33	31	29	33
Band3									Band4								
170	90	75	74	69	58	60	62	62	232	212	191	171	155	143	132	124	119
153	211	86	72	70	66	62	59	62	231	217	203	186	171	156	139	128	121
73	231	187	87	71	73	67	56	56	223	218	212	201	186	169	148	133	124
54	125	187	115	70	72	70	62	54	211	215	217	213	200	180	158	140	129
68	63	156	178	89	68	72	68	56	200	210	210	220	209	191	167	149	136
62	61	114	177	149	79	69	67	59	172	204	214	217	210	196	1717	161	148
54	59	60	94	181	129	81	66	61	185	196	205	210	207	198	185	184	162
55	54	62	55	110	214	158	78	61	179	187	195	200	200	197	192	185	174
55	55	56	60	39	200	235	113	63	174	179	185	189	192	194	195	192	184
57	56	54	56	58	62	145	141	78	169	172	177	180	184	188	192	192	184
57	54	53	55	60	57	57	124	114	166	167	170	172	176	171	186	186	180
57	56	55	57	63	57	41	84	164	163	163	164	165	168	172	176	178	174
Band5									Band6								
236	114	50	39	34	30	28	28	29	236	114	50	39	34	30	28	28	29
255	240	64	37	36	33	30	27	29	255	240	64	37	36	33	30	27	29
150	244	226	101	33	37	33	28	26	150	244	226	101	33	37	33	28	26
107	208	255	156	50	34	35	32	27	107	208	255	156	50	34	35	32	27
111	135	226	237	113	29	37	35	28	111	135	226	237	113	29	37	35	28
77	83	148	255	227	89	31	35	30	77	83	148	255	227	89	31	35	30
49	74	28	163	251	217	95	34	32	49	74	28	163	251	217	95	34	32
51	57	69	84	195	235	222	60	29	51	57	69	84	195	235	222	60	29
58	55	60	66	154	245	255	111	27	58	55	60	66	154	245	255	111	27
63	63	56	61	60	185	244	151	66	63	63	56	61	60	185	244	151	66
55	45	42	45	59	46	96	223	193	55	45	42	45	59	46	96	223	193
57	52	38	54	52	49	26	181	255	57	52	38	54	52	49	26	181	255
Band7																	

图 1 林火区 TM7 个波段的灰度值比较

Fig. 1 Comparison of TM seven bands' brightness value in forestfire region

二、松毛虫害监测

马尾松是我国南半部的重要用材林, 又是最主要的绿化荒山秃岭的先峰树种。近年造林面积发展很快, 但随之松毛虫害也日趋严重。如著名的营林先进单位——安徽省全椒县国营孤山林场自 80 年代中以来, 几乎连年发生虫害。1988 年春越冬代松毛虫大爆发, 过半林木遭受不同程度的损害, 后经多次喷药杀灭, 当年繁殖的第一代、第二代松毛虫逐渐减少。至 1989 年春, 越冬代松毛虫口密度大幅度降低, 虫害基本上得到控制, 与 1988 年形成鲜明对照。据此确定选用 1988 年 4 月 23 日和 1989 年 4 月 26 日过境成像的两景 TM 数据, 既可对分析两年间的图像变化情况, 又可对分析 1988 年图像上遭受松毛虫害程度不同的地段是否存在差异, 以便同时从纵向与横向两个方面来探索应用 TM 图像监测松毛虫害的可行性。

松毛虫危害松林, 主要是咀食松针, 减少针叶数量, 降低叶绿素浓度, 削弱光合作用, 导致松树生长延缓, 甚至枝条枯焦死亡。这时 TM 第 4 波段的亮度值必然降低, 而第 3, 5, 7 波段, 特别是第 3 波段的亮度值必然增高。据此, 我们选用第 4, 5, 3 波段分别赋红、绿、蓝色, 合成 1988 和 1989 两年的 TM 彩色图像。尽管这种图像包含的地物信息量确实很丰富, 目视判读分析的总体效果不错。可是虫害范围难以确定和勾绘, 更难以判定虫害程度。这是否意味着如某些专家曾断定的“卫星图像空间分辨力低, 不足以反映虫害造成的林冠变异”^[5]呢? 为了从根本上能弄清这个问题, 我们对覆盖全林场的两年图像数据进行了统计分析。从统计分析结果(表 2)可以看出, 1988 年各波段的最小亮度值均高于 1989 年, 均值除了第 4 波段之外也普遍高于 1989 年。这表明, 1988 年图像反映的总辐射水准高于 1989 年。可是表征叶绿素陡坡效应的第 4 波段亮度值和指示生物量比较敏锐的 4/3 波段比值却倒过来了, 1988 年反而低于 1989 年, 而且第 4 波段的最大亮度值也是 1988 年低于 1989 年。这充分说明 1988 年松毛虫害造成的生物量减少的信息在 TM 图像上得到了反映。

表 2 试区 1988 和 1989 两年 TM 图像数据的统计分析

Table 2 The statistic analysis of TM data acquired in 1988 and 1989 in study area

波 段	最小亮度值		最大亮度值		均 值	
	1988	1989	1988	1989	1988	1989
1	87	73	132	125	98.8	86.4
2	36	28	72	74	45.4	38.4
3	35	24	92	91	47.8	37.9
4	30	21	104	114	66.3	66.7
5	34	13	162	174	78.0	67.3
7	14	4	98	102	38.0	29.8
4/3	0.86	0.87	1.13	1.25	1.39	1.76

看来问题在于遥感数据是地物光谱特征的综合记录, 受多种因素影响, 鱼目混珠, 泥沙俱下, 必须把其它干扰因素排除掉, 所需要的虫害信息才能突出出来。为此, 进一步开

展了图像数值分析。在 1988 年图像上选出两片包括各类主要地物(如居民点、农田、水体)以及原来松林长势和立地条件都比较一致,而松毛虫害程度不等的地段,打印出它们的 7 个波段亮度值,来分析不同地类(把重害、轻害、无害松林作为独立地类看待)间的光谱离散性。从两块样地数以千计的像元数值分析结果可看出,丘间沟谷中的农田和丘陵坡地上的居民点、旱粮作物等非林地的光谱特性相当复杂,亮度值离散性大。有的与受害林地很相近,容易彼此混淆(图 3),因此,首先应该排除非林地的干扰。排除方法是对原图进行 4/3 波段比值计算,然后以 5×5 匀化模板对比值图像进行处理,就可以把松林的分布范围从复杂的背景中较精确地分离出来。

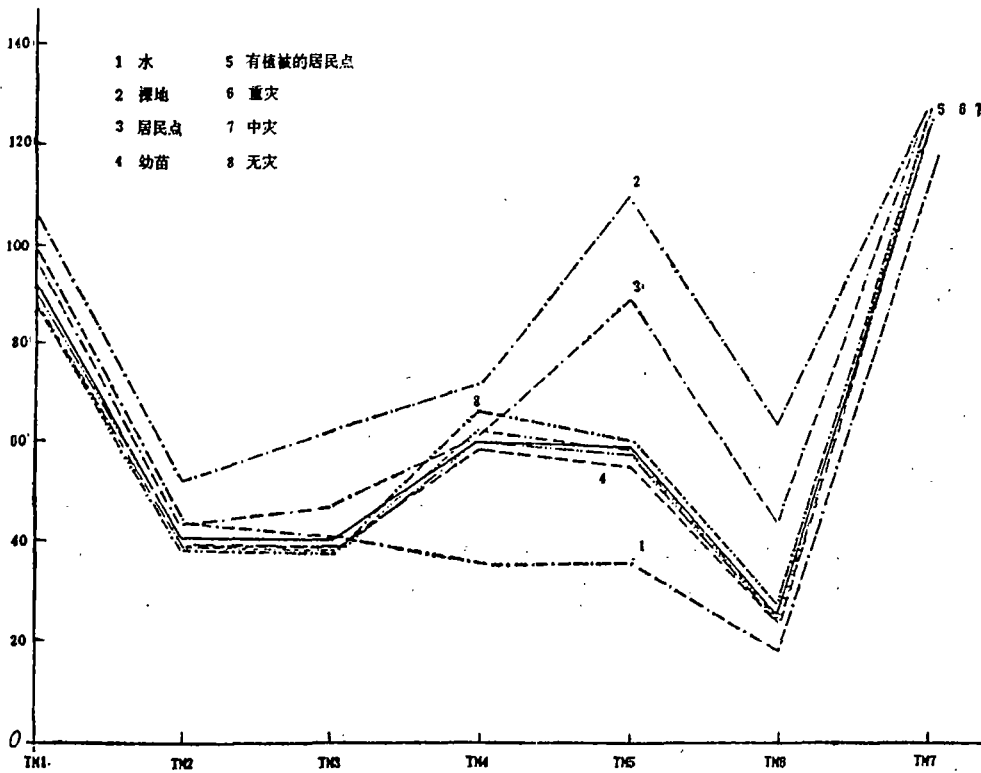


图 3 虫害区主要地物光谱曲线

Fig. 3 Spectral curves of various objects in pine caterpillar area

通过分析,还发现松林光谱数据中包含着土壤背景信息,因为马尾松系阳性树种,即使长势健壮已经郁闭,也有较好的透光性,若发生虫灾,针叶减少,地表暴露部分更大。这在一定程度上也会干扰虫害信息的提取。多种计算机处理对比试验表明,采用计算垂直植被指数 PVI 来表征与虫害程度成负相关的叶面积效果最佳。把重灾、轻灾和无灾样区更明显地拉开了,因而有助于克服土壤背景带来的干扰。

可是地面站提供给用户的 CCT 图像数据带仅经系统校正,根据这种非标定数据计算得的 PVI 值存在大气条件、传感器性能、地形等因素可能产生的干扰,这也会影响图像对比分析的可靠性与精确性,因此还应对 PVI 值进行归一化处理。参照 C. Elvidge^[6]

信噪比概念,采用归一化算式:

$$NPVI = PVI/SE;$$

式中, NPVI 为归一化后的垂直植被指数; SE 为拟合土壤基线方程的标准差。

按上式算出 1988 年林地各像元的 NPVI 值, 然后对该值进行分级处理。依据样点数据分析统计, 凡 NPVI > 96 的皆为无虫害区, NPVI < 75 的为叶片受害程度已超过 30% 的重害区, 介于两者之间的为轻害区, 然后在我室自行研制的微机图像处理系统上自动输出重害、轻害、无害及非林地 4 类分布图(图版 II 图 4, 图中红色为重害区, 黄色为轻害区, 绿色为无害区, 蓝色为非林地), 并按像元统计出各类所占面积与百分比。

为了判断从 TM 图像提取出的虫情是否可信, 把该林场在 1988 年春季组织 10 人队伍耗时 3 个月进行地面调查绘制的 1:1 万虫情草图缩成与遥感监测图相同的比例尺 (1:5 万), 并按重害、轻害、无害 3 类分别着红、黄、绿色。对比这两份图件可以清楚地看出: 两者反映的重害、轻害和无害区的分布状况基本一致, 只是地面调查图以森林小斑为

上图单位, 综合反映各小斑内平均虫口密度和松针受害程度, 每个森林小斑面积、形状不一。而遥感监测图则详细反映每个像元的虫害信息, 每个像元覆盖地面的面积均为 $28.5 \times 28.5m^2$, 显然两者的图斑形状不会一致, 不能一一对应。此外, 地面调查汇总出的虫害面积不包括在该场范围内的农民集体所有的林地, 而 TM 图像监测得的数据两者都包括在内, 故不能简单对比绝对值。可是两者统计出的重害、轻害和无害区所占的面积百分比很接近(表 3)。这进一步说明 TM 图像监测出的虫害信息有很高的可信性。该场领导与员工一致认为卫星遥感新技术提供了客观、快速、大范围掌握虫情的新手段, 具有其它方法不能比拟的优越性。

表 3 两种方法获得的虫害面积比较

Table 3 Comparison between insect damage areas by two different methods

虫害程度	占林地总面积的%	
	遥感监测	地面调查
重害	29.10	30
轻害	22.84	28
无害	48.06	42

三、洪涝灾害评估

1991 年夏我国长江和淮河中下游地区天气异常, 过于集中的暴雨使江、河、湖、库水位猛涨, 出现大范围的洪涝灾害。

为了全面安排灾区人民生活, 支援灾区恢复生产, 重建家园, 迫切需要灾情数据。传统的灾情调查方法是实地调查访问, 确定重灾、成灾(即中灾)和受灾(即轻灾)三类地区的范围和面积, 然后按行政单位逐级汇总上报。这种方法不仅费工、费时, 而且出现差错的高率, 还难于检查纠正, 以至有些地区统计上报的受灾面积超过该地区管辖的总面积。为了改进灾情调查方法, 提高灾情数据的客观性、准确性, 我们开展了应用 TM 图像分析评估长江中、下游两条支流——滁河和水阳江流域的洪涝灾情试验。

应用遥感图像确定洪涝淹没范围与面积是比较成熟的技术, 国内、外都有不少成功实例, 但这次要求得出以农田损失为主要依据划分灾情等级的分布图与面积数据, 这就提出

了能否和如何把 TM 图像记录的地物光谱信息转化为以减产幅度为指标的洪涝灾情信息的问题。

我国常规方法调查洪涝灾情,实际上不可能完全掌握具体的减产数据。一般是根据洪涝水情和植被长势受抑程度来估测减产幅度,划分灾情等级。例如洪水淹没和内涝积水深的地区,房屋建筑坍塌或进水,作物遭没顶之灾,洪峰过后仍一片汪洋泽国,必为绝产的重灾区;曾经洪水淹没或内涝积水,但持续时间不长,植物未死亡,仅生长严重受抑,至少还会有 2 成以上的收成,为成灾即中灾区;未遭洪水淹没,或淹没时间很短,仅土壤水分饱和,土壤中水气不协调,影响植物根系正常呼吸而生长发育受抑,减产幅度不至于超过 3 成,划为一般受灾即轻灾区。由此可见,常规方法划分洪涝灾情等级的直接依据实际上是地面水情和植物长势。而 TM 图像的多光谱数据正好包含有极丰富的地面水分状况与植物长势的信息,具备进行洪涝灾情评估的基础。试验研究需要解决的问题是如何把 TM 图像所包含的地面水分状况与植物长势信息充分提取出来,并与洪涝灾情等级的划分挂钩,找出它们之间相互对应的指标,从而实现 TM 图像记录的光谱信息向洪涝灾情信息的转化。明确了主攻方向后,首先对研究区 1991 年 7 月 14 日过境的 TM 图像(这景图像基本上能反映 7 月 9—10 日最大洪峰过后造成的洪涝灾情状况)进行数值分析,包括统计、打印出直方图和代表性地类的光谱亮度值,分析探索有利于突出水分信息与植被信息的图像应用处理方法。然后对图像进行 K-T 变换,变换得的第二、三分量分别集中了试区的植被信息(称之为绿度分量 G)与水分状况信息(称之为湿度分量 H),并计算试区的植被指数(即 4,3 波段的亮度值之比,记为 V)。基于上述分析计算结果,初选出代表不同水分状况与植被长势的样点,并与前述民政部门规定的灾情等级联系起来,进一步仔细分析各样点在 TM 图像 7 个原始波段上的亮度值、K-T 变换得的第二、三分量以及计算出的植被指数等数据的变化范围与规律,查明各灾情等级与遥感指标之间存在的对应关系(图 5)。

根据上述对应关系,清理代表重灾、中灾(成灾)、轻灾(受灾)、无灾及具有定位意义的居民点等类别的样本,择优去劣,进行必要的合并取舍,甚或重新选取样点,待样本优化定案后,正式开展自动识别分类提取灾情信息。

为了使所有类别包括重、中、轻、无灾以及居民点都能较精确地提取出来,参与识别分类的变量除变换处理计算得的绿度、湿度分量及植被指数外,还应包括 TM 图像的原始亮度值,特别是第 7,4,5,3 等波段不能少。自动识别分类是在我室自行研制的微机图像处理系统上采用 SVD 法分类器^[7]实现的。

自动识别分类结果经检查订正认可后,一方面按像元统计出各类面积,一方面把识别分类图数据记带,然后在彩色成像仪上扫出潜影胶片图像,经冲放后得出 1:10 万洪涝灾情分布图(图版 II 图 6,7),图中深蓝色为积水深的绝产区,浅蓝色为积水浅的重灾区,咖啡色为减产幅度 30—80% 的中灾区,土黄色为减产幅度 < 30% 的轻灾区,红色为居民点和工矿用地。当然也可用彩色喷墨打印或屏幕拍照等办法获得成果图。

从 TM 图像提取的滁河流域洪涝灾情图曾带至野外进行实地验证。水阳江流域的成果图虽未去实地检验,但用当地主管部门运用常规地面调查访问方法编绘的灾情图进行了对照分析。验证对照结果择要叙述如下:

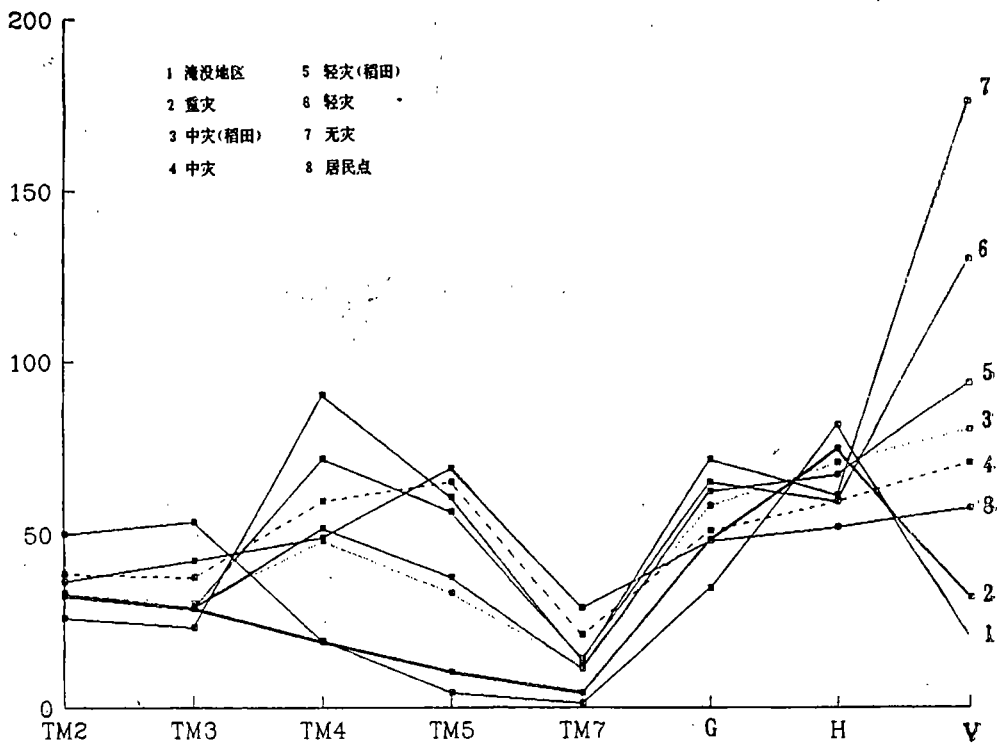


图 5 洪涝灾情与遥感指标的对应关系

Fig. 5 Relationship between the flood damage degrees and criteria of remote sensing

(1) 滁河流域炸堤分洪或自然破堤淹没的 12 个圩区近 66.66 km² 农田全部划为深蓝色积水深的绝产重灾区, 其范围和边界线都准确无误。水阳江流域 6 个自然破堤圩区及部分严重内涝积水、机电排水能力又差的低洼圩田, 也都准确地分为重灾区。

(2) 江苏省六合县的新集圩由 10 余个圩田并联而成, 高程不等, 圩内 13.3km² 低洼耕地被淹没, 稻苗全部冲毁绝收, 图上显示为深蓝色重灾区, 另有近 13km² 稍高地, 未淹或淹水时间短, 作物生长受不同程度影响, 分别划归为中灾与轻灾区, 和实际情况完全一致。

(3) 地处滁河汇入长江入口的龙袍圩和玉带圩, 两个圩区的自然条件一致, 6, 7 月份两次集中的暴雨期间, 虽未破堤, 但都造成了严重内涝积水。可是位于东面的龙袍圩是江苏省著名的土地规划治理与水利建设的先进单位, 田块规则整齐, 灌排渠系配套, 圩周围建有 10 座电力排灌站, 还有一座红山窑骨干站, 圩内田间积水能迅速排除, 作物淹水时间一般不超过两昼夜, 故大部分作物生长仅受轻微影响; 而位于西面的玉带圩, 灌排渠系不配套, 电排能力不强, 圩内田间积水排除缓慢, 以致大部分作物淹死或生长严重受抑, 成为重、中灾区, 这些都在从 TM 图像提取的洪涝灾情图上真实、详细地反映了出来。

(4) 江苏省江浦县星甸圩, 堤坝防洪标准高。但为了保护京沪铁路大动脉, 中央决定炸堤分洪, 全圩淹没, 其中部分渔池的池堤被毁, 部分池堤尚保存完好。这些信息都在成果图上得到了准确、清晰的反映。

(5) 安徽省来安县水口填以南的圩区,形似锅底,内涝积水严重,排水能力又差,圩的中心部位积深水、绝产,外围和边缘部分则水稻长势趋好,也都准确地分别划分为中灾与轻灾区。

(6) 安徽省滁州市周围地势较高,覆盖林木的丘陵山地全部分入深绿色的非灾区。缓丘区种植水稻的冲田,水稻生长基本正常,也全部分入非灾区。部分种植旱作或经济林的岗地,因降雨过多,土壤严重滞水,植物根系呼吸不畅,生长受抑,造成中灾或轻灾,这些也都在成果图上得到了详细而准确的反映。

检验结果表明,本试验发展的从 TM 图像上提取洪涝灾情信息的技术方法,可快速准确地掌握灾情状况,当地领导和群众看后一致认为可信。

四、初步结论

通过上述应用 TM 图像监测与评估林火、虫灾和洪涝灾害的试验实践,可得出如下初步结论:

(1) TM 图像具有丰富的地物信息,其空间分辨力和光谱分辨力一般能够相当详尽地反映林火、虫灾和洪涝灾害等成灾状况与程度,是客观地大范围地评估灾情的先进手段,其优越性是其它方法所不能比拟的。

(2) TM 图像是地面实况的综合记录,灾情信息与其它许多不相关信息并存,有许多因素可能成为精确提取灾情信息的干扰,必须有针对性采取图像应用处理技术,把各种干扰因素的影响排除掉,才能突出所需要的灾情信息。

(3) 资源卫星轨道重复周期较长,对一些发展速度非常迅猛的突发性灾害如林火、洪水来说,其观测频度还嫌不够,必须与气象卫星图像等结合,才能更好地实现实时监测。

(4) TM 没有微波通道,不能穿透云雨,尽管我们初步解决了薄云覆盖区地面信息提取技术,但对厚云及其阴影区仍无能为力。而发生洪涝灾害时,又往往乌云笼罩,大雨如注,在这种恶劣天气条件下,很难得到清晰有用的 TM 图像,因此不能指望依靠 TM 数据来掌握险情,用以指挥抗洪斗争。不过洪峰过后,往往会有晴朗天气,可以获得较满意的 TM 图像。所以,在目前条件下,洪水实时监测应依靠侧视雷达,洪涝灾情评估则可充分发挥 TM 图像的作用。

参 考 文 献

- [1] 王新民,应用 TM 图像实时监测大兴安岭森林火灾,遥感技术动态,(3),1988.
- [2] 戴昌达等,应用 TM 图像探测林火的理论依据与实际效果,遥感技术动态,(3),1988.
- [3] 邵贝恩,大兴安岭森林火灾过火区陆地卫星 TM 图像全景图的制作,遥感技术动态,(3),1988.
- [4] 胡德永等, TM 图像在大兴安岭森林火灾过火区林木恢复监测中的作用,遥感信息,(3),1991.
- [5] R. C. Heller, Remote Sensing to Detect Forest Diseases and Insects, Proc. World Tech. Consult for Dis. Insect, 2nd. New Delli, Rome FAO, pp. 8, 1975.
- [6] R. Caloz, et al., Description of a methodology for Biomass change mapping with the use of landsat TM data, Proceedings of IGARSS'86 Symposium, Vol. III, PP. 1471—1475, 1986.
- [7] 王杰生,遥感图像应用处理中的一个分类新算法,环境遥感,7(2),1992.

The Theory and Practice on Monitoring and Assessment of Forest Fire, Forest Insect and Flood Damage by TM Imagery

Dai Changda Tang Lingli Chen Gang

Lei Liping Wang Jiasheng

(China Remote Sensing Satellite Ground Station)

Abstract

In May 1987, a serious forest fire happened in Daxinanlin Mountains of China. Through theoretical analysis and practical investigation, it was discovered that the IR radiation of forest fire was just within the detecting range of TM band 7 and reached its saturated brightness with strong contrast to surroundings not on burning. This is excellent for flame detection. Furthermore, three visible bands of TM are sensitive to smoke and can be helpful to estimate wind velocity, direction and fire spreading trends. A color composite image of TM 7, 4, 3 designated as R, G, B is of the richest information, in which burning zones appear to be bright red, fire-stricken ground dark brown, fire-free forest green, water body dark blue and smoke light blue floating from the burning area. Rocks, rivers, lakes, farmlands and residential areas can be easily distinguished. Such composite can be most conveniently used to locate the accurate position concerned, to analyze fire spreading trend.

The pine caterpillar has spreaded widely and rapidly in recent years. An experiment study on monitoring caterpillar damage based on TM data was carried out. Through numerical analysis of TM data, a set of TM image processing technique developed accordingly to eliminate the interference and highlight the insect damage information. Finally, calculating and classifying the normalized perpendicular vegetation index provided an effective measure to divide insect damage into three levels. It shows that using TM image to monitor forest insect damage is highly reliable and can meet the requirement of practical utilization in caterpillar prevention and control.

In summer of 1991, the region of Yangtze and Huaihe river suffered a catastrophic flood disaster. TM images provide rich information of flood scope, surface moisture and vegetation growing, on which crop harvest depends. Through numerical analysis and applied processing of TM image acquired on July, 14, five days after flood peak, the components humidity (H), vegetation (V) and other new indices degrees were obtained. After a new supervised classification a map with heavy, moderate, light degrees of disaster, undamaged region and residential spots was achieved as well as each class area. Checking in the field indicated that the results were accurate.

Key words TM image Disaster monitoring Image applied processing

Damage by TM Imagery

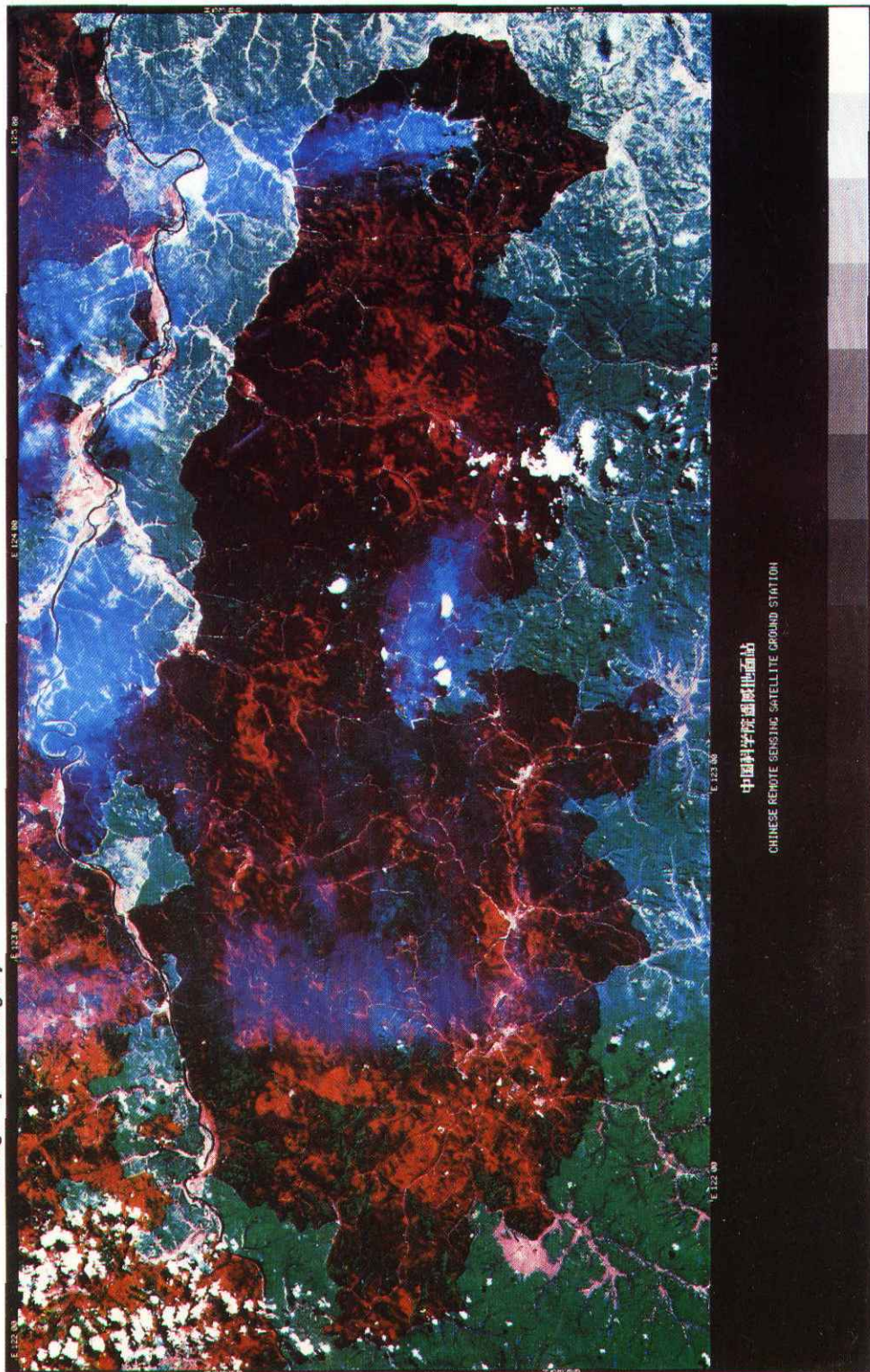


图2 相邻三条轨道TM图像数字镶嵌成的大兴安岭过火区影像图

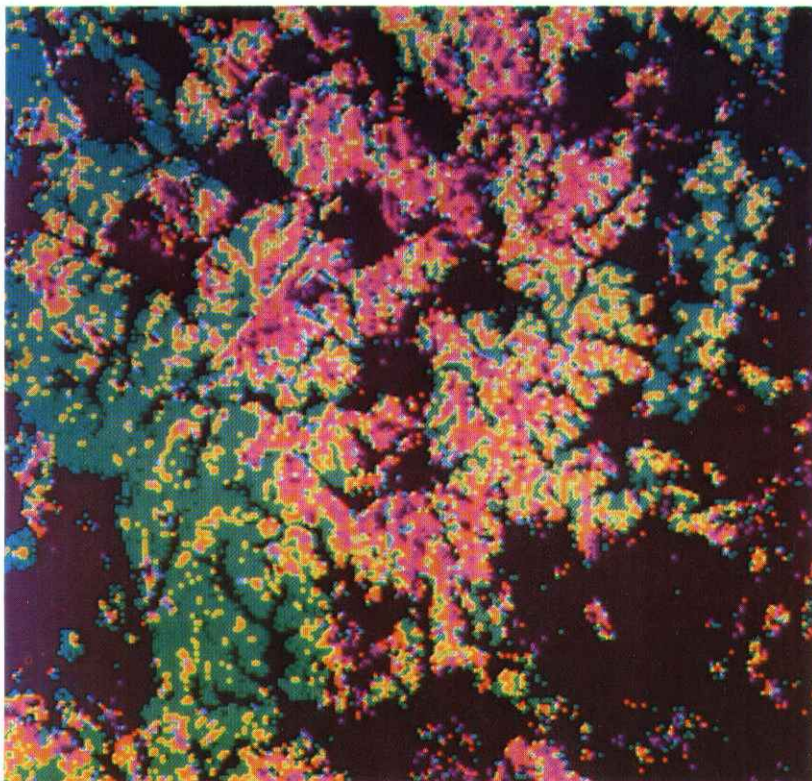


图4 从TM图像自动识别提取出的孤山林场松毛虫害图

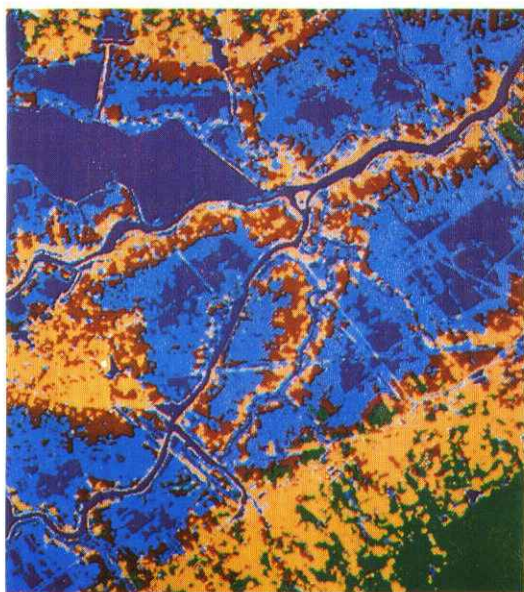


图6 从TM图像自动识别提取出的
滁河流域西段洪涝灾情图

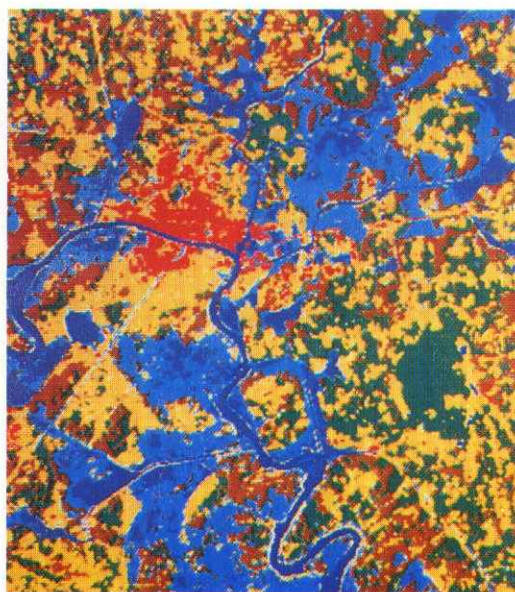


图7 从TM图像自动识别提取出的
滁河流域东段洪涝灾情图