

遥感与地理信息系统对资源利用 热点地区的初步应用 ——以印度北部山地小流域为例

杨雪飞¹, 许建初¹, P. K. Joshi², P. S. Roy², K. K. Das²

(1.中国科学院 昆明植物研究所, 云南 昆明 650204; 2.印度遥感研究所, 印度 台拉登)

摘要: 资源利用与资源退化在时间及空间领域上的表现有所分异。识别出那些受人为干扰严重且易于发生资源退化的区域(资源利用的热点地区), 对这些区域给予重视并采取特殊的管理机制以避免资源的进一步退化和环境的恶化, 对资源的可持续利用具有重要的现实意义。论文以印度北部山地小流域的研究为例, 根据当地实际情况, 选取4个参数作为评价指标, 即资源利用的重要性、资源的需求程度、资源利用的可获取性以及人类活动造成的景观生态学的干扰指数, 利用遥感技术和地理信息系统对资源利用热点地区的识别进行了初步探讨。通过研究, 将该流域划分为3种区域, 即高度敏感区、中度敏感区和低敏感区, 分别体现了不同的资源退化在空间上的分布。

关键词: 资源利用热点地区; 地理信息系统与遥感; 山地小流域

中图分类号: TP79

文献标识码: A

文章编号: 1000-3037(2003)03-0368-07

1 前言

遥感与地理信息系统已逐渐成为自然资源管理学科中新兴的研究手段。凭借遥感技术, 人们可以获取频繁、准确并携带各种信息的空间数据来了解资源的现状与发展动态。在地理信息系统的帮助下, 人们可以存贮、显示、操纵、分析这些数据^[1,2], 甚至相应地发展一些模型, 为资源调查、资源管理服务。最为重要的是遥感与地理信息系统的结合为资源学研究者提供了一个广阔的空间来研究在不同的时间与空间尺度下, 人类干扰与自然系统之间相互作用所形成的复杂的变化模式^[3], 为各种信息的综合运用提供了一个平台。目前遥感与地理信息系统在自然资源管理中的应用概括起来主要有三方面: 一是制作资源分布图和资源清查, 例如森林资源清查^[4,5]; 二是自然资源的监测与评估^[6]; 三是环境模型^[7,8]包括对客观现象和规律的模拟^[9,10]及对未来事件的预测。

世界正面临人口增长、环境退化与资源枯竭的矛盾。增长的人口带来的过度利用已经造成世界绝大部分的资源退化^[11]。于是, 人们开始探索高效而可持续的资源利用、资源管理方式。要达到资源的可持续利用, 资源的空间分布及其随时间变化的知识和信息就必不可少^[12,13]。由于自然地理、社会经济、人群与政策及时间与区域上的差异, 使资源利用与资源退化在时间及空间领域上的表现有所分异。识别出那些受人为干扰严重且易于发生资源退化的区域(资源利用的热点地区), 对这些区域给予重视并采取特殊的管理机制以避免资源的进一步退化和环境的恶化, 对资源的可持续利用具有重要的现实意义。

要研究资源利用的关键区, 我们必须了解决定资源利用的因素。资源利用受资源的客观状况(如资源的种类、数量、分布及其变化等)及使用者的情况(如人口数量、人口质量、人对

收稿日期: 2002-07-19; 修订日期: 2002-10-30。

基金项目: 中国科学院昆明植物研究所及印度遥感研究所资助项目。

第一作者简介: 杨雪飞(1976~), 女, 云南昆明人, 硕士研究生, 主要从事民族植物学及遥感与地理信息系统在资源管理中的应用研究工作。

资源的使用目的、使用技术、管理方式等)的共同影响。同时,自然环境与人文环境也从不同的角度决定着资源的利用。最为典型的是人类社会的基础设施建设对资源利用的促进,例如森林资源的大量开发是伴随着道路的修建而进行的。自然地理对资源利用的影响在于地形地势、气候条件等的差异造成资源利用的难易程度及利用成本的不同。地势平坦的地方,资源利用程度就比地势险峻的地方高。因此,本文以遥感与地理信息系统为手段,结合野外实地调查的信息,选取了资源的重要性、资源的需求程度、资源的可获取性和干扰指数为指标,对印度北部山地 Pali Gad 小流域资源利用热点地区的划分作了初步研究。但是,资源利用是复杂的人类社会系统与庞大的自然系统相互作用的结果,其作用机制是复杂而难于被全面认识的,需要更多的研究才能使其逐渐完善。

2 研究点的基本情况

研究点 Pali Gad 小流域($30^{\circ}29'N\sim30^{\circ}35'N$, $78^{\circ}07'E\sim78^{\circ}13'E$)位于印度北部喜马拉雅山脉脚下的乌特兰恰邦,是印度亚姆娜河上游的一个分支流域(图1)。流域总面积约为 60km^2 ,海拔在 $1\,160\sim3\,020\text{m}$ 之间,流域内地形复杂、地势陡峭。

它位于亚热带与温带(海拔高于 $2\,000\text{m}$)之间,年平均降水量为 $2\,023\text{mm}$,月平均温度在 $6\sim19.8^{\circ}\text{C}$ 。一年中有3个明显的季节,即雨季(7月到9月)、冬季(10月初到4月)和夏季(4月中旬到6月底)。

该流域以森林生态系统为主,森林覆盖率为 62.7% ,流域内人均植被拥有量为 0.651hm^2 。植被多为橡树、松树、喜马拉雅雪杉或喜马拉雅雪杉混交林。在海拔相对较高的地方分布着高山草甸。灌木及草场多见于低海拔。人口增长以及养殖业的发展已使得研究区内的植被遭受人为活动的严重干扰^[14]。

该流域地处印度经济发展的落后区,人口约为 $5\,150$ 人(1991年),大部分处于贫困状态。由于生活在山地,当地人对山地生态系统中自然资源的依赖程度很高。流域内资源利用是以自给自足的山地农业为主,家庭养殖业为辅,长期以来形成耕地—牲口—森林及草场的资源利用模式。农作物主要有小麦、谷类、土豆、豆类及粟类等。饲养的牲口大多为产奶与用于劳作的动物,是当地维持生计的重要资源。牲畜在当地有着重要的意义:一是财富的象征,牲畜越多表示越富有;二是因为当地的农业还维持着一种很保守的传统耕作方式,牲畜对传统耕作的作用显得尤其重要,是人类劳动力的延伸;三是在当地的生活中有大量食用乳制品的习惯,如奶茶、酸奶和乳酪等;四,越来越多的人饲养大量产奶牲畜以出售奶制品。牲畜的饲料来源为橡树的枝叶及高山草料,饲料的采集对自然生态系统的影响很大。随着印度人口的飞速剧增,研究点所增长的人口给当地的自然资源带来了不小的压力。据有关资料显示,研究点所在的行政区,人均耕地占有量从1880年的 0.3hm^2 下降到1980年 0.1hm^2 。同时,人均森林占有量从 1.8hm^2 降到不足 0.4hm^2 ^[15]。在同样的压力下,饲料及薪材的采集便成了当地最主要的、直接导致森林退化和生态环境恶化的人为因素。

3 研究材料及研究方法

本研究采用综合性的交叉研究方法,涉及资源科学、遥感与地理信息系统科学、景观生态学及社会学等多方面学科。数据来源多种多样,有卫星数据产品,有对地形图抽提而来的



图1 研究点的位置示意图

Fig.1 Location of the study area

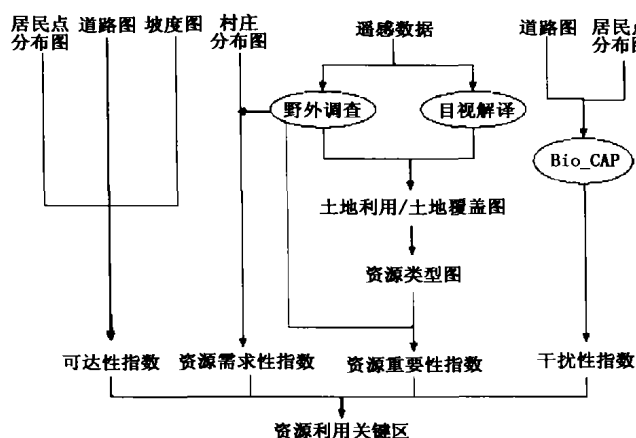


图2 研究流程图

Fig.2 Flow chart of the study

各类专题图,有从统计部门收集来的社会经济数据,也有通过实地调查而来的资源利用情况。对于这些来源不同的数据处理方法与手段也各不相同,最终目的是将所需的信息属性化和空间化以便进行分析(图2)。

地理信息系统所需的基础图件是根据印度测绘局(Survey of India)发行的地形图在 ARC/INFO 的 ARCEDIT 模块下数字化抽提而来。包括小流域边界、村庄边界、等高线、水系、道路、居民点等图件,另外,再由等高线衍生出坡度图。本研究中所使用的坐标投影系统为 UTM。

印度资源遥感卫星 IRS-1D 的多光谱扫描仪 LISS-III, 包含波段 (单位 μm): 0.52~0.59; 0.62~0.68; 0.77~0.86 和 1.55~1.70, 空间分辨率为 23.5m。IRS-1D

全色扫描仪 PAN (0.5~0.75 μm) 空间分辨率为 5.8m。为了同时获取 LISS-III 的多光谱特性及 PAN 高空间分辨率的优点, 本研究使用高性能微机为支持平台, 运用 ERDAS 软件, 对 1999-11-13 的 IRS-1D LISS-III (图3) 以及 IRS-1D PAN (图4) 数据分别进行相应的辐射与空间几何校正及研究区域抽提等处理后将二者融合 (图5), 并采用屏幕数字化目视解译技术对遥感图像进行判读, 制作出土地利用/土地覆盖图。

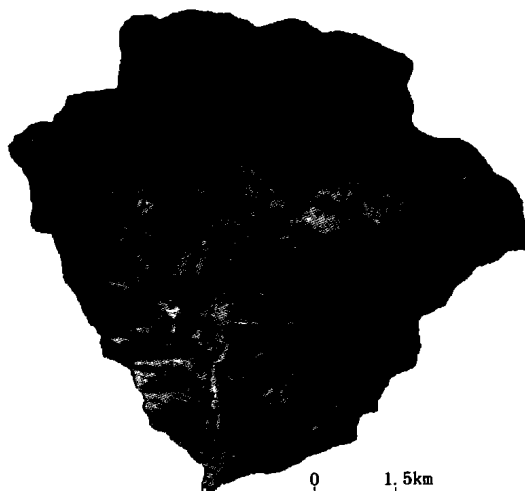


图3 IRS-1D 多光谱影像

Fig.3 IRS-1D LISS III image

传感器: LISS III 轨道/行: 96/49

时间: 1999年11月13日 波段组合: 近红外、红、绿

空间分辨率: 3.5 m

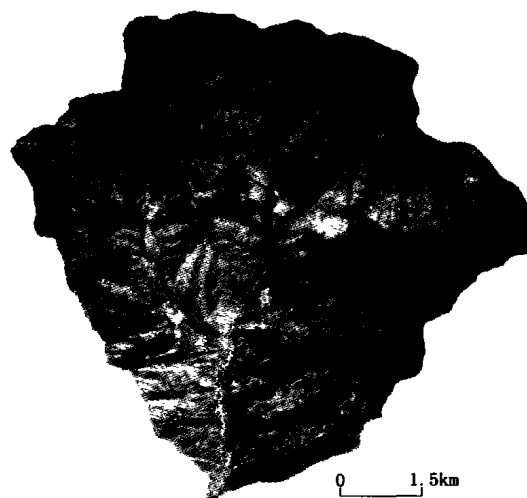


图4 IRS-1D 全色影像

Fig.4 IRS-1D panchromatic image

传感器: PAN 轨道/行: 96/49

时间: 1999年11月13日 波段组合: 全色

空间分辨率: 5.8 m

同时, 将从统计部门及野外实地考察所得来的社会经济及资源利用状况信息录入微软的 Excel 下做统计分析与运算, 通过数据格式转换为 ARC/INFO 所支持的 info 文件并附到各村庄的属性表中, 以待进一步空间分析。

4 对资源利用热点地区的评价

资源利用受自然环境与人类社会系统的共同制约。不同的资源有不同的重要性。这主要取决于人们的生活方式、价值体系等人文因素。其次,资源利用程度受需求的影响,需求大利用程度相应增高;反之则减小。同时,由于山地环境的复杂性,导致资源利用受地形地势、交通条件的限制。例如,坡度平缓的地方资源利用较坡度陡峭的地方容易;离道路近的地方资源利用程度高于远的地方。另外,景观的干扰程度也是资源利用关键区划分的重要影响因素。自然干扰与人为干扰使资源的分布破碎度、斑块化程度增高。为了综合考虑评估自然因素与人文因素对资源利用的影响,本文选取资源的重要性、资源的需求程度及资源的可获取性和干扰指数为指标,对资源利用热点地区进行建模分析(式1)。

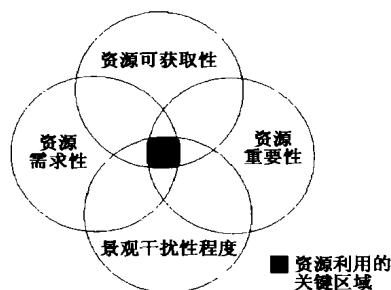


图6 资源利用关键区

Fig.6 Critical area of the resources

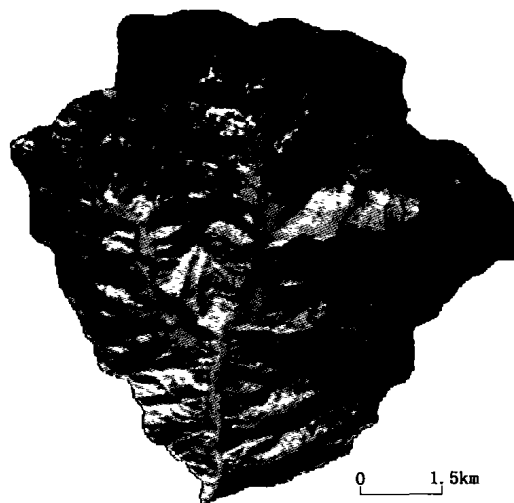


图5 IRS-1D 多光谱与全色影像的融合

Fig.5 The merged image of LISS III and PAN

$$CI = W_1 \times LDI + W_2 \times RII + W_3 \times PAI + W_4 \times RRI \quad (1)$$

式中, CI :关键性指数; LDI :景观生态学干扰指数; RII :资源重要性指数; PAI :资源可获取性指数; RRI :资源需求性指数; W_i :权重。

对资源利用热点地区的评价基于各分量相累加的结果,用关键性指数作为衡量的标尺,其数值的大小代表资源利用的强度及潜在的资源利用压力大小, CI 值越大,说明资源利用强度高,资源利用的压力大;反之资源利用强度低,资源利用压力小。

4.1 对资源重要性的评价

不同的资源对于有相同价值体系的人而言有着不相等的重要性。而同种资源的价值在不同的人群中也会有差异。因此,对资源重要性的判断要结合实际情况进行。通过野外实地考察发现,本研究点人们对森林及草地的依赖性程度较高,因此,这些资源的重要性指数最高。同时,根据当地人的判别,分别对不同资源进行重要性分级打分(表1)并制成资源重要性分布图。

4.2 对资源需求的评价

综合考察本流域中的资源利用状况,饲料及薪柴的采集对当地自然生态系统的影响最大,于是选取这两项为资源需求的指标参数进行评估。野外采用随机抽样和问卷的方式对该流域的枝叶饲料、草料和薪柴的需求量分别进行调查,计算各村的日均生物需求量,并通过分级打分(表2)制成资源需求分布图。

4.3 对资源可获取性的评价

对资源可获取性的评价主要考虑地形地势的复杂程度及资源与道路和居民点的临接性。地形地势的复杂程度以坡度为指标,坡度越陡地形越复杂,资源获取越困难;同时,资源可获取性与道路及居民点远近也密切相关,距离越远,可获取程度越低。最后,根据野外调查经验对坡度、资源与道路

表1 资源的重要性评价

Table 1 Resources importance evaluation

资源类型	重要性指数
橡树林	3
松树林	2
灌丛及草地	3
雪杉林	1
阔叶混交林	2
农业用地	1

注:数字大表示重要性程度高。在此着重考虑的是自然生态系统中的资源。因此农业生态系统中的农业用地被赋予较低的值。

表2 资源需求评价
Table 2 Resources requirement evaluation

生物需求量 (kg/人/d)	资源需求指数
1.2~4.3	1
4.3~6.4	2
6.4~9.8	3

注:数字大表示需求程度高。

的临接性、资源与居民点的临接性分别给予不同的权重,对资源的可获取性进行综合评估(式2、表3)。

$$PAI = 0.5 \times SI + 0.25 \times SBI + 0.25 \times RBI \quad (2)$$

式中, PAI :可获取性指数; SI :坡度指数; SBI :居民点缓冲指数; RBI :道路缓冲指数。

4.4 景观生态学的干扰程度评价

干扰指数是景观生态学中评价人类活动对自然环境干扰的一个指标,它综合考虑生境破碎程度、生境斑块化程度、散布特征、临接性、生物干扰等因素^[16]。本研究采用印度遥感研究所(IIRS)开发研制、专门分析景观生态学的Bio_CAP软件,以土地利用/土地覆盖、居民点、道路为输入底图计算该流域的干扰指数。

5 结果与讨论

通过遥感和地理信息系统的建模研究,该小流域被划分为3种主要的资源利用热点地区(图7),即高度敏感区、中度敏感区及低度敏感区。高度敏感区占流域面积的27%(16.14km²),中度敏感区占50%(29.89 km²),低度敏感区占23%(13.75km²)。模型分析出来的高度敏感区在现实情况中主要体现为退化的橡树林和草地,并且多集中于居民区附近和地势较为平坦的地方。由于资源比较容易接近和采集,其利用强度较大,有的地方资源量已很少甚至接近枯竭,最为明显的是橡树林的变化。由于畜牧业是当地主要的生计方式,每个农户都会饲养尽量多的牲口,而橡树枝叶被当地人认为是最佳的饲料,一年中的大部分时间都靠采集橡树枝叶喂养牲口,只有到雨季才采集草料。根据调查分析,当地对枝叶饲料的需求量是3.87kg/头/d(假设不同的牲畜对饲料的需求量相当),对草料的需求量是2.64kg/头/d,对烧

表3 资源可获取性的评价指标

Table 3 Evaluation indicators for resources availability

参数	指标	指数	权重
坡度	<15°	5	0.5
	15~30°	5	
	>30°	1	
居民点缓冲区	<250 m	5	0.25
	250~500m	3	
	>500m	1	
道路缓冲区	<200 m	5	0.25
	200~500m	3	
	>500m	1	

注:指数大表示可获取性高。

柴的需求量是1.52kg/人/d。整个流域每天消耗近11.56t的橡树枝叶,9.63t的草料和10.03t的薪柴。笔者虽然没有生物生长量的研究统计,不能精确评估该流域的资源供求关系,但当地世代生活的居民都亲历橡树林面积的减小和退化。橡树林是该流域内最主要的土地覆盖类型(占50.8%)和重要的森林生态系统,它不仅是流域内所有居民赖以生存的物质基础,也为流域内的水土保持、气候调节等发挥重要作用。但是,一方面橡树林的面积在持续减少;另一方面,由于过度频繁的枝叶采集,很多橡树都不能健康生长,有的已经开始枯萎,不再萌发新枝。与此相伴的是自然环境的恶化,当地居民开始抱怨由于森林覆盖的减少,很容易发生自然灾害。比如,风比原来强劲,影响庄稼的生长和收成;土地也越来越干旱贫瘠。

与此相反的是,低度关键区则分布于高海

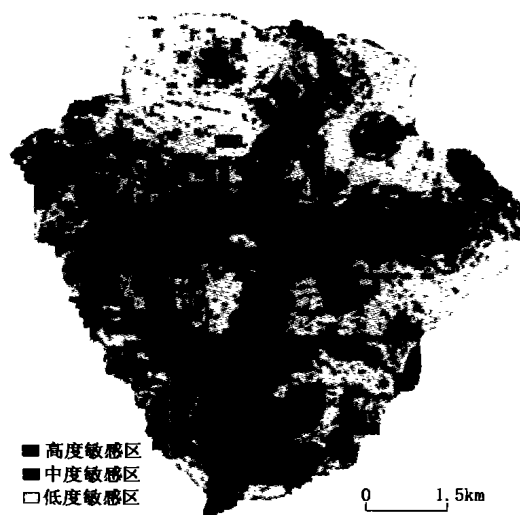


图7 资源利用热点地区分布

Fig.7 Critical area distribution map of resources utilization

拔及地形地势复杂、人迹罕至的区域和那些即使距居民点很近,但不为人利用的雪杉林区域。在这些地方,森林植被基本保持自然生态系统状态,受人为干扰较少。

中度关键区则介于上述两者之间,值得注意的是,这些区域有极大的潜在资源利用压力。由于高度关键区内资源量的日趋减少,而人们对资源的需求量不但没有减少,反而有增加的趋势,这就导致人们对资源的利用向更远的空间扩展,同时加重了当地人的体力劳动。调查中发现,人们要花越来越多的时间与人力去更远的地方采集饲料,最远的一个来回要走近 10km 的山路。

从上述的研究中可以发现,资源的利用和退化存在空间上的差异性。这种差异是自然环境和人文环境共同作用的结果。借助遥感和地理信息系统,可以综合考虑这两者之间对资源利用的影响;同时,资源利用热点地区的识别可以为资源管理者提供极有价值的信息,在此基础上,针对不同的区域采取相应的资源利用与管理方法,以达到科学合理的资源可持续利用。我国现有经济发展模式仍以消耗大量自然资源为主,资源退化程度及频率较高,这就需要在今后的研究中不断监测资源的动态变化,掌握变化的驱动因素,识别资源退化的热点地区,并采取相应的措施及时治理及制止这些区域的进一步恶化。

决定资源利用热点地区的因素远远超过本文所提及的几个,而且不同的区域有各异的表现形式,本研究仅是对一种新思路、新方法的探索尝试,整个研究思路研究方法还有待于进一步完善。

参考文献 (References):

- [1] DOE. Handling geographic information[R]. London: HMSO, 1987.
- [2] Goodchild M F. Integrating GIS and remote sensing for vegetation analysis and modeling [J]. *Journal of Vegetation Science*, 1994, 5: 615-626.
- [3] Turner M G, R H Gardner. Quantitative Methods in Landscape Ecology. The Analysis and Interpretation of Landscape Heterogeneity. Ecological Studies Series[M]. New York: Springer Verlag, 1991.
- [4] S K Bhan. Remote Sensing and GIS for Natural Resources Mapping and Inventory[A]. Trends in Geoinformatics Technology and Applications-international conference on Geoinformatics for natural resources assessment, monitoring and management [C]. Dehra Dun, India: 1999.
- [5] Robert Aguma, Yousif All Hussin. The use of Remote Sensing and GIS to Support Sustainable Management of Tropical Forest in East Kalimantan, Indonesia [DB/OL]. <http://www.gisdevelopment.net/application/environment/c...16/9/2002>.
- [6] Upik Rosalina Wasrin. Tree II-Tropical Forest Assessment in Indonesia [C]. Forest Cover Assessment in Asia: Proceeding of the International Workshop on Asian Forest Cover Assessment & Conservation Issue. Dehra Dun, India: 2002.
- [7] A K Bregt, A K Skidmore, G Nieuwenhuis. Environmental Modeling: issues and discussion. Environmental modeling with GIS and remote sensing. London: Taylor & Francis, 2002.
- [8] Bregt A K, Bulens J D. Integration GIS and process models for land resource planning [R]. Land information systems: developments for planning the sustainable use of land resources. European Soil Bureau, Joint Research Centre-Ispra-Italy publication, 1998.
- [9] Carlson D H, et al. Biophysical simulation models as a foundation of decision support systems[J]. *Decision Support Systems for the Management of Grazing Lands*, MAB Series Vol. II, UNESCO. 1993.
- [10] Affif M T. Environmental risk Zoning in the Sukabumi area, west Java, Indonesia[D]. MSc. Thesis. ITC, Enschede, The Netherlands: ITC, 1991.
- [11] FAO. Tropical Forestry Action Plan [R]. Rome: FAO, UN, 1985.
- [12] Young A. Land resources, now and for the future[M]. UK: Cambridge University Press, 1998.
- [13] FAO, UNEP. The future of our land: facing the challenge. Guidelines for integrated project management of land resources [R]. Rome: FAO, 1999.
- [14] Pradeep Man Tulachan. Livestock in mixed farming systems of the Hindukush-Himalayas [DB/OL]. <http://www.fao.org/docrep/x5862e/x5862e00.htm>. 2001.

- [15] Ives J D, B Messerli. The Himalayan Dilemma Reconciling Development and Conservation [M]. London and New York: Rutledge, 1989.
- [16] Subrat Sharma L, M S Palni, P S Roy. Analysis of Fragmentation and Anthropogenic Disturbances in the Himalayan Forests: Use of Remote Sensing and GIS [J/OL]. <http://www.gisdevelopment.net/aars/acrs/2000/ts6/fore0004.shtml>, 2000.

Mapping critical areas of resources using RS & GIS —— a case study on a micro-watershed in northern part of India

YANG Xue-fei¹, XU Jian-chu¹, P. K. Joshi², P. S. Roy², K. K. Das²

(1. Kunming Institute of Botany, CAS, Kunming 650204, China; 2. India Institute of Remote Sensing, Dhera Dun, India)

Abstract: Resource utilization and resource degradation varies with changes in spatial and temporal characteristics of resources. It is important in resource management to identify areas which are prone to degradation (hot-spots of resource utilization), and to apply specific management to such areas accordingly, in order to prevent resources and environment degradation. The present study is a pilot project carried out at a micro-watershed in northern India to exploit the method of mapping the hot-spots of the resource utilization. Four parameters are considered practically as the major factors, viz. importance of the resource, resource requirement, resource accessibility and disturbance index. GIS and RS are employed for the spatial analyses. As a result, the study area is divided into three hot-spot resource utilization zones: high critical area, medium critical area and low critical area. These reflect spatial differences of resources utilization and resources degradation from high to low respectively.

Kew words: resources utilization; hotspots; GIS & RS; montane micro-watershed