

西双版纳自然保护区

地理信息系统的应用

Application of GIS Technique
in Xishuangbanna Nature Reserve

第1集 No. 1

西南林学院 遥感与信息系统研究所
西双版纳国家级自然保护区管理局
世界自然基金会

Institute of Remote Sensing & GIS, Southwest Forestry College
Xishuangbanna Administrative Bureau of National Nature Reserves
World wide Fund for Nature (WWF)

中国·昆明
Kunming, China

1995

目 录

1. 序 言	1
2. 保护热带雨林, 发展 GIS	2
3. GIS 技术在混农林业土地利用规划中的应用	4
4. 亚洲象 (<i>Elephas maximus Linnaeus</i>) 生境评价	11
5. 利用航片和 GIS 在西双版纳自然保护区进行河岸土壤侵蚀的测定	19
6. 利用航空象片和 GIS 测定西双版纳山地土壤的侵蚀	25
7. 应用 GIS 进行西双版纳自然保护区乡村持续发展研究	34
8. 附 录	40

Contents

1. Preface	42
2. Developing GIS, Protecting Rain Forest	43
3. Application of GIS Technique on Landuse Planning in Agroforestry	45
4. Evaluation of Asian Elephant Habitat	52
5. Erosion Hazard Determination With Aerial Photography and GIS in Riparian Zones in Xishuangbanna Reserve, Yunnan, P. R. China	58
6. Erosion Hazard Determination With Aerial Photography and GIS in Mountain Zones in Xishuangbanna reserve, Yunnan, P. R. China	61
7. A Study on Village Sustained Development by using GIS in Xishuangbanna Nature reserve	64
8. Appendix	65

序 言

地理信息系统 (GIS) 当应用于实践中的时候, 可降低成本, 且有助于协调长期按其他方式进行的野外的经营管理的任务。

对于肥力急剧退化的农地急需采用农用林业生态系统。特别是在西双版纳澜沧江流域。该地区在可耕地减少的情况下还在进行刀耕火种。

在最近的 30 年, 西双版纳人口在增加, 以前兼容的刀耕火种不能采用了。土壤是很宝贵的, 如果不力求固定耕地并利用有机肥耕作增加生产力, 那么土壤仍在流失。

GIS 在防止土壤侵蚀中起着很大的作用。应用 GIS 选择属性时, 识别实用参数实施农用林业是很重要的。其基本属性有土地利用类型和模式, 山坡的陡度, 植被的类型, 河流和流域范围, 公路、小径和村庄。有些地区也将要勾绘出野生动物诸如濒危的亚洲象的生境图。图上勾绘出使用范围, 而后调整农村农作物的顺序, 有利于减少动物对农作物的危害。

通过 GIS 野外应用可重点适应土壤侵蚀危险性以及生产潜力的基础。这些有关信息成为农用林业长、短期发展规划的资金和人员计划的基础。如果没有系统的解决问题的前期基础, 而要完成任务就会由于工作不协调造成资金和人力浪费。

西双版纳农用林业活动, 由于西南林学院、自然保护区专业人员的协作训练充实了 GIS 的工作知识, 而提供了一个良好的机会。

GIS 和农用林业的实际执行, 可为中国在农业生产的稳产高产方面起着重要的作用。

世界自然基金会

西双版纳农用林业发展项目

顾问 哈罗德·瓦德里

保护热带雨林，发展 GIS

李芝喜 陆 锋 李红春 甘 淑

(西南林学院)

1. 建立热带雨林 GIS 的目的及任务

1992 年联合国在巴西召开的环境与发展大会通过了《21 世纪议程》和《生物多样性公约》。云南西双版纳由于特殊的地理位置，成为地球上最北端的热带雨林，北回归线上唯一的绿洲，是生物多样性的荟萃地。整个云南省有动植物王国之称，而西双版纳则是动植物王国的一颗明珠。为了保护生物多样性，保护好热带雨林，特建立了西双版纳自然保护区。自然保护区是长期保存物种、遗传资源和生态系统的自然空间，也就是保存基因、繁衍濒危生物物种、探索合理利用生物多样性的基地。

目前，西双版纳热带雨林自然保护区在健全机构的基础上开展了一些单项调查工作。例如，动植物名录调查，利用卫星遥感编制了 1/20 万的森林植被图，等等。但是为了强化热带林的管理保护工作，其中生态环境需要在静态描述向动态监测转移；生物资源由定性分析向定量分析发展；生物多样性由现状描述向科学分析过渡；热带林保护由单项研究向综合分析发展，等等。为此，需要建立热带雨林保护的 GIS。根据联合国教科文组织的人和生物圈机构的官员们对西双版纳热带雨林的考察认为：西双版纳热带雨林保护有许多重要的工作急待进行，但当务之急，要优先建立 GIS。为此我们在世界自然基金会(WWF)的资助下，其中包括哈罗德·瓦德里先生主持的 Agroforestry 项目，即 Agroforestry GIS。

2. 建立西双版纳热带雨林 GIS 的方案

西双版纳热带雨林的保护工作，包括两个方面的内容，其一是自然保护区自身的保护和发展；其二是协调人与自然的关系，防止周围居民对保护区的干扰。为此，GIS 分为两个技术系列，即自然保护的 GIS 和周围乡村的 GIS。

(1) 自然保护区的 GIS

西双版纳全州有 5 个自然保护区，考虑了经营管理的需要，其数据层包括：森林植被、土地利用、野生动物、地形、土壤、道路、电力线、人口、年均收入、文化水平等 10 个信息层。但分析应用部分，则各有侧重，比如勐养自然保护区经营方向是在保护好热带雨林及亚洲象的提前下发展森林旅游，其中包括对航空护林防火飞机的巡航线规划和地面人员巡逻路线的设计，亚洲象栖息环境的分类和评价，观象台、鸟岭、猴坡、蝴蝶谷等景点的保护设计等。又比如勐腊自然保护区是龙脑香科望天树等珍稀林木的集中地，所以，保护珍稀濒危热带树种是主攻方向，森林防火规划，亚洲象栖息环境的整治作为重点内容。此外，现有的空中走廊望天树等景点，拟作为定位观测点进行长期记录。总之，各自然保护区的有关项目拟作出相应的基本图、规划图、专题图、编制相应的经营方案。

(2) 乡村 GIS

全州 5 个自然保护区周围分布有许多居民点。为了协调人与自然的关系，为了防止居民盗伐和偷猎珍稀动植物，为了防止居民对自然保护区的干扰，其主要对策就是开展农用林业(Agroforestry)，建立生态村。其中现有航空象片地区作为第一批生态村，无新航空象片地区，拟于年内

进行大比例尺红外彩色航空摄影。乡村 GIS，其目标有三个方面：第一，增加生态村及周围的森林植被覆盖率；第二，增加经济收入；第三，增加土壤肥力。所以，其信息层对土壤，现有作物和经济林木分布较侧重。其成果提供 1/1 万的基本图、固氮树种配置图、多种经营规划图和经营方案。

3. 目前的研究实例

由于我们是工作站 ARC/INFO 的新用户，我们在自然保护区系列中，仅完成了勐养自然保护区的 GIS 的建立，其他专项研究有待开发。有的自然保护区信息源不足，拟将今冬进行彩红外大比例尺的航空摄影，之后再进行建库和分析应用。在乡村 GIS 系列中，已经进行了中田坝、八家寨等 15 个村的建库工作，并已在现场进行了设计和施工。其中中田坝生态村已基本建成，在保护好热带林的基础上，种植固氮树种，多种经营，农民的年均收入有了大幅度的提高。其他的试点村，正在开展信息源的调查检验工作。总的来说，我们的 GIS 工作刚刚开始，今后的工作任务还很重，需要各方面的帮助。但我们有信心在发展 GIS，保护人类遗产—热带雨林方面作出我们应有的贡献。

GIS 技术在混农林业土地利用规划中的应用

李芝喜 陆 锋 李红春

(西南林学院遥感与信息系统研究所)

摘 要

本文详细叙述了利用 GIS 技术,结合航片判读与野外调查,进行土地利用规划的方法。在研究过程中选取西双版纳勐养自然保护区作为试验区,取得了令人满意的结果。

关键词

混农林业 土地利用规划 GIS ARC/INFO 航片判读 外业调查 数据库
空间叠加 地形特征 社会经济状况

1. 前 言

保护热带林的意义是不言而喻的。作为地球上热带雨林最北的分布区域,生物多样性的荟萃之地,中国的西双版纳一直受到举世的瞩目。目前,随着市场经济的发展和人口的迅速增长,经济建设与热带林保护之间的矛盾也越来越尖锐。传统的刀耕火种种植方式已经将全州 40% 以上的土地变成荒地或半荒地。据估计,在西双版纳,每年约有 7000~10000 公顷的森林因刀耕火种而消失,而本区的烧柴需求每年又将耗去 6000 公顷的森林。这等于该区建设和商业用材的 40 倍。另外,西双版纳是中国重要的橡胶基地,而橡胶加工需要耗费大量的能源。但对于缺煤的西双版纳只好以砍伐热带森林来提供能源,生产一吨橡胶需耗柴两吨。目前的形势十分严峻,热带林保护面临着新的挑战。

在西双版纳保护区境内及周边范围分布着 200 多个乡村,这些乡村的农业经济状况直接影响着保护区的保护、生存与发展。在具有人活动的、乡村影响下的保护区范围内,若避开乡村的持续发展而谈保护区的保护与发展是一句空话,也是很切合实际的想法。因此,开展对保护区范围内及保护区周边乡村的持续发展研究是非常必要的,也是很迫切的。

作为一种有效的土地利用方式,混农林业正在世界范围内引起广泛的关注。1993 年,世界自然基金会(WWF),西南林学院及西双版纳国家级自然保护区管理局开始在自然保护区内部及周边的村寨中联合开展混农林业项目(WWF 项目号为 CN0010)。本项目的目标为调整作物结构,优化土地利用方案,以持续的方式稳定薪炭林及粮食生产,以达到提高土壤肥力,减少刀耕火种活动,防止水土流失,增加森林覆盖率,增加农民收入,逐步将这些村寨建成生态村的目的。

开展混农林业需要很多与地理相关的信息。如何有效地采集、管理、处理和分析这些信息,来指导混农林业的决策?显然,需要开展地理信息系统 GIS 的研究。

由于在处理与分析和地理相关的数据中所表现出的强大的功能,GIS 技术已被广泛应用于自然资源管理、土地利用规划、环境监测、交通管理、市政建设等领域,前景日益广阔。

注:参加该项目的还有 WWF 的 Harold Wadley 博士,Helga Duhou 工程师,WWF 云南省代表杨元昌教授,西双版纳国家级自然保护区管理局的郭贤明,赵建伟工程师等,另外,保护区管理局的有关领导也给予了大力支持与帮助,在此一并致谢。

在中国, GIS 技术在林业上的应用还处于初级阶段, 但发展很快, 已经取得了很多有价值的成果。

这篇文章提出了利用 GIS 通用软件工具—ARC/INFO, 结合航片判读及外业调查, 进行基于混农林业的土地利用规划的具体方法。

2. 试验区概况

勐养自然保护区位于中国西南边陲的西双版纳傣族自治州内, 介于东经 $100^{\circ}35'$ ~ $101^{\circ}18'$, 北纬 $22^{\circ}5'$ ~ $22^{\circ}20'$ 之间。面积约为 118,400 公顷, 是西双版纳五个国家级自然保护区中面积最大的一个。东西各以小黑江、澜沧江为界。海拔跨度为 600~1600 米。区内河流纵横交错, 水资源非常丰富, 主要河流有小黑江、澜沧江及其支流动养河、龙山河、南新河、普文河等。红壤为主要的土壤类型。

此区属于北热带和南亚热带季风气候, 兼有大陆性和海洋性气候的特点, 四季无显著差别, 但干湿季明显。年平均温度 21.8°C 。最热月平均温度 25.7°C , 最冷月平均温度 15.7°C 。湿度较大, 年平均相对湿度 81% ~ 87% 。森林植被主要为沟谷雨林、南亚热带季风常绿阔叶林、山地雨林、季雨林、季节性雨林。结构非常复杂。

保护内有村寨四十余个, 居住着傣、汉、布朗、基诺等民族。其中傣族占 70% 左右。他们大多以水稻、玉米为主要农作物。经济作物主要有: 橡胶、香蕉、芒果、砂仁、茶叶等。

3. 实验设备与数据源

3.1 实验设备

- a. Sun Sparc—LX 工作站;
- b. 工作站 ARC/INFO 7.02 版;
- c. Calcomp 9500 数字化仪;
- d. Calcomp 3036 绘图仪。

3.2 数据源

- a. 1:20,000 全色航空像片 (1990 年冬航摄);
- b. 1:10,000 及 1:25,000 地形图;
- c. 勐养自然保护区村寨社会经济状况调查表;
- d. 其它专题图及数据。

4. 研究方法

4.1 航片判读训练

由于勐养自然保护区内交通状况较差, 若对所有村寨的土地利用现状进行实地调查, 将是十分困难和不经济的。然而, 由于地球表面不同的物体有着不同的模式及光谱特征, 在航空像片上通过不同的色调、形状和纹理表现出来, 于是我们可以通过航空像片判读快速、经济地获得土地利用信息。考虑到航片摄于冬季, 我们于 1994 年 12 月赴勐养自然保护区进行判读训练。在整个保护区内, 我们选择了五个村寨, 花费了两周时间, 实地调查了土地利用现状。在此基础上, 建立了一套判读标志, 为判读的质量提供了保证。

4.2 相关数据收集

在进行判读训练的同时, 我们收集了大量的相关数据, 包括行政区划图, 集体山林区划图, 各

村寨社会经济状况调查表等。它们在土地利用规划中起到了很大的作用。

4.3 航片判读

在已建立的判读标志的基础上，我们对保护区航片覆盖区域内的二十余个村寨进行了土地利用现状判读。在判读过程中，为了提高判读精度，地形与社会经济状况也被用来作为判读参考。为避免将判读结果转绘到薄膜纸上所带来的误差，我们在航片上直接勾绘出判读地类界，以待数字化。

4.4 数据库建立

数据库是整个 GIS 的核心。建立数据库是混农林业项目中最关键的部分。数据库的精度和完整性决定了分析决策和最终产品的质量。

4.4.1 数据库设计

1994 年 2 月，在 ESRI（美国环境系统研究所）进行 ARC/INFO 的高级培训时，我们在 ESRI 的专家指导下完成了本项目的数据库设计工作，得到了数据库设计的产品—数据字典。按照此次项目的特点及可得到的数据源，我们将乡村 GIS 数据库分为如下七个子数据库—行政区划，土地利用，道路，水系，地形，森林植被及电力线。每一个子数据库都经过详细的定义。例如，下面是土地利用子数据库定义的一部分：

.....	
Feature Classes	Polygons
Entities	Landuse areas
Associated Data Sets	None
Precision	Double
Responsible Agency	SWFC
Layer:	LANDUSE (LU)
Feature Class:	Polygons
Table Name:	LANDUSE. PAT
Data Source:	Aerial photos
Description:	Landuse attributes

Polygon Attribute Table (PAT)

Description	Begin Column	Defined Item Name	Example	Item Def.
Area	1	AREA		8,18,F,5
Perimeter	9	PERIMETER		8,18,F,5
Internal Number	17	LANDUSE #		4,5,B
User-ID	21	LANDUSE-ID		4,5,B
General Land Use	25	LU-GEN	100=Agricultural	2,4,B
Specific Land Use	27	LU-SPC	130=Shift-Land	2,4,B

Item Descriptions, Codes, and Values

LU—GEN	General land use type	LU—SPC	Specific land use type
	100 = Agricultural		Agricultural;

200 = Built-up area	110 = Paddy field
300 = Shrub	120 = Dry farm land
400 = Grass	130 = Shift land
500 = Economic forest	140 = Vegetable field
600 = forest	199 = Other
700 = Bamboo	Shrub:
800 = Water body	310 = Dense cover
900 = Road	320 = Sparse cover
	399 = Other
	

4.4.2 数据库自动生成

4.4.2.1 图形数据库

ARC/INFO 具有数据库自动生成的功能。我们使用的图形输入设备是一台 A0 幅面的数字化仪。四类信息由航片经手扶跟踪数字化输入工作站，它们是土地利用现状，道路，水系和森林植被；另外两类信息，行政区划和电力线，由我们收集到的有关专题图经数字化输入；等高线由地形图数字化输入，输入间隔一般为 20 米，在地形变化比较特殊的地方，输入间隔为 5 米或 10 米。在数字化等高线过程中，我们选用公里格网的交叉点作为控制点，也就是 coverage 中的 tics。对于航片和专题图，因为没有公里格网，我们就选用地面特征点，例如河流、道路的交叉点作为控制点。对于不同的信息层，按照数据源、比例尺的不同而选定具体的数字化误差容限值。

数字化之后，ARC/INFO 已将数字化的内容以数据库形式存贮，也就是以 ARC/INFO 中最常见的数据结构—coverage 的形式存贮。但仍需对数字化错误进行修改。这项工作主要用 ARC/INFO 中的 ARCEDIT 模块来完成。ARCEDIT 是一个交互式的子模块，用于 coverage 中 arc、label、point、tic、annotation、node 等特征类型的编辑及修改。

编辑修改工作完成之后，我们对得到的 coverages 建立了拓扑关系—特征之间的空间关系，将 coverages 由数字化仪坐标转化为大地坐标—北京 54 坐标系，并按照需要把毗邻的 coverages 拼合起来，或把一个 coverage 裁剪成几个 coverages。这些均可用 ARC/INFO 中的有关命令来完成。

为了保证得到的数据库有效，在数字化及坐标转换时，用来表示转换精度的控制点残余均方差 RMS (Residual of the Means Squared) 应当越小越好，通常情况下应当小于 0.005。

4.4.2.2 属性数据库

Coverage 经编辑并建立拓扑关系后，基于 coverage 的数据类型，一些特征属性表自动产生，如多边形属性表 PAT，线段属性表 AAT，点属性表 PAT，等等。它们只包含了地面特征诸如面积、周长、长度之类的空间图形信息。为了给地面特征增加用户自定义的属性数据，例如地类、高程、公路或河流等级等，首先必须在特征属性表中加入相关的属性项。这些属性项均已经在数据库设计中作过严格的定义。然后就可以利用 ARC/INFO 中的 ARCEDIT，INFO 或 TABLES 模块中的有关命令加入地面特征的自定义属性数据。它们被自动存入特征属性表中。ARC/INFO 中的数据库管理系统 INFO 用特征属性表中的 User-ID 项来识别每一个地面特征并且建立与管理特征与其所对应的属性数据之间的映照关系。

4.5 地形 coverage 处理

地形特征在土地利用规划中占有非常重要的地位。虽然等高线 coverages 包含了十分丰富的地形信息，但它们既不直观，也不便于应用。一些土地利用规划所需的地形信息，例如坡度、坡

向、高程等，可以用等高线 coverages 生成相应的 coverages，以便规划使用。

为了生成坡度、坡向、高程范围 coverages，我们首先用 ARCTIN 及 TINLATTICE 命令将矢量形式的等高线 coverages 转换为栅格形式的 lattices。Lattice 是 ARC/INFO 中的一种栅格数据结构。在 lattice 中，每一象元的高程值在矢栅转换的过程中通过内插的方法得出。得到 lattice 后，我们分别用带参数 slope, aspect, range 的 LATTICEPOLY 命令得到坡度、坡向及高程范围的 coverages。

4.6 空间叠加

在进行土地利用规划的过程中，我们综合考虑了土地利用现状、坡度、坡向、海拔、物种的生态特征、土壤及村寨社会经济状况，将相关的 coverages 作了空间叠置分析。前面所述的大地坐标转换必须满足精度要求，否则空间叠加是没有意义的。

ARC/INFO 提供了许多空间叠加的方法，各适用于不同的情况。我们使用带参数 poly 或 net 的 APPEND 和 MAPJOIN 命令完成了空间叠加，得到了新的 coverage。

叠加之后，特征属性表的内容更为丰富，包含了所有参与叠加的 coverages 的属性值。以下是新的 coverage 特征属性表 PAT 中的一条记录：

.....	36	
AREA	=	2426.15203
PERIMETER	=	256.82804
LU—PLAN#	=	36
LU—PLAN—ID	=	35
LU—GEN	=	100
LU—SPC	=	120
SLOPE—CODE	=	3
ASPECT—CODE	=	5
RANGE—CODE	=	12
.....		

(Slope-code、aspect-code 及 range-code 与实际值之间的查询对照表已用 INFO 模块建立并管理)

4.7 土地利用规划

空间叠加完成之后，我们开始结合相关因素进行土地利用规划。西双版纳自然保护区管理局也选派了两名工作人员前来我所，与我所工作人员一起承担规划工作。他们已在保护区工作多年，有着丰富的工作经验。他们的参与大大增加了规划的可行性。在规划中，原生林与次生林一般保持不变，若邻近村寨牲畜数量较多，则在林中选定合适的地方作牧场；水田依然种植水稻，并在田埂上种植一些固氮植物，以提高土壤肥力。在旱地中，按照坡度、坡向、坡位的不同，决定合适的固氮植物种类以及种植密度；灌木、轮休地和荒地按所在地块的地形特征、距道路及村寨的远近和村寨的人口数目，来决定或作为薪炭林基地，或种药材，或作为用材林，或防止人为破坏，让其自然恢复成林，或随机种植固氮树苗，提高土壤肥力以图长期利用。另外，考虑到村寨的社会经济状况，在一些村寨中规划了一些果园或鱼塘。在比较蔽荫的箐沟中，规划了适合当地条件，具有较大的经济价值的砂仁等经济作物。

以下是中田坝村土地利用规划方案的一部分：

地块编号 1

地类	轮休地
面积 (公顷)	2.77
土壤	土类: 红壤 有机质: 中等 氮: 中等; 磷: 中等; 钾: 中等 水解氮: 丰富 PH 值: 5.28
坡度	5~10 度
坡向	南
海拔	850~875 米
规划措施	由于远离村寨并靠近公路, 可优先考虑建成商品柴基地, 以铁刀木为主, 产品可供出售。

地块编号	2
地类	次生林
面积	4.53
土壤	同上
坡度	10~15 度
坡向	南
海拔	875~900 米
规划措施	应保持其自然现状, 不受人为破坏。

地块编号	3
地类	轮休地
面积	0.29
土壤	同上
坡度	5~10 度
坡向	西南
海拔	825~850 米
规划措施	应先在地中种植固氮植物, 为下一轮耕作期提供更多养份。

.....

地块编号	79
地类	茶园
面积 (公顷)	1.18
土壤	土类: 红壤 有机质: 中等 氮: 中等; 磷: 丰富; 钾: 丰富 水解氮: 丰富

	PH 值: 5.55
坡度	5~15 度
坡向	南, 西南
海拔	900~925 米
规划措施	可视种子数量逐片种植固氮绿篱, 在地中每隔 6~8 米标定等高线, 沿等高线双排种植固氮行边, 并定期修剪, 将剪下的枝叶铺在地面, 在茶株少的地方可种植果树。

到目前为止, 我们已经完成了十五个村寨的土地利用规划, 并绘出了各村寨土地利用、坡度、坡向及高程专题图。一些规划措施已被送往西双版纳国家级自然保护区管理局以征求意见。管理局已着手在村寨中组织农民进行施工。一些较好的结果已经出现。农民减少了对保护区的破坏, 经济收入得到了提高。有一些措施是长期起作用的, 如种植固氮植物以提高土壤肥力, 其效果可待在三至五年后产生。

我们计划在今年内完成勐养保护区内其它村寨的土地利用规划。此外, 我们还计划建立一些应用模型, 利用 ARC/INFO 强大的分析功能来帮助我们更好地完成规划任务。

5. 结 论

- a. GIS 技术在自然资源清查和土地利用规划中作用巨大, 前景广阔。
- b. 使用诸如 ARC/INFO 的 GIS 通用软件工具, 可以快速、精确地作出各种专题图。
- c. 在土地利用规划中提出的 GIS 方法同样可用于其它领域, 以解决西双版纳所存在的社会经济、生态环境问题。

6. 参考文献

- a. Environmental Systems Research Institute, Inc. 1994,
《 Understanding GIS, The ARC/INFO Method 》
- b. 世界自然基金会, 西南林学院, 1993, 《混农林业技术及推广》
- c. 曹广侠等, 1994, 《社会林业原理, 实践与展望》, 西南林学院
- d. 甘淑, 1995, 《利用 GIS 进行西双版纳自然保护区乡村持续发展研究》, 硕士学位论文, 西南林学院
- e. 中国科学院地理所资源与环境信息系统国家重点实验室, 1994,
《GIS 的研究与应用》
- f. Environmental Systems Research Institute, Inc. 1994,
《 Editing Coverages & Tables with ARCEDIT 》
- g. Environmental Systems Research Institute, Inc. 1994,
《 Map Display & Query 》
- h. Environmental Systems Research Institute, Inc. 1994,
《 Surface Modeling with TIN 》
- i. Environmental Systems Research Institute, Inc. 1994,
《Customizing ARC/INFO with AML 》

亚洲象(*Elephas maximus Linnaeus*) 生境评价*

李芝喜 李红春 陆 锋
(西南林学院 昆明 650224)

摘 要

本文阐述了通过外业抽样调查进行亚洲象(*Elephas maximus Linnaeus*) 生境因子定量分析, 利用遥感技术提取生境专题信息建立数据库, 在此基础上, 应用 GIS, 对西双版纳勐养自然保护区亚洲象生境因子进行评价。同时, 提出改善栖息地环境质量的治理方案。

关键词

亚洲象(*Elephas maximus Linnaeus*) 生境因子 抽样调查 遥感 GIS

1. 引 言

1992 年, 联合国在巴西召开了环境与发展大会, 在通过《21 世纪议程》的同时, 签订了《生物多样性公约》。提出生物多样性对进化和保持生物圈的生命维持系统具有特殊的重要性, 确认生物多样性保护是人类共同关切的事业。为此, 我们对濒危动植物的保护研究, 就是贯彻执行《生物多样性公约》的实际行动。

亚洲象(*Elephas maximus Linnaeus*) 属长鼻目大型陆生草食性哺乳动物, 是一种只残存于亚洲的濒危珍稀物种, 属于国家一级保护动物。由于亚洲象对适生生态环境要求比较严格, 所以分布范围越来越小。在距今 3000 年前的商代, 亚洲象大量分布于我国黄河流域; 在公元 500 年左右的南北朝时期, 分布退缩到长江以南; 明朝末年, 仅在湖广一带有野生象分布的记载。随着森林植被的破坏, 亚洲象已濒临灭绝。如今仅存云南西双版纳等热带雨林地区, 而且生存空间和分布区域在日渐缩小。所以保护亚洲象的生境, 就是直接保护亚洲象的生存和繁衍。

亚洲象生境评价, 现尚无专题研究。但就整个野生动物的生境遥感评价来说, 研究者们曾开展过一些试验项目。比如美国利用 Landsat 进行南达科他州东部水生动物生境判读(R. G. Best, 1978)^[1], 利用数字化遥感数据进行加拿大哥伦比亚省沿海试验区野天鹅生境分析, (Y. Jim Lee, 1987), 利用计算机图象处理技术进行印度野生动物植被生境判读^[2], 利用 GIS 进行苏格兰鸟类和蝶类生境分析(R. Aspinall, 1992)^[3], GIS 在泰国自然保护区管理中应用(Youngyint Trisurat, 1992)^[4], 美国路易斯安那州立大学等利用 TM 在法属西印度群岛的哥特洛普群岛识别扁虱生境(M. Hugh Jones N. Baree, 1992)^[5]。此外, 我们曾在熊猫保护区进行过生境调查^[6], 等等。

* 该研究属世界自然基金会(WWF)西双版纳热带雨林保护资助项目。参加该项目的还有西南林学院的冯毅、黄绍春、刘春红、周润等, 世界自然基金会项目组顾问 Harold Wadley、杨元昌, 西双版纳国家级自然保护区管理局赵建伟、郭贤明、李杨等, 该局的有关领导给予了大力支持和帮助, 此外美国环境信息系统研究所(ESRI)也给予了技术协助, 西南林学院朱翔提供了一些有益的建议。在此一并致谢。

野生动物生境的评价,尚处在起步阶段,试验研究不多。在有关研究中其生境因子一般仅限于植被分类,较为单一。当然国内外上述项目的研究都为野生动物生境研究提供了有益的尝试。此次亚洲象生境的研究,从研究对象来说,属于热带林区,地况和林况都比较复杂,难度较大。为此,我们利用了多种传感器数据,并加强地面调查,以扩大信息含量和提高判读精度。从研究方法上,将抽样技术,遥感技术和地理信息系统技术结合成一个综合的技术体系,以提高生境评价的精度,为生物多样性保护奠定信息基础,为亚洲象保护提供对策和方案。

2. 研究地区概况

西双版纳位于云南省南部边缘,与缅甸、老挝接壤。由于四周高中间低的地势条件,所以出现了较大范围的热带气候。因为其独特的地理位置、地貌形态和气候条件,使之成为地球上热带林最北端分布区,同时也是我国生物多样性的荟萃地。

然而,由于热带森林植被的破坏,致使亚洲象食物缺乏,生境恶化,生存空间受到限制。而且又遭到不法分子的猎杀,亚洲象面临绝迹的威胁。所以急待对生境进行评价和监测,并提出保护亚洲象的对策。试验区为勐养自然保护区,它是西双版纳州五个国家级保护区面积最大的一个,总面积 118,400 公顷,西与澜沧江为界,东以小黑江为界,森林植被主要为季节性雨林、山地雨林、季雨林、常绿阔叶林等。

3. 研究方法

本研究的技术路线是:以亚洲象的生物生态学特性为生境分析的导向,遥感图象为生境信息的载体,GIS 为生境分析工具,建立亚洲象栖息地质量评价和生境监测的技术系统。具体研究过程分为生境分析、判读和评价。

3.1 生境因子分析

3.1.1 抽样调查

根据亚洲象的陆栖草食等生物生态学特性,其生境因子主要有草本食料、水源、蔽护环境和生活空间。结合遥感图象的可判读性,我们选定了森林植被类型(含郁闭度)、距水源距离、坡度、坡向、坡位、海拔、含人口密度在内的人为活动强度等 8 个因子进行判读和调查。调查内容是各种生境因子不同状态下的亚洲象足迹数量。为了保证样地在自然保护区内的代表性,采用了系统抽样的方法。考虑到样地设置的方便,采用 100 米长,2 米宽,200 平方米的带状样地。为了保证各种生境因子不同状态下至少含有 5 个以上的样地,共设置了 71 个样地。样地调查时,除进行样地点位刺点标定外,精确地查数记录亚洲象的足迹及其相应的生境因子状态特征。

3.1.2 生境因子定量分析

根据调查记录材料,经整理得出 8 个生境因子各种状态下的亚洲象单位面积的足迹数量,见表 1。

表 1

生境因子 (x_i)	状 态 (x_{ij})	足迹数 (y_i/ha)	因子内各状态优先等级
植被类型 (x_1)	常绿阔叶林 (x_{1-1})	1120	2
	竹 林 (x_{1-2})	1380	1
	灌木林 (x_{1-3})	300	3
	旱生农作物 (x_{1-4})	230	4
郁闭度 (x_2)	疏 < 0.2 (x_{2-1})	320	3
	中 $0.2-0.5$ (x_{2-2})	620	2
	密 > 0.5 (x_{2-3})	990	1
水源距离 (x_3)	近 $< 100\text{m}$ (x_{3-1})	1270	1
	中 $100-500\text{m}$ (x_{3-2})	780	2
	远 $> 500\text{m}$ (x_{3-3})	440	3
坡 度 (x_4)	$< 10^\circ$ (x_{4-1})	440	5
	$10-20^\circ$ (x_{4-2})	650	4
	$21-30^\circ$ (x_{4-3})	1550	1
	$31-40^\circ$ (x_{4-4})	950	2
	$> 41^\circ$ (x_{4-5})	760	3
坡 向 (x_5)	阴 坡 (x_{5-1})	1350	1
	半阴半阳 (x_{5-2})	760	2
	阳 坡 (x_{5-3})	270	3
坡 位 (x_6)	上 (x_{6-1})	640	3
	中 (x_{6-2})	1050	1
	下 (x_{6-3})	830	2
海 拔 (x_7)	$600-800\text{m}$ (x_{7-1})	660	3
	$810-1000\text{m}$ (x_{7-2})	800	2
	$1000-1300\text{m}$ (x_{7-3})	970	1
人为活动强度 (x_8)	强 (x_{8-1})	220	3
	中 (x_{8-2})	530	2
	弱 (x_{8-3})	1540	1

表 1 中的数据仅属于单因子分析。由于生境因子之间存在着交互作用，所以我们还进行了多因子的综合分析。

根据多因子的综合作用，我们利用了多元回归数学模型进行分析，其方程式为：

$$Y = b_0 + b_1X_1 + b_2X_2 + b_3X_3 + b_4X_4 + b_5X_5 + b_6X_6 + b_7X_7 + b_8X_8$$

式中：Y 为亚洲象活动频数（每公顷足迹数）的测定值， b_0 为回归常数， $b_1, b_2, b_3, \dots, b_8$ 为回归系数， $X_1, X_2, X_3, \dots, X_8$ 分别代表有关生境因子，与表 1 相同。

表 1 中所列出的生境因子多数属于定性因子，不能直接输入计算。同时各生境因子的状态数据与亚洲象单位面积足迹数量大多不是线性关系。为了保证多元线性回归的精度，特将原始数据进行了赋值转换。

赋值转换时，以生境因子状态中每公顷足迹数极小值为 1，其余在此基础上按比例类推。例如，

植被类型，见表 2。

表 2

状 态	足 迹 数	赋 值
常绿阔叶林	1120	4.9
竹 林	1380	6.1
灌 木 林	300	1.3
旱 地	230	1.0

其余因子也进行了赋值处理。在此基础上，根据样本单元的观测值经计算得出有关数据，见表 3。

表 3

因 子	植 被	郁闭度	水 源	坡 度	坡 向	坡 位	海 拔	人为活动强度
回归系数 b_j	156.40	-196.90	101.44	142.80	157.95	12.17	115.29	132.99
回归常数 b_0	-1705.03							

表 4

生 境 因 子	F	因子间优先等级
植 被	4.973	4
郁 闭 度	1.504	5
水 源	5.731	3
坡 度	0.800	6
坡 向	10.519	2
坡 位	0.009	8
海 拔	0.364	7
人为活动强度	12.819	1

同时还给出了多元线性回归的精度指标：

L_{YY} (总平方和) = 64889577 U (回归平方和) = 35931762

Q (剩余平方和) = 28957815 $F_{(8,62)}$ (回归显著性) = 9.62

而 $F_{0.01(8,62)} = 2.80$ $F > F_{0.01}$ $R = 0.75$

各因子的 F 检验，见表 4。

$S_b = \sqrt{Q / (n - m - 1)} = \sqrt{28957815 / 62} = 683$ $S_y = 683 / 8.4 = 81.3$ $\Delta = 1.96 * 81.3$
 $= 159$ $E = 0.18$ $PC = 1 - E = 82\%$ 按 95% 的可靠性指标，获得 82% 的精度。

3.2 生境判读

亚洲象的生境因子，其中地况部份包括坡度、坡向、坡位、海拔和水源，由地形图中直接导出。人口密度，由乡镇近期统计材料中给出。而植被包括郁闭度，则借助于遥感材料获取。遥感图象是生态因子特别是植被的载体。

植被在表 4 中虽仅居第 4 位,但居第 1 位的人为活动强度、第 2 位的坡向都是植被的直接和间接的反映。因此,植被是生境中的支柱,在生境判读中,将以植被类型作为主体内容。

3.2.1 图象处理^[7]

此次判读所采用的材料有:1989 年 3 月航空摄影经放大为 1:2 万的全色黑白象片;1988 年 2 月 2 日及 1992 年 5 月 28 日记录的 Landsat—TM 数据;1988 年 2 月 16 日记录的 SPOT—XS 数据等。

对于卫星遥感数据,进行了包括对比度拉伸和彩色合成的图象处理。TM 数据在处理前先进行波段选择。波段选择时按相关系数进行筛选。勐养自然保护区的 TM 波段相关系数矩阵表明,相关系数较小的是 TM₂ 与 TM₄,TM₃ 与 TM₄,TM₄ 与 TM₇。单纯从相关性出发, TM₃₄₆ 最好, TM₂₃₄ 次之。但结合波段的功能,进行综合考虑, TM₂₃₄ 不仅对森林植被分类的灵敏度比较高,波段间的独立性也比较强,波段间信息重复较少,而且减少红外信息含量,消除山地阴影,充分发掘信息潜力。

判读图象除增强合成处理之外,还进行了图象分类,主要采用最大似然分类法。根据勐养自然保护区的实际情况,设置了 11 个类型的训练区,具体包括森林、竹林、茶林、农地、胶林、林地、向农地的过渡型、农地向林地的过渡型、草地、灌木、草地向灌木的过度型、水域,共 11 类。其结果,按 95% 的可靠性时为 79% 的精度。当将 11 类归并为 6 个类时,按 95% 的可靠性时为 86% 的精度。

3.2.2 判读过程

为了保证判读精度,在判读前进行了判读训练。判读训练的目的在于建立判读标志和设置计算机图象分类的训练区。在训练的基础上,进行全面的室内判读。当某种图象难于确定其属性时,则参考另一种图象(包括另一种处理方式的图象),特别要说明的是,放大的航空象片是森林植被信息的一种重要信息源。此外,森林植被的生态规律,由于光热水条件的分配差异而形成的森林植被特有的垂直分布带谱(包括阳坡垂直带谱和阴坡垂直带谱),我们在判读中也加以应用。

把判读的森林植被分类界线,一一转绘到地形图作为地理基础底图,经综合取舍而成为森林植被的原图。

3.3 生境评价

3.3.1 工作环境

该项研究使用带有 ARC/INFO Version 7.03 的 Sun SPARC—LX 工作站,外围设备为 Calcomp 9500 数字化仪, Calcomp 3036 绘图仪等。

3.3.2 数据库设计

根据亚洲象生境因子分析和遥感判读的结果,生境质量评价所需的信息有:地形、水系、森林植被、人口密度、道路、地名、行政界线等。数据层的名称,数据模型和属性见表 5。

表 5

数据层	数据模型	属 性
地形	线结构	等高线
河流	线结构	河流类型
植被	多边形结构	植被类型
道路	线结构	公路等级
地名	点结构	居民点名称
行政界线	线结构	县乡镇保护区