

云南省科委国际合作项目

项目编号: 94 F 014

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2集 NO. 2

李芝喜 主编 Chief editor: Li Zhixi

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

Institute of Remote Sensing & GIS, Southwest Forestry College
Environmental Systems Research Institute (ESRI)
World Wide Fund for Nature (WWF)
Xishuangbanna Administrative Bureau of National Nature Reserves

中国·昆明
Kunming, China

1996

目 录

Contents

1. 序 言 (Preface)	Harold Wadley (1)
2. 利用遥感 GIS 进行生物多样性保护	李芝喜等 (2)
Protecting Biodiversity using remote sensing, GIS.	Li Zhixi (4)
3. 开展复合农林业是改变刀耕火种促进自然保护的基本对策	杨元昌 (5)
A Development of Agroforestry as to Ensuring Nature Conservation Management in Xishuanbanna	Yang Yuanchang (8)
4. 勐养自然保护区乡村 GIS 基础库的建立及应用研究	陆 锋 (10)
A Study on Establishing and Applying Basic Database of Village GIS in Mengyang Nature Reserve	Lu Feng (33)
5. 建立勐养自然保护区地理信息系统的研究	李红杏 (35)
A Study of Establishing GIS in Mengyang Nature Reserve	Li Hongga (60)
6. 曼稿保护区地理信息系统	赵建伟等 (61)
Application of GIS in Manggao Nature Reserve	Zhao Jianwei (62)
7. 勐养自然保护区农用林业作业设计方案	海格·都胡 (63)
the operating plan of Agroforestry in Mengyang Nature Reserve	Helga · Duhou (71)
8. 附 录	(84)
Appendix	(84)

PREFACE

Geographical Information System (GIS) when used in a practical way can reduce cost and help coordinate field management functions that would take years to do otherwise.

There is a urgent need to apply improved agroforestry systems to China's deteriorating farmlands where fertility loss exceeds crop yields. It is particularly urgent for the watersheds of the Lanchang Jiang in Xishuangbanna where slash and burn farming is practiced on a diminishing suitable landbase.

Population increases in the last thirty years in Xishuangbanna have made the once compatible slash and burn farming methods unacceptable. Soil is too precious to let it be eroded away without trying to hold it in place and increase its productivity through organic farming.

GIS can play a major role in the curtailment of erosion. The application of GIS methods with selected attributes that identify the practical parameters for implementing agroforestry is essential. The basic attributes are landuse types and patterns, steepness of slope, vegetation classes, streams and watershed boundaries, roads, trails and villages. Some areas will also have wildlife use patterns, such as the endangered elephant, that can be plotted and then coordinated with village cropping sequences to help reduce the risk of drawing the animals onto croplands.

Through the field application of GIS priorities can be established based on risk of soil loss as well as production potential. These priorities become the base for developing short and long term financial and personnel staffing plans for agroforestry. Without a systematic approach based on such priorities funding and accomplishment become an uncoordinated waste of funds and personnel.

Agroforestry activities in Xishuangbanna provide an excellent opportunity to expand the working knowledge of GIS through coordinated training of college and nature bureau personnel.

An active implementation of GIS and agroforestry can play a significant role in the stabilizing of farm food products in China.

Harold Wadley

Contractee, WWF International

Xishuangbanna Agroforestry Development

利用遥感 GIS 进行生物多样性保护*

李芝喜 陆 锋 李红奇

(西南林学院 昆明 650224)

1 持续发展与生物多样性保护

1992 年联合国在巴西召开的以持续发展为主题的环境与发展大会上签署了《21 世纪议程》，同时通过了《生物多样性公约》。提出了生物多样性对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。随之我国政府除制定了《中国 21 世纪议程》外，还相应制定了《中国生物多样性保护行动计划》、《中国 21 世纪议程林业行动计划》等等的配套专项文件。这些都标志着保护生物多样性，协调资源持续利用，促进持续发展已成为人类的共识。

2 生物多样性保护与遥感 GIS 技术

生物多样性保护涉及到物种资源、遗传基因和生态系统三个层次多样性的保护。然而，生态多样性则是物种资源多样性和遗传基因多样性的基础和保证。为保护生物多样性目前国内外国都致力于建立自然保护区以构成生物多样性保护的空間和网络系统。当前自然保护区管理、生物多样性保护工作中存在着许多急待解决的问题，其中也包括家底不清，动态变化监测不及时，决策不科学和保护措施不力等等。此外，根据生物多样性保护的具体任务，自然保护区要做到：森林植被覆盖率有增无减；土壤肥力有增无减；周围农民收入有增无减；植物动物的物种衰亡率有减无增，等。以上从自然保护区存在的问题和要完成的任务，都需要遥感 GIS 信息工程作为技术工具。正如联合国教科文组织，人与生物圈机构的官员和专家在考察云南西双版纳自然保护区时指出：西双版纳热带林自然保护区有许多工作急待进行，但当务之急是优先建立 GIS。为此，我们在世界自然基金会（WWF）的资助和合作下，我们在云南西双版纳开展了遥感 GIS 生物多样性保护的研究。

根据我们几年来的工作，利用遥感 GIS 进行生物多样性保护归纳为以下四个方面。

2.1 自然保护区资源环境调查

通过遥感判读、野外调绘和专业调查结合有关资料^[1]，利用带有 ARC/INFO 7.02 的 Sun Sparc LX 工作站建立自然保护区的数据库。例如，西双版纳勐养自然保护区^[2]，其数据层包

* 参加该项工作的还有：世界自然基金会（WWF）的 Harold wadley, Helga Duhou, Gwendolyn Verstraete, 杨元昌，我室研究生甘淑、徐春燕、张军等。此外，美国环境信息研究所（ESRI）也给予了支持和帮助，在此一并致谢。

括：等高线、水文、坡度、坡向（坡度坡向为派生数据层）、土地利用、森林植被、地名、人口、民族、交通、经济收入等。图形数据与属性数据相互匹配，得到了完整的资源、环境的基础库，摸清了保护区的资源环境家底。

2.2 自然保护区环境质量评价

自然保护区环境质量的含义很多，在此就土壤流失和亚洲象栖息环境进行分析评价。

西双版纳由于刀耕火种严重，土地流失惊人。为此，我们分别山地和平原进行水土流失的研究^{[3][4]}。在此，我们采用了国内外普遍应用的通用土壤流失方程： $A=R \cdot K \cdot L \cdot S \cdot C \cdot P$ 。其中， A ＝单位时间单位面积的平均土壤流失量， R ＝降雨量和径流系数， K ＝土壤抗蚀系数， L ＝坡长系数， S ＝坡度因子， C ＝地类及其覆盖因子， P ＝耕作措施系数。通过数据收集、外业调查和内业判读，建立了专题 GIS。利用 GIS 分析输出水土流失的图件和数表，为水土保持工程提供依据。

西双版纳是亚洲象在我国的主要栖息地，由于栖息环境质量下降，以及人为捕杀，致使濒临灭绝。为此，我们利用 GIS 进行栖息环境质量的评价。结合亚洲象的生态特性进行栖息环境因子的抽样调查，定量分析和回归验算，同时对保护区进行栖息环境因子的判读，按多元回归方程反馈保护区各地块的栖息环境判读因子的得分值。最后得出亚洲象栖息环境质量评价图。在此基础上提出改善栖息环境质量的措施。

2.3 生物多样性保护规划设计

生物多样性保护，面临着方方面面的问题，但其主要问题是刀耕火种。为此，世界自然基金会（WWF）顾问 Harold wadley 提出，固定耕地开展农用林业（Agroforestry）是保护生物多样性的主要对策。

我们进行农用林业规划设计时以村寨为基本单元，以 GIS 中的土地利用现状和各地块的地况因子，土壤理化性质为基础，进行土地适应性评价。而后对各村寨进行合理的土地利用规划，并对各种措施进行了设计，比如固氮树种的栽培措施，也在图件和表格中加以说明。

此外，遥感 GIS 在航空护林巡逻航线规划设计，森林旅游规划中，也提供了重要信息。

2.4 自然保护区的动态监测与管理

利用遥感 GIS 技术对自然保护区及其背景地区进行林地动态监测结果表明：就全州而言，平均每年林地衰减比率为 0.55%，自然保护区内森林植被有所恢复，但是保护区外缘森林植被衰减仍在继续。根据衰减的地块，究其原因，以便采取管理的对策和措施。

3 遥感 GIS 在生物多样性保护中显示的优越性

3.1 由于建立了自然保护区空间地理数据库，使资源环境的现状能够落实到山头地块，使生物多样性能够定点观察和定位管理。

3.2 由于遥感数据作为 GIS 的信息流，使自然保护区能够及时更新数据，生物多样性保护管理，由静态记录向动态监测转变。

3.3 由于 GIS 兼有空间数据与属性数据，促进生物多样性研究，由定性分析向定性定量相结合转变。

- 3.4 由于 GIS 的空间分析功能,使生物多样性保护,由单一要素向综合分析、多方位保护转变。总之,遥感 GIS 技术促进了自然保护区管理,生物多样性保护工作的信息化、现代化。

参 考 文 献

- [1] 西双版纳自然保护区综合考察团,西双版纳自然保护区综合考察报告集,云南科技出版社,1987。
- [2] ESRI, SWFC, Database Design, Xishuangbanna Agroforestry Development Project, 1994.
- [3] Helga Duhou, Erosion Hazard Determination with Aerial photography and GIS in Mountain zones in Xishuangbanna Reserve, Yunnan, Peoples Republic of China. WWF 3194 Agroforestry research, Xishuangbanna Reserve. 1993.
- [4] Gwendolgn Verstraete, Erosion Hazard Determination with Aerial photography and GIS in Riparian Zones in Xishuangbanna Reserve, Yunnan, Peoples Republic of China. WWF 3194 Agroforestry research, Xishuangbanna Reserve. 1993.

Protecting Biodiversity Using Remote Sensing and Geographic Information System

Li Zhixi Lu Feng Li Hongga

(Southwest Forestry College, Kunming 650224)

Abstract: This article consists of three parts. In the first part, the protection of biodiversity promote sustainable development. In the second part, the remote sensing (RS) and GIS promote the protection of biodiversity. In this part, we offer an approach to protect biodiversity by using RS and GIS. Based on the database of GIS, we explore the application of GIS, for example, the natural resources inventorying of nature reserve, the environment quality evaluation of nature reserve, the protect planning of biodiversity, and the forest land dynamic change monitoring of mature reserve, etc. In the third part, The results showed that this method was effective in the biodiversity protection. The advantages of this method lie in the fact that the remote sensing and GIS is combined together. Thus, it fully develops the potential abilities of modern information.

开展复合农林业是改变刀耕火种 促进自然保护的基本对策

杨元昌*

现代农业科学已经发展到很高水平, 先进国家 1 个农业劳动力生产的食品, 平均可供非农业人口的生活需求, 高达 70 人以上。较低水平的国家也可达 10 人的水平, 相对的, 发展中国家, 农业科学多较低下, 有的低达 5—10 个农业劳动力的产品, 平均仅可供 1 个非农业人口的需求。更低落的状况, 仍有处于因袭着最古老、原始的“刀耕火种”耕作方式, 维持其自身和家庭的温饱还嫌紧迫。

“刀耕火种”耕作方式, 在一些发展中国家仍占相当广大的地面, 尤其山丘地带, 自然的致使森林大面积的消失, 水、土流失严重, 土壤生产力衰退迅速, 土地利用率低; 尤其近世人口呈爆炸性增涨, 对土地要求无限度扩大; 农村多处于贫困状况, 更为忧虑的是, 引起植被复盖大幅度降低, 有形、无形的影响到大气臭氧层破坏, 温室效应危机, 威胁着生物多样性以至于人类自身的生存条件, 也是地球生态环境恶化重要因素之一, 成为全球带普遍性的重大课题。

近世以来, 在地球环境科学工作者的密切关注之下, 为了解决“刀耕火种”问题, 改变农村经济落后面貌, 在肯尼亚成立《国际复合农、林业研究中心 (ICRAF)》从事探讨、研究, 开展《复合农、林业》Agroforestry (或译作“混农林业”) 以替代刀耕火种耕作方式的农业科学技术, 使之迈向现代农业科学耕作, 培训技术人员, 进行国际合作。

WWF 世界自然基金会, 自 1985 年以来, 十分珍视云南省仍然残存着分布于西双版纳州的热带、亚热带雨林, 是地球上纬度较北的少有的热带林 (目前估计仅占该州森林复盖的 10%) 的保护工作, 经过几年的工作经验, 认识到: 要实现对于这一“珍稀”热带林的保护, 关键性的措施, 应该是最大限度的降低保护区四周村寨农民生活对森林资源的依赖性, 这一依赖性如能降得愈低便愈有利于保护工作的实施, 否则任何保护工作的设施都将无从谈起, 预期实现这一目标, 又必须着手从根本上改变农村经济落后状况, 农村经济的改善, 又有赖于最大限度的提高农业耕地的生产力水平, 离开这一原则都是不现实的, 因为农业土地是农村经济的生命线, 这一概念勿容质疑。

WWF 世界自然基金会, 自 1989 年开始, 把西双版纳热带雨林保护的资助工作转注于开展《复合农林业》的课题上来, 特派专家对于开展这一工作的可行性进行了一系列的调查研究, 经两年多搜集了卅余个村寨的资料, 研究开展复合农林业的步骤如下。

一、以防止山丘农地水土流失为重点

西双版纳州山丘农地占全州农耕地的 90% 以上, 刀耕火种操作使土地大面积裸露, 降雨造成难以估量的大面积地表肥沃土层被无情的洗刷流入江河, 甚至造成滑坡, 泥石流, 这是

* 本文作者为西南林学院教授, 世界自然基金会 (WWF) 云南省代表 (1987—1995)

使农民唯一的生活依靠——土壤“财富”，豁然被剥夺丧失殆尽。因此，固土、保肥、保水是农业发展的先决条件，舍此遑论其他。

我国农村在山地上筑梯田、梯地是堵截水土流失的有效方法。但劳动力、经济条件需要十分充足，多不易从事大面积、大规模推广。复合农林业所采用的办法，简易省费，劳动量较小。具体作法是选用适于瘠薄土壤生长的速生固氮树种（生长速度多可达年长树高2—4米以上），沿坡地等高线，自山顶至山脚，每隔5—10米距离（距离大小视坡度陡缓而定，陡坡距离小，缓坡可加大距离）实行横向行植、密植（进行双行密植、株行距约10×20厘米）。一般生长2—3年便可见形成树篱，自然的成为堵截水、土流失的“绿色挡土墙”，并自然筑成梯地、梯田，大有利于耕种操作，这一改造坡地耕作措施，目前，在发展中国家已经普遍的推广采用，效果良好。

二、推广农家有机肥

农家有机肥料的施用，并非新鲜事物，但大多数因刀耕火种地区，农家习于不使用肥料，广种薄收，农田生产低，对耕地面积无限度的扩大要求。大力推广制作优质农家有机肥，大幅度的提高耕地生产力是重要课题。农家有机肥料施用，实施办法如下：

（1）上述坡地营造的固氮树种树篱，本身就是优质氮素绿肥。在雨季期间萌发力强，生长迅速，可进行将树的上部，离地约1米高处砍伐，将枝叶撒放耕地上，任其腐烂，便是优质氮肥。如是可按月修剪枝叶撒放地上，可以见到农作物显著的生长势头。

（2）推行营造堆肥措施

营造堆肥，也是农村熟悉的作法，只是多不大重视，尤其刀耕火种地区多不认识它在农业增产上的利益，因此，须大力实施，如能广泛的使用还有利于农民省去购买化肥的负担。

具体作法是把牲畜厩肥、人粪尿、沼气池清除渣滓、鱼塘塘泥、腐植土等混合灌丛、杂草分层堆砌加适当水分，然后用泥土覆盖封实，待充分腐熟，便是优质的氮、磷、钾具备的肥料，堆肥量自然应有计划的按农田种植的年需要量进行制作，贮备以保证供应。

三、农村燃料能源的解决

农村和一些城镇居民薪炭材的消耗是森林保护实施的一大课题。据粗略的估计，每一农户薪材年消耗量至少5—10立方米，年总消耗量是巨大的，对于森林保护工作者，不能再调以轻心，解决能源问题也是复合农林业的工作项目。措施如下。

（1）规划薪材林种植面积

在云南省解决薪炭林的工作，在林业界提倡多年，但在西双版纳仍未见切实推广，除部份傣族村寨有所种植外，这一工作应予的切实的推行。

（2）推广沼气灶、节能灶设施。

沼气灶在云南省的一些县、市实施已见成效，既能解决薪材消耗的90%，又有照明之利，同时沼气池的清除渣滓是优质有机肥料，对农村生活可谓有利而无害的设施，西双版纳部份村寨试用有效，尤其山区村寨应予大力推广，此外节能灶建造省费，应予推行。

四、发展渔业及其他养殖业

鱼塘养殖作为农民的经济收入，已在西双版纳有所开展，但塘泥作为磷肥及用作优质有机堆肥的制作，大有利于农地生产力的提高，保证丰产的作用，还未被认识，有必要推广实施，应根据村寨的具体条件进行一定面积鱼塘及其它养殖业规划，对农村经济改善大有裨益。

五、WWF 世界自然基金会工作概要及其展望

WWF 世界自然基金会，根据该州自然保护区管理局的意见，挑选了四个村寨作为示范村，开展复合农林业项目的示范工作，初步的种植了固氮树种：大叶千斤拔、三叶豆、甜荚豆（甜荚豆自哥斯达黎加、印度引种），种植生长良好，除部份甜荚豆须有一段适应过程外，年生长树高可达 3—6 米，作为营造树篱很有发展前途；沼气灶共建 8 口，试用效果良好，沼气清除渣施用蔬菜地发叶很可观，很有推广价值；鱼塘设置了 2 口，由于管理上有一定不周到之处，雨季池水泛滥鱼苗有损失，以及沼气灶的正常使用，只须善于管理，可以收效无疑。

以上所述，是复合农林业开展极初步的启始试验，已取得一定的试验效果，以后再进一步发展，对果园、经济作物、药材、畜牧、养殖、农村产品加工，提高农业科学水平，开展科研项目等，使之成为发展农业生产经济的一个完整的体系，并提供大面积推广的范例。农业生产上工作的性质，本身是比较缓慢而受很多自然的、人为的因素所限制的，必须坚持不懈的稳步前进，在 5 年的期间，预期见到较显著成效，便已可观。

复合农林业在我国开展还是新鲜事物，还须不断的从事科研探讨，才可能迈向更高的水平，仅就上述极初步的启始工作内容而言，固氮树种的选种、固氮菌种、类型、接种研究；细菌肥料生产程序；有机肥的质量与农作增产相关研究；地理信息系统研究、应用等问题都是必须开展的，即使在复合农林业开展工作程序的科学总结，都必须放在科学探讨、研究、总结的基础上才可能作出可以推广的依据，不能调以轻心。

根据初步记录，植物资料，西双版纳豆科植物将近 300 种，从固氮树种的种类及其生物量、生长速度、生长适应性、分布海拔，都急待查清以提供复合农林业实施的参照，固氮细菌资料目前全属空白无据，都直接影响复合农林业工作。

复合农林业的经营管理工作必须避免盲目性，工作规划设计、计划、监测都必须放在科学的基础上，目前国际先进技术，GIS 地理信息系统，藉卫星信息图片落实地面信息系统、准确而迅速，已被各行各业广泛的采用，复合农林业的开展，必须以 GIS 为基础工程以保证工作的科学经营管理。

WWF 世界自然基金会考虑到开展西双版纳州的复合农林业，必须放在高度的科学水平上，才有可能确保工作的成功。确定把上述三项重要课题和西南林学院进行合作，负责提供研究设备和必要的研究手段，目前该研究业已逐步进行中，预期不久的将来形成“复合农林业综合经营管理系统”实现停止“刀耕火种”使农用地在农民人均面积 0.5—1 亩的水平上，达到农村经济高度的发展，促使自然保护区周围农村农民成为自然保护工作的积极拥护者，参与者，为人类子孙万代造福。

A Development of Agroforestry as to Ensuring Nature Conservation Management in Xishuanbanna

Yang yuan-chang

(Professor, South-west Forestry college)

After years' experiences over Nature Conservation Management in Xishuanbanna, WWF workers have gradually realized that the way to approach this Management towards a success, one of the most crucial affair is to reducing the dependance of those villagers' on an extraction from forest resource for their livelihood, the lower level of this dependance the better the assurance to Management. Therefore, taking measures to improve rural economic situation by an introduction of Agroforestry system to develop agriculture productivity is by all means the crux of the matter.

In the light of local physical, social, geographical conditions and the traditional primitive farming practice, a proposition to a initiative step of Agroforestry development would be suggested as follows.

A. An improvement of soil productivity.

As a solitary base of rural productive force, the soil productivity ought to be put into first priority to consideration. Two measures have to be taken.

1. Soil erosion stopper operation

As to the topography of the Prefecture being largely hilly, the vast area over 90% of cultivating land on slopes, "slash and burn" almost throughout the country-clearing forest off, exposing land uncovered, soil erosion sweeping off all the fertile surface loam heavily, So that forming of soil erosion stoppers, Ought to be put into greater concerns.

The more simple, easy, money, labour saving measure is to apply the fast-grown nitrogen fixing tree plantation along contour lines by forming green hedge-rows as stoppers of soil erosion, holding up fertile surface soil firmly, gradually forming terraces.

2. Biomanure application.

(1) while the nitrogen fixing tree hedge-rows along contour lines have all been growing up, their leaves, twigs falls are all excellent green manure which enriches the soils in full nitrates.

(2) Of local traditional slash and burn practice with little care of any kinds of fertilizers, to teach villagers to processing mixed compost, to see the great advantage of getting good cropper ought to be taken into consideration.

B. A solution to the problem of firewood consumption

1. Fire-wood consumption is always a big problem ever since, one of a fatal causes of forest destruction. On estimating, every family, city dweller included, in an average 5—10M³ have been burned off a year. In order to stop fire-wood cutting, the fire wood plantation area including into village planning, must be taken into a greater account.

2. Biogas stove installation.

In yunnan, many counties have already had a good trial on biogas stove installing within house-hold, their experiences have shown that not only will it have ample energy supply, but also have large amount of digester residue-richest biomanure putouts-every year, which is certainly a good sample worthy of recommendation.

C. Fish pond raising

No one does not know fish pond raising profitable. However, few people has seen the advantage of their bottom soil, which is the high phosphorous manure, always bringing highest cropper, it ought not to be neglected.

D. Study on nitrogen fixing tree species and its microrhizer, for an application to farming.

Of vegetation record on Xishuanbanna, there are nearly 300sp. of laguminous, while their nitrogen fixing species and their microrhizobium species and types have not yet been all clear, whlich needs a comprehensive study. And in the results of such studies, the selection of those most favonrable trees for contour line plantation; the micortlizobium fertilizer pocessing and for large scale applying to plantation, have to be included in projects.

E. GIS study.

In order to set-up a more favourable over-all plannig on agroforestry programme, the GIS study for a preparation of physical, social, geographical imformation applying to villages operations, and as a monitor of all sorts of project going-on, is a necessary prerequisite which has to be taken up in advance.

All those activities shown above are merely the agroforestry programme implementation in an initiative stage, of course, a more comprehensive developing projects, such as, gardening, animal husbandry, cash crop plantation, various sorts of processing mills, by-product processing etc, would be added into later stages.

Hither-to in accordance with the proposal of Nature Conservation Bureau, four villages for demonstration have been assigned. Of agroforestry programme, a preliminary trial has been going on: the green hedge rows forming by *Flemingia macrophylla*, *Cajanus cajan*, *Glirocidium sapia* (exotic) have heen growing well; eight sets of biogas stove have been well in trial; two fish poncl though being set-up, a furthur well management required; nitrogen fixing species study, and microrhizobium study and GIS study being in hand at South-west Forestry college.

On the other hand, however, three of a-month-course of Agroferestry Tainning, 1992, 1993, 1994, have been engaged well. There are over eighty trainees having been attended, of whom, thirty-two trainees coming from the Bureau.

On the prospect of Agroforestry, forming a comprehensive rural system to a large scale extension over the prefecture; to realizing rural economic improvement to a higher level; to ensurring Nature Conservation Management, there is still a long way to wage on. "Preseverance is the mother of success" ought to be observed.

勐养自然保护区乡村 GIS 基础库的建立及应用研究*

陆 锋**

(西南林学院 昆明 650224)

摘 要 本文阐述了在发展混农林业、建立生态示范村以保护西双版纳热带林生物多样性的国际合作项目中地理信息系统 (GIS) 技术的应用。通过勐养自然保护区乡村 GIS 的分析、设计和实施,建立了勐养自然保护区乡村 GIS 的基础空间数据库,实现了勐养自然保护区乡村基本空间信息的存储、处理、分析、查询检索和输出。同时,在基础空间数据库的基础上,开展了一些应用研究,如乡村土地利用规划、专题图自动绘制、三维透视图及景观图的显示及应用、林火区划中的照度分类等。研究表明,GIS 技术应用于保护区乡村混农林业项目的开展,能够有效地提高项目设计及实施的水平,促进乡村的发展走上持续发展的良性循环轨道。同时,在研究中建立的乡村 GIS 基础数据库,同样可用于保护区内其它项目的开展,有助于达到既保护环境、又发展经济的目的。

关键词 勐养自然保护区 GIS 遥感 持续发展 混农林业
土地利用规划 专题制图 DEM 三维制图 照度分类

1 前 言

1.1 林业持续发展思想的提出

多样性导致稳定性,这是生态学中一条不容置疑的规律。目前,世界各国都普遍面临着人口、资源、经济、环境发展失衡的严峻挑战,生物资源的多样性与生态系统的稳定性受到严重的破坏。一系列重大的全球性资源与环境问题正困扰着各国社会经济的健康发展。面对这种严酷的现实,人们不得不重新认识人类自身的生存与发展以及它与经济发展、自然界演化三者之间的关系,逐渐认识到人类未来的生存与发展,一方面取决于自支持系统的保护与发展,另一方面取决于社会、经济、资源环境的协调关系。这样,持续发展战略的提出很快得到世界各国的积极响应,成为全球探讨社会发展的共识,被认为是人类求得生存和发展的唯一途径。

1992 年联合国在巴西召开的环境与发展大会,以可持续发展为主题,通过和签署了《里约环境与发展宣言》、《21 世纪议程》和《生物多样性公约》等五个重要文件,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

* 系硕士生学位论文,(导师李芝喜)

** 现在中科院遥感所,(博士生)

关切的事业。其中《21 世纪议程》是世界各国为促进全球持续发展而制定的一个共同的行动准则，它反映了实现全球持续发展战略目标，及在环境与发展领域广泛开展合作的全球共同的和最高级别的政治承诺。因此这次大会标志着人们对持续发展的广泛接受，同时也标志着持续发展由理论推向行动。

我国政府签署了环境与发展大会的各项文件，表明我国对持续发展这一发展战略的认可与接受。1993 年 10 月，在中国 21 世纪议程国际研讨会上，国家科委主任宋健宣布：中国实行可持续发展战略。1994 年 3 月 25 日，国务院召开第 16 次常务会议，讨论通过了《中国 21 世纪议程——中国 21 世纪人口、环境与发展白皮书》，将之作为制定国民经济和社会发展长期计划的指导性文件之一。

森林是实现环境与发展相统一的关键和纽带，这已成为当今国际社会的普遍共识。作为陆地生态系统主体的森林，一方面是自然界功能最完善的资源库、基因库、蓄水库、贮碳库和能源库，对改善生态环境，维护良性的生态平衡起着决定性的作用，同时又是不可缺少的重要自然资源，对社会经济的可持续发展，特别是发展中国家摆脱贫困具有极其重要的战略意义。

中国是一个森林较少的国家，只占世界森林面积的 3%—4%，不能满足社会发展和维护良好生态环境的需要。当前面临的水土流失、土地沙化、水资源短缺、物种减少等突出的生态环境问题和频繁的水、旱、风、沙等自然灾害，都与森林的总量不足，分布不均，质量不高密切相关。

中国又是一个农业大国，在整个现代化建设过程中，农业、农村、农民问题始终处于举足轻重的地位，直接关系到改革、发展、稳定的大局。全国奔小康，关键在农村；农村要致富，重点在山区。山区集中了全国森林面积约 90% 和森林蓄积量的 80%。山区农村发展潜力在山，山区农民致富希望在林。加快山区林业发展对促进农村经济繁荣和农民脱贫致富具有十分重要的意义。

所以，无论从适应现实或未来发展的需要来看，林业的战略地位都显得十分重要。而当今中国林业既面临着许多困难和挑战，也存在着希望和机遇。走林业持续发展的道路，全面发挥林业的综合效益，是中国可持续发展的必然选择。为此，中华人民共和国林业部组织有关学科的专家，根据《中国 21 世纪议程》和中国的林情，参考和吸收《中国执行森林问题原则声明实施方案》、《中国湿地保护行动计划》、《中国执行联合国防治荒漠化公约行动方案》以及《林业“九五”计划和到 2010 年规划基本思路》、《山区林业综合开发要点》等文件的精神和某些内容，制定了《中国 21 世纪议程林业行动计划》。作为在资源领域里制定的第一个部门领域的行动计划，该计划对中国林业持续发展作了全面、系统的分析，论述了行动的依据，规定了目标和具体行动的项目。它将成为制定中国林业长期发展计划的指导性文件之一，对中国林业未来的发展具有很好的参考价值。

1.2 西双版纳热带林保护所面临的挑战

我们知道，数目巨大的物种构成了生命赖以生存的生物系统，而世界上物种密度最大的地方是热带森林。然而，纵观国内外，现在热带森林的生物多样性和它所代表的遗传遗产正处于危险之中，热带森林中的物种正处于很大的压力之下。据估计，热带地区每消失 1 万亩森林就有一个植物类型被消灭，并将因此而导致 10—30 种其它生物灭绝（陈应发、侯元兆，1993）。但是，从 1981 年到 1990 年，世界上约有 1.5 亿多公顷的热带雨林被皆伐，皆伐迹地

大部分用于耕地和牧场(宋露露、李国华, 1995)。据介绍, 林木资源占世界三分之一的亚马逊河流域的热带雨林区的原始状态已被打破, 每天成千上万贫困的人们蜂涌而至, 大砍大伐, 平均每日有一百万棵珍贵树木在斧锯声中轰然倒地, 森林以前所未有的速度在这一方沃土上消失, 它的生态负效应将波及全球(陆锦鸣译, 1993)。中国热带林现状也不容乐观。历史上, 由于对热带林的认识不足以及社会、经济等方面原因, 使中国热带天然林不断减少。到目前, 面积较大、保存较好的热带天然林仅有海南省和云南南部的西双版纳两区域。然而, 就是这两处仅存的较大面积的热带天然林, 与过去亦不能同日而语。海南省经过近年来兴起大规模的人工造林运动, 天然林更新面积不断扩大, 森林面积已接近建国时的水平; 西双版纳的情况更为严重一些, 据统计, 西双版纳三十年来共损失各类森林约 66.67 万公顷(朱敏慧, 1995)。从 1965 到 1988 年, 西双版纳林地面积以年平均 0.55% 的比率在递减(李芝喜, 1991)。目前西双版纳森林覆盖率只有 27% 左右, 尚不足建国初期的一半(朱敏慧, 1995)。

从保护区热带林的面积来看, 西双版纳热带林自然保护区面积为 241.776 公顷, 约为海南省热带林自然保护区面积的 3 倍; 从地理位置来看, 西双版纳是地球上最北端的热带雨林分布地区, 北回归线上唯一的绿洲, 且位于素有“东方多瑙河”之称的湄公河的上游, 其生态环境的变化将会对下游的东南亚国家产生巨大的影响; 从现存植被的状况来看, 西双版纳是我国唯一的、具有几个不同自然区域生物区系的荟萃地, 而且常常是融洽地结合在一个生物群落里, 形成我国独特奇异的生物群落组合。在西双版纳自然保护区中, 有一万七千公顷左右的原始热带雨林(包括热带季雨林在内), 面积约占保护区面积的 7%, 这是我国热带原始林目前唯一保存较好的佼佼者, 是精品中的精品, 极为珍贵。云南省有动植物王国之称, 而西双版纳则是动植物王国中一颗璀璨的明珠。

西双版纳作为生物多样性的荟萃之地, 一直受到举世的瞩目。西双版纳国家级自然保护区的建立, 就是为了更好地保护这片热带林, 保护好生物多样性。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。

西双版纳自然保护区及保护区管理局的建立, 对西双版纳热带林的保护起了很大的作用。但是, 由于多年来保护与发展的矛盾一直未得到很好的解决, 并且随着近年来人口剧增及市场经济的发展而日益尖锐, 这样, 人们对粮食和薪柴需求的不断增加就导致了保护区热带林用地的蚕食及对热带林资源盗伐现象的继续存在。

刀耕火种及薪炭柴砍伐是保护区及周边的热带林资源遭致破坏的主要原因。据估计, 在西双版纳, 每年由于刀耕火种就耗去了 7000—10000 公顷的森林(许再富, 1987), 烧柴需求又耗去了 6000 公顷森林, 这等于本地区建设和商业用材的 40 倍(Mackinnon, 1987)。

在热带林中, 养分集中在植被层里, 并且伴随着刀耕火种, 可以重返土壤之中。这样, 在热带林地区, 上千年的刀耕火种方式得到了实践的支持。同时, 由于地广人稀, 薪炭柴的砍伐量小, 对生态系统的破坏很小, 借助自然生态系统较强的自我调节能力, 森林植被能够重新恢复。但是, 随着近年来人口的迅速增长, 要求更多的耕地和薪柴及更高的粮食产量, 这样就需要更多的用于迁移的农业山地, 并且使得刀耕火种的休耕周期变得越来越短; 同时对热带林的砍伐量也越来越大, 毁林速度已超过了森林生态系统的更新能力。因此, 这种已延续了几千年的农业方式其危害也变得越来越严重——粮食产量越来越低, 土壤中大量的养分流失, 土壤结构遭到破坏, 土壤侵蚀强度不断增大。

由于西双版纳地处热带北缘, 与典型热带气候相比, 湿度和热量水平都较低, 具有明显

的过渡性,加之干季较长,如果森林一旦遭致开垦、采伐、火灾等破坏,环境质量将急剧退化,热带森林的恒温恒湿效应,水源涵养作用和森林生态系统的巨大热容重将遭到巨大削弱甚至破坏。同时,由于地面暴露,太阳直射,表土温度变幅增大,雨水强烈冲刷,森林与土壤的生态循环方式发生改变,容易形成红色硬化层,土壤肥力剧减,旱季含水量大大下降,反过来又严重威胁林木生长。

西双版纳的土壤流失相当严重,二十多年前清澈见底的河流,如今却因红泥而浑浊不堪(杨元昌、马占春,1993)。据有关研究表明,仅一年的迁移耕作生产的水土流失,等于开发热带雨林149年的总损失量(王惠海、李德厚,1985)。

大部分刀耕火种的农民或林区边缘的农民不知道森林包含着巨大的生物多样性,并且是一个巨大的碳库。即使知道这一点,与未来食物供应相比,他们对环境效益的评价也很低。他们关心的更多的是耕作成本,即他们用在砍伐、焚烧、种植和收获上的劳动付出。当目前耕种的土地生产力下降后,他们自然就要砍伐其它林地用于耕种。对于反对森林砍伐的人而言,这种类型的森林砍伐是难以理解的。他们只注意政治影响,而忽视局部问题,他们很少为刀耕火种的农民考虑未来的食物供应,注意政治影响,而忽视局部问题,他们很少为刀耕火种的农民考虑未来的食物供应,而是更关心生物多样性的丧失和全球变化等影响整个人类的根本威胁。

由此可见,加强西双版纳保护区的保护与发展刻不容缓。过去静态的、单一的、带有行政色彩的保护方式显然是不适用了,必须采纳持续发展的思想,走持续发展的道路。

2 混农林业的开展在保护热带林生物资源中的意义

2.1 乡村持续发展的目标

在西双版纳保护区境内及周边范围分布着200多个乡村,它们的农业经济状况直接影响着保护区的保护与发展。要实现保护区的持续发展,首先必须解决乡村的持续发展问题。只有乡村经济走上持续发展的良性轨道,自然保护区的持续发展才有了根本的保障。

乡村持续发展的主要内容就是要用生态经济学的理论来指导乡村这个农业生态系统,研究乡村提高土地生产率的措施和途径,完善土地利用的方式和容量,使其与社会经济发展相协调又维持环境质量的提高,达到持续发展和永续利用的目标。乡村农业生态系统运行既要符合经济规律的制约,又要符合生态平衡的自然规律的约束,只有同时符合了经济和生态两个方面的客观规律要求,才能真正做到系统的正常运转,乡村的持续发展,保护区的保护、生存和发展。

乡村持续发展的基本目标是要找到连接社会、经济和生态这三个系统间的最佳水平,亦即找到最好的生态经济平衡和最好的生态经济效益。

2.2 土地利用的总体目标与乡村持续发展目标的一致性

土地利用是人们根据土地资源的特性、功能和一定的经济目的,对土地的使用、保护和改良。人类通过利用土地来满足自己生存和发展的需要。人类利用土地的总目标是在综合考虑经济效益、生态效益与社会效益的前提下,谋求最好的土地利用结构与布局形式。

经济效益是土地开发利用的基本前提,如何实现投资少、收效大,是土地利用研究的重

要内容。生态效益与社会效益是保证土地永续利用与乡村持续发展的基础。要实现土地利用的最佳综合效益,必须坚持当前利益与长远利益相结合、局部利益与整体利益相互协调。要坚决杜绝为了取得眼前的经济效益而牺牲生态与社会效益的掠夺式经营,将土地的开发利用与土地资源的保护、改造紧密地结合起来。就乡村持续发展来说,要充分发挥不同乡村的地段资源优势,切实做到地尽其利,宜农则农,宜林则林,使土地资源得到保护和永续利用。

2.3 西双版纳保护区乡村土地合理利用的基本原则

西双版纳自然保护区乡村土地的合理利用,总的来说应该以保护热带林为主,农林牧副渔相结合,开展多种经营,综合发展。乡村开发利用过程中应严格遵守自然规律与经济规律,使长远利益与短期利益相结合,经济效益与生态效益、社会效益相统一。为此,西双版纳自然保护区乡村持续发展应遵循以下基本原则:

(1) 合理规划、统筹安排

乡村土地资源复杂多样,开发利用的方式、方法很多,要达到地尽其利,物尽其用。为此在开发利用乡村土地资源时,必须统筹兼顾,制定一个全面而合理的乡村开发规划,协调好乡村农与林、山与水、开发与保护、长远利益与眼前利益、整体利益与局部利益等各种关系。

(2) 切实搞好乡村水土保持,加强综合治理

水土保持是乡村经济发展的基本保证,是合理开发利用乡村土地资源所必须坚持的原则。乡村水土保持是一项综合性的工程,要实行山、水、林、田、路的综合治理,把治山治水、改土造田相互结合起来。针对乡村山地分布特征,根据海拔、坡度、坡向、土质等的不同制定具体改造和利用规划,按照综合治理、集中治理、连续治理的原则,有计划地分期分批、分沟分片、从上而下进行综合治理。

(3) 充分利用乡村山区资源,建立巩固的林业基地

林业生产是山地开发利用的重点。对西双版纳自然保护区的山区乡村来说,主要是依据当地的自然条件发展传统的经济林(如茶叶、砂仁、水果等)或林下药材、香料等。另外发展乡村林业必须把造林、营林与护林加以统筹安排,因地制宜地选择树种,并将用材林、经济林、防护林、薪炭林等统一规划。在荒山造林、迹地更新的同时,努力提高林地的经营管理水平,充分调动当地群众营林、护林的积极性,在保护区内更要强化村民自觉保护热带林的意识,这本身对乡村自身的持续发展也有重要的意义。

2.4 混农林业的提出及其在西双版纳自然保护区乡村中的实施

随着社会林业在中国的不断推广和深化,作为其技术核心的混农林业也逐渐为人们所熟悉。混农林业(Agroforestry)一词出现于70年代初,有关它的定义很多,综合起来可归纳如下:混农林业是一种有效的土地利用方式,是人们有意识地在土地上将农作物、牲畜与树木或其它多年生植物混合种植或饲养,并从这些不同的成分或其相互作用中取得多种效益。

混农林业有别于其它土地利用方式的两个主要特点是:

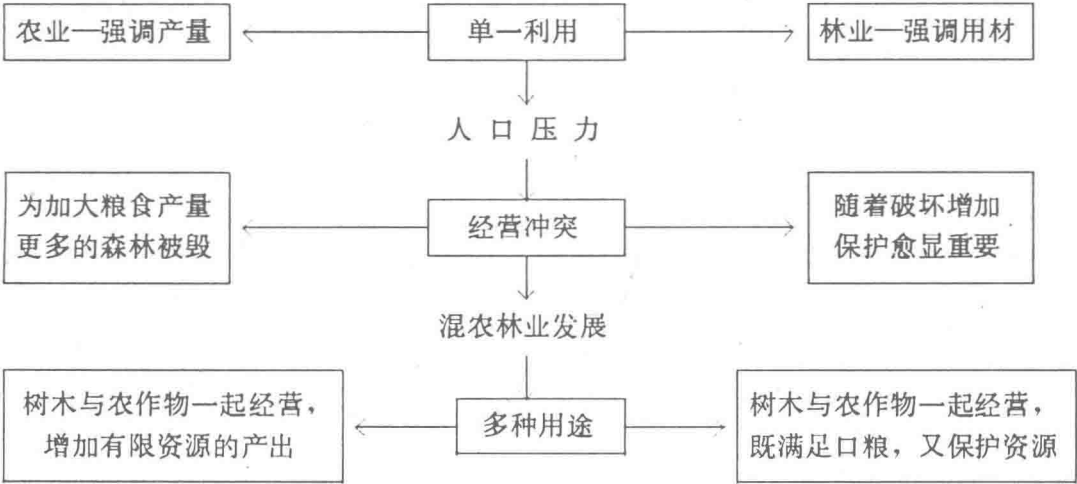
(1) 有目的地将多年生木本植物与农作物或动物结合在同一系统内,这种结合既可以是时序上的,又可以是空间上的;

(2) 这种土地利用形式,存在着木本植物与其它成分在经济上或生态上的相互有益作用。作为农业与林业相结合的产物,混农林业的发展目标是提高土地的生产力及土地利用的

持续性，并从农、林不同成分的相互作用中获得经济效益、生态效益和社会效益。

人口增加与土地资源之间的矛盾以及农业与林业发展之间的矛盾，无疑是导致混农林业出现的主要因素，如图 2-1：

图2-1 混农林业起因示意图



混农林业是由长期的实践得来的。作为在世界上广泛使用的土地利用方式，它比其它方式给农民带来更多的益处，而且更重要的是，它能使土地资源与生态环境得到更好的保护。

混农林业系统大致有 3 类：

- (1) 林农系统：由树木和农作物组成，种类构成和配置最为多样；
- (2) 林牧系统：由树木和牲畜组成；
- (3) 农林牧系统：由树、农作物和牲畜共同组成。

常见的混农林业实践方式有改进型轮耕制、Taungya 模式、巷式间作、林牧混合、庭院经济等，这些实践方式在一定地域内发展到一定的规模并形成该地域特定的土地利用方式就构成了相应的混农林业系统。而在一个混农林业系统内可以有几种混农林业的实践方式。

混农林业系统的优点包括：

- (1) 提高对空间和自然资源的利用率；
- (2) 提高土壤养分改善土壤物理结构；
- (3) 提高生产力；
- (4) 减少水土流失；
- (5) 增强了对森林的保护程度；
- (6) 改善小气候；
- (7) 减小单一种植的风险。

由此可见，在热带土地资源退化、水土流失比较严重的轮耕地区开展混农林业具有十分重要的意义。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。