

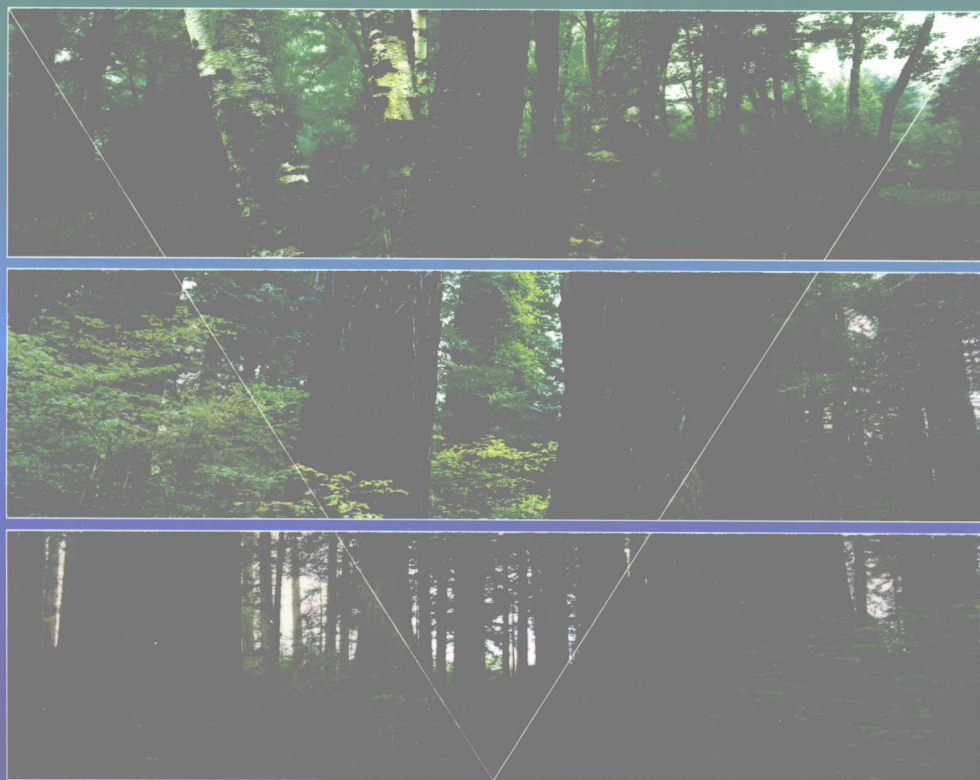


ANBEI FANGHULIN
GONGCHENG
JIANCE HE PINGJIA YANJIU

蔡博峰 著

三北防护林工程

监测和评价研究



化学工业出版社

S

ANBEI FANGHULIN
GONGCHENG
JIANCE HE PINGJIA YANJIU

蔡博峰 著

三北防护林工程 监测和评价研究



化学工业出版社

· 北京 ·

本书以遥感长时序数据为基础,以 GIS 为建模平台,构建林业生态工程的监测和评价体系,实现了对大尺度、长时序林业生态工程的科学、客观、完整评价。并以三北防护林第一阶段(分析区间为 1981~2000 年)为例,全面实施了该评价方法体系,其分析结果和实际情况比较吻合,验证了该方法体系理论的合理性、逻辑的自洽性和实际的可行性。

本书适于林业工程部门的管理者和科研人员阅读。

图书在版编目(CIP)数据

三北防护林工程监测和评价研究/蔡博峰著. —北京:
化学工业出版社, 2009. 3
ISBN 978-7-122-04587-4

I. 三… II. 蔡… III. ①防护林带-建设-监测-
研究-三北地区②防护林带-建设-评估-研究-三北地区
IV. S727. 2

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2009)第 000371 号

责任编辑:宋湘玲 唐旭华

文字编辑:张林爽

责任校对:宋 玮

装帧设计:张 辉

出版发行:化学工业出版社(北京市东城区青年湖南街 13 号 邮政编码 100011)

印 装:化学工业出版社印刷厂

720mm×1000mm 1/16 印张 9 彩插 6 字数 158 千字 2009 年 4 月北京第 1 版第 1 次印刷

购书咨询:010-64518888(传真:010-64519686) 售后服务:010-64518899

网 址: <http://www.cip.com.cn>

凡购买本书,如有缺损质量问题,本社销售中心负责调换。

定 价:38.00 元

版权所有 违者必究



目 录

第 1 章 绪言	1
1.1 世界林业生态工程	3
1.2 林业生态工程的特点和评价难点	4
1.3 基于遥感的林业生态工程监测和评价研究	7
1.4 中国林业生态工程和三北防护林工程的特点及问题	9
1.5 三北防护林工程监测和评价方法及技术路线	11
本章参考文献	12
第 2 章 三北防护林数据集和基本情况	17
2.1 NDVI 空间数据集	19
2.2 气象因子空间数据集	20
2.3 其它生态因子数据集	20
2.4 三北防护林工程概括	21
2.5 掩膜区的建立	25
本章参考文献	26
第 3 章 三北防护林植被长时序变化趋势分析	29
3.1 基于长时序 NDVI 的植被动态监测和评价研究综述	31
3.2 主要数据集	32
3.3 NDVI 时序数据分析方法综述	33
3.4 三北防护林工程区 1981~2000 年植被变化分析和评价	43
3.5 本章小结	50
本章参考文献	51
第 4 章 三北防护林植被变化受人类影响研究	57
4.1 NDVI 和气候因子相关性研究综述	59

4.2 NDVI 与气候因子相关系数分析	63
4.3 NDVI 与气候因子偏相关系数分析	68
4.4 NDVI 与气候因子复相关系数分析	70
4.5 基于多元回归方程残差法 (RESTREND) 的去气候影响模型	71
4.6 林业生态工程区植被受人类活动影响评价	80
4.7 本章小结	83
本章参考文献	84

第 5 章 基于 Cellular Automata+Neural Network 模型的三北防护林工程

“替代方案”模拟..... 89

5.1 Cellular Automata 和 Neural Network 研究综述	92
5.2 Cellular Automata+Neural Network 模型思路和框架图	96
5.3 模型准备	98
5.4 模型运行和结果	113
5.5 基于模型模拟的三北防护林工程评价	120
5.6 本章小结	122
本章参考文献	123

第 6 章 结论和建议..... 127

本章参考文献	133
--------------	-----



第1章 绪言



1.1 世界林业生态工程

美国著名生态学家 H. T. Odum 最早提出“生态工程 (Ecological engineering)”的概念,生态工程的开山之作《Ecological engineering》^[1]将其定义为:对人类社会及其自然环境进行设计,它提供了保护自然环境,同时又解决难以处理的环境污染问题的途径。

森林生态系统 (forest ecosystems) 是陆地生态系统中面积最大、量重要的、类型多样的生态系统。它与人类息息相关,国内外生态学专家对此做了大量工作^[2~9]。林业生态工程是生态工程的重要分支,是为了保护、改善和持续利用自然资源和生态环境,提高人们的生产、生活和生存质量,促进国民经济发展和社会全面进步,根据生态学、林学及生态控制理论,设计、建造与调控以森林植被为主体的工程活动。规范的林业生态工程应有全面的工程规划,有明确的工程建设规模、工程区范围、投入资金和建设期限等内容,在施工过程中或竣工以后有相应的检查验收和监督体系来确保工程的数量和质量^[10~15]。林业生态工程本质上是人类试图通过对以植被为主的自然生态进行引导、经营和保育以达到预期目的的工程方式。

国外大型林业生态工程实践^[10,11,16]始于 1934 年的美国“罗斯福工程”。20 世纪以来,很多国家都开始关注生态建设,先后实施了一批规模和投入巨大的林业生态工程。其中影响较大的有美国的“罗斯福工程”,前苏联的“斯大林改造大自然计划”,加拿大的“绿色计划”,日本的“治山计划”,阿尔及利亚的“绿色坝工程”,法国的“林业生态工程”,菲律宾的“全国植树造林计划”,印度的“社会林业计划”,韩国的“治山绿化计划”,尼泊尔的“喜马拉雅山南麓高原生态恢复工程”等。

美国的“罗斯福工程”,前苏联的“斯大林改造大自然计划”,阿尔及利亚的“绿色坝工程”和中国的三北防护林工程有世界四大造林工程之称,尤其是我国三北防护林工程因建设期限长、范围广、投资多,位于四大造林工程之首,被誉为“世界生态工程之最”和“绿色万里长城”^[16~18]。

① 前苏联的“斯大林改造大自然计划”^[19]。前苏联欧洲部分的草原地带由于过度开垦和乱砍滥伐导致自然灾害频发,斯大林提出了“斯大林改造大自然计划”,这个以营造防护林带为主框架的宏伟措施规定,在前苏联欧洲部分的南部和东南部的分水岭和河流两岸营造大型的国家防护林带系统,在农场和集体农庄的田间,营造防护林,绿化固定沙地。1949~1953 年,该工程营建防护林近 $3 \times 10^4 \text{ km}^2$,但到 20 世纪 60 年代末,保存下来的防护林面积只有 2%。赵宗哲先生在《农业防护林学》一书中,对这项规划亦曾有论及,“1954 年后逐渐终止营造



计划, 据资料: 1949~1953 年共营造防护林 $287 \times 10^4 \text{ ha}$ ^①——到 1960 年草原防护林面积仅为 $6 \times 10^4 \text{ ha}$ 。”

② 阿尔及利亚的“绿色坝工程 (barrage ver)”^[17,20~24]。为防止撒哈拉沙漠的不断北侵, 北非的阿尔及利亚从 1975 年起沿撒哈拉沙漠北缘大规模植树。该工程延伸到邻国摩洛哥和突尼斯, 长 1500km, 宽 20km。工程计划使阿尔及利亚林地面积每年扩展 10%。许多专家学者质疑该工程的有效性, 并对工程持否定态度^[20,22]。阿尔及利亚政府动员了全国力量, 包括干部、军人、职工、学生进行植树造林。从 1967 年到 1978 年, “绿色坝工程”仅保持了每年 3500ha 的造林进展, 远远低于规划目标。由于没有弄清当地的水资源状况和环境承载力, 盲目用集约化方式搞高强度的生态建设, 结果使生态建设变成生态灾难, 沙漠依然在向北扩展, 平均每年造林的成本是 1 亿美元, 现在该国每年损失的林地超过造林面积。

③ 中国的三北防护林工程。由于三北防护林大部分地区是降雨量只有 100~300mm, 蒸发量大于降雨量 20~30 倍的干旱、半干旱地区^[25], 与水热条件匹配, 植被的地带性分布是草原、稀树草原和荒漠草原, 一些学者认为集约化植树造林, 只会加速当地地下水位的下降^[26,27], 客观上起到破坏地表原有植被、加快沙漠化进展的作用^[28,29]。

世界四大造林工程中, 只有美国的“罗斯福工程”取得了成效^[10,11,24,30]。一个主要原因是美国在进行造林工程的同时, 不断进行监测和评价, 发现问题后及时修正方案和实施手段, 因而在“罗斯福工程”开展后不久, 美国随即成立了土壤保持局, 鼓励各州采取土壤保持措施, 并且大力推广农田免耕、休耕和粮草轮作等措施。与此同时, 数百万公顷易受旱灾的农田退耕还草, 改为牧场。同时新垦地上的几十万居民举家迁往西海岸, 上千万公顷的农田得到了自然退耕还草的机会。工程进行过程中, 经过不断监测、评价和实践, 发现 1~5 行窄林带, 特别是单行林带的效果较好, 于是大为推广, 取得了很好收效。与之相比, 前苏联“斯大林改造大自然计划”的工程中, 尽管“簇状”栽植 (种植) 法在许多地方导致大面积橡树幼苗死亡, 屡次失败, 但是仍然被教条地推广和坚持。阿尔及利亚也面临同样问题, 不论收效成败, 按照规划设想一味造林, 客观上不但没有阻止沙漠扩张的势头, 反而破坏了原有的植被。

1.2 林业生态工程的特点和评价难点

这些经验和教训反映出了林业生态工程的特点和难点, 即世界大型林业生态

① $1 \text{ ha} = 1 \text{ hm}^2 = 10^4 \text{ m}^2$ 。



工程无一例外地投入了浩大的人力、物力和财力,进行了详细、缜密的规划和设计,但其生态结果却千差万别。主要原因就在于林业生态工程不仅是受人为有意识活动的作用和引导,还很大程度上受各类自然因素(诸如气候、水文、地质等)的影响,而这些自然因素的影响很难大范围控制和长期预测,因而林业生态工程的发展和进程无法由规划者和操作者完全控制,所以工程的结果很可能和初衷截然不同、大相径庭。

解决这一难点的办法除了科学、合理地规划设计外,更为重要的是对林业生态工程进行有效监测和评价,在工程实施过程中,需要高效、准确、全面地对工程进行监测和评价,及时发现问题和不足,及时修正方案和调整各项具体措施。许多国家尤其是发展中国家的林业生态工程往往重设计、规划,轻监测、评价、少修正和更改。由于许多大型林业生态工程往往持续数十年或几十年,整个气候水文条件可能和当初规划设计时发生了很大差异,因此,长期的监测、评价,并且基于此进行必要的调整、修改甚至放弃当初的规划方案都不失为科学之举。

林业生态工程的另一个难点在于很难对工程的成败进行客观、准确的评价,而这种评价又极为重要^[31]。林业生态工程实施者可以完全控制和掌握工程的实施,但却无法或者很难控制工程的结果。因为人类并不能控制自然和完全改造自然,更多的是引导和保育自然生态系统朝向有利于人类生存发展的方面发展。林业生态工程由于受自然、人为多种因素的综合作用,尤其是受气候因素影响明显,因而很难甚至无法根据工程结果来判断该工程的优劣成败。同时,林业生态工程完全是一项人为工程,因此有必要判断其成败与否,发挥多大效益,主要原因是什么,从而总结经验教训,明晰责任,对公众和政府有一个明确的交代。

当前国内林业生态工程的综合生态评价,其评价的参照对比是基于工程实施前的区域状态,即评价隐含的一个前提假设是工程区如果不实施林业生态工程,则一直保持原状不变。这种假设显然不成立,实际上,区域生态系统是一个不断自组织、自演化的复杂系统,尤其对于长达十几年或者几十年的工程项目,许多植被生态系统完全有可能完成一个或几个演化周期。

对于小区域的生态工程,生态学上最常采用的是样方对比法,即在同样立地条件和气候条件下,A样方实施生态工程,B样方自然生长。工程实施完后,B样方就成为了工程评价的参照基准,如果A样方的植被状态和理化参数优于B样方,则工程成功,除此之外,工程皆告失败。这种做法的科学性和合理性在于样方对比考虑到了立地条件和气候条件的变化和生态系统自身的演化,这种演化可能对人类而言是一种生态退化(在气候恶化的背景下),也可能是生态进化和发育(在气候平稳或者有利的背景下),因而通过对比,能有效剥离自然因素的作用,直接评价该工程的影响和贡献。



林业生态工程评价的意义正在于此。人类无法控制自然规律和自然活动,但却能控制和矫正人类自身行为以便更好地适应自然,改善人类自身福利。这就是为什么在全球升温问题上,人类最大的努力是识别出由于人类活动排放温室气体对全球升温的贡献,从而通过减排来缓和人类活动造成的影响。

一个在气候条件不断恶化的背景下进行的林业生态工程,很可能远无法达到预期的植被长势和覆盖度,但不能据此判断该工程基本失败,因为很可能在没有人工干预和引导的情况下,生态系统会比现状更为脆弱和恶劣。因此,模拟一个潜在的在同等气候条件下演化的生态系统,就极为必要和重要,它是客观评价一个林业生态工程的参照和标准。通过科学的方法剥离出工程本身对区域生态系统的影响,并判断其正负和多少,从而可以明确工程的成败优劣。

因此科学、合理地评价林业生态工程,需要的是一个同样立地条件和气候条件下未受干扰的对比样方,对于大区域的林业生态工程,显然不现实,因此我们提出模拟“替代方案(the reference alternative)”作为林业生态工程的对比样方。

“替代方案”是国际上几乎所有重大工程必须设计和规划的一种方案,作为评价实施方案的参照,往往是工程规划方案中最保守,最低调的方案,因此作为工程的机会成本,用以进行工程的收益-成本分析。替代方案是评价工程成败优劣的必要条件,在生态、环境方面进行的大型工程,零替代方案(zero-alternative)更是评价工程生态效益、环境效益的出发点。零替代方案是指不采取任何工程行为,完全保持现状、自然发展的一种结果,美国环境质量委员会(Council on Environmental Quality, CEQ)将零替代方案作为评价生态、环境效益的基准。零替代方案类似传统生态学中的对比样方,基于对比样方,才能真正有效、客观地评价一个生态工程。

林业生态工程作用对象是区域生态系统,其是不断演化的活体,因此不采取任何工程措施便是其替代方案,相当于小区域生态工程的对比样方,只不过该样方并非真实存在,而是通过模型模拟实现,即模拟一种场景,实现区域生态系统在没有工程作用下的演化结果。模型是生态工程评价的重要基础和手段,只有通过模型,才可以模拟不同替代方案,判断和比较不同生态工程方案的效果^[32]。

通过对比替代方案和工程实际结果,就可以明确地评价工程的成效和价值,说明生态工程发挥的作用。如果工程结果劣于替代方案,则工程失败,工程效益必然是负值。如果工程结果优于替代方案,则可以进一步定量计算提高多少,效益多大。



1.3 基于遥感的林业生态工程监测和评价研究

林业生态工程的主要内容包括造林、种草、植灌、封育、水土保持、生态恢复、天然生态系统的保育、野生动植物保护等,其主要目的是工程区植被的恢复和保育。由于遥感对大尺度、长时期的植被动态和长势监测有着无与伦比的优势,因而在林业生态工程监测和评价中发挥着越来越重要的作用。

NDVI (Normalized Difference Vegetation Index) 是目前植被长势监测中应用最广泛的一种植被指数,并且具有快速、覆盖面积广的特点,在植被生态学研究发挥着愈来愈重要的作用,应用前景广阔^[33~35]。

NDVI是由RVI(Ratio Vegetation Index)非线性归一化处理后得到的植被指数^[35],其增强了对植被的响应能力,是植物生长状态及植被空间分布密度的最佳指示因子,已经得到了广泛的应用,包括土地覆盖变化、植被与环境因子变化、叶面积指数(LAI)、有效光合辐射分量(a-FAR)、净第一性生产力(NPP)及农业产量预测等。许多研究表明NDVI与叶面积指数(LAI)、植被覆盖率等参数有很好的相关性;NDVI在生长季节内的时间积分与NPP相关;研究还表明NDVI与叶冠阻抗、潜在水汽蒸发、碳固留等过程显著相关。在半干旱区地区,整个生长期的NDVI对降雨量、大气二氧化碳浓度变化均敏感。NDVI经比值处理,可以部分消除与太阳高度角、卫星观测角、地形、云/阴影和大气条件有关的辐照度变化(大气程辐射)的影响^[35,36]。

NDVI的计算公式如下:

$$NDVI = \frac{\rho_{nir} - \rho_{red}}{\rho_{nir} + \rho_{red}} \quad (1-1)$$

式中, ρ_{nir} 是地物近红外波段的反射率; ρ_{red} 是地物红波段的反射率。

Tangtham等人^[37]采用NDVI研究了厄尔尼诺(ENSO)对Chao Phraya河谷的水文、植被和火灾的影响。Donga等人^[38]基于NDVI估算了6个国家温带森林的生物量和碳源碳汇。Fraser等人^[39]通过热点探测和NDVI结合,监测北方温带森林的火烧地区。Arrigo等人^[40]利用NDVI通过模型计算NPP,以此作为对北方针叶林长势模型的验证。Myeong等人^[41]利用TM反演的NDVI时序数据,计算了美国纽约Syracuse城市森林碳储存、分布和变化。Carter等人^[42]利用ETM+数据反演NDVI,结合多光谱数据,研究其与植株胸高断面和立木密度之间的关系,从而确定森林结构特征的空间分布。Siddiqui等人^[43]利用MSS、TM等遥感数据,结合地面监测数据,研究河谷林地的变化。Baatha等人^[44]利用遥感数据,结合地面调查和监测,构建了地区生物燃料潜力的评价方



法。Qiao 等人^[45]利用 Landsat TM, CBERS-1 data 等多时相遥感数据监测黄土高原植被动态变化。Genevieve 等人^[46]利用多光谱、雷达等遥感数据,监测和估算了森林碳储存和碳排放的问题。Volcani 等人^[47]利用 NDVI 等遥感反演数据,监测和评价了半干旱地区林地在早期的生理生态状况和变化情况。Tuyt^[48]借助遥感数据结合长时期的监测数据,估算了俄勒冈州西部的森林生物量和 NPP。Bawa 等^[49]还发现 NDVI 与热带森林的物种多样性呈正相关。

NOAA/AVHRR (National Oceanic and Atmospheric Administration/Advanced Very High Resolution Radiometer)-NDVI 是迄今为止最长时间序列的卫星对地观测数据集之一,将其用于长时间序列的植被动态变化监测和气候因子与植被状况的关系研究具有明显优势,研究表明利用 AVHRR 数据获取的多时相 NDVI 数据在区域尺度植被覆盖分类和植被动态变化监测和评价方面都是非常有效的。

林业生态工程监测和有效性评价是林业生态工程评价的重要内容和基础性工作,主要指对已完成、或正在进行的林业生态工程系统客观地分析评价,以确定预期目标是否达到,建设过程是否合理,工程建设综合效益发挥得好坏以及后续发展能力的大小等,以便总结经验教训,并通过及时有效的信息反馈,为本工程或未来新项目的决策、管理和建设提出合理化建议,从而实现林业生态工程建设效益最大化。

遥感有着长时期、大尺度的监测能力,并且可以综合地反映地表植被信息,同时遥感具有时间分辨率高、价格低廉、数据稳定和标准统一等优点,对于解决工程区植被监测和评价问题有着无法替代的作用。因此利用遥感,尤其是长时间序列的遥感数据来监测和评价林业生态工程的进展和状态,无疑是最优选择。而 AVHRR-NDVI 在植被生态监测和评价中有着广泛的应用。

Taboada 等人^[50]利用遥感监测西班牙人工种植的桉树受到桉象 (*Gonipterus scutellatus*) 威胁的情况,并且划出受虫害的林区,评价落叶严重程度及判断潜在受灾区。Perrin 等人^[51]基于遥感估算比利时造林工程的碳汇贡献。Li 等人^[52]提出基于遥感和 GIS 建立林业工程的数字化管理。Sun 等人^[53]利用 CBERS-1 卫星监测西北的生态建设和生态恢复。Hasenauer^[54]提出基于遥感监测京都议定书的林业碳汇碳源的方法和技术手段。Helmschrot^[55]通过遥感获取土地利用数据,以便满足分布式水文模型 (Distributed Hydrological Modeling),监测和评价南非造林区。Ake 等人^[56]利用遥感监测京都议定书中的包括造林的森林监测,主要针对造林、重新造林和采伐森林 ARD (Afforestation, Reforestation, and Deforestation) 的监测。Goodenough 等人^[57]认为京都议定书需要各国提交 ARD 的情况,遥感发挥着非常重要的作用。Wood 等人^[58]综述



了加拿大利用空间技术和遥感监测林业动态和发展,实现加拿大林业可持续发展的管理和应对。Lachance 等人^[59]利用航片等遥感评价了造林工程对当地鸟类多样性和植物物种多样性的影响。Rowlinson 等人^[60]利用遥感辨识外来物种,辅助南非河岸地区去除外来物种的林业工程。Patel^[61]利用遥感实现农业生态区的监测和评价。

基于遥感的林业生态工程效益评价方法主要是通过模型模拟植被动态变化,从而和现状进行对比分析。Choi^[62]等利用冠层模型模拟林地长期立木量和动态变换,从而以此作为评价不同林业管理方式和经营方式的基础。Reynolds^[63]等通过模型对比,分析了使用除草剂、砍伐、人工控制及保持原状等 6 种针叶林地的管理方式,对局地小气候和土壤养分的影响,对比了不同替代方案的优劣和特点。Lindner 等人^[64]利用 GAP 模型模拟不同气候条件下植被状况,提出不同的管理策略。Schneider 等人^[65]通过不同植被动态模型模拟农田和林地对温室气体的减排效果,以及对碳交易市场价格的影响。Osborne 等人^[66]通过模型模拟证明保护圭亚那热带雨林,从而减少了碳的排放,不仅可以产生等同于砍伐森林产生的价值,而且不会对环境产生影响,从而使得这种替代方案成为最优。Thomson 等人^[67]通过林业发展模型,考虑了造林、砍伐、木材处理等,模拟了苏格兰在不同林业生态工程下所受的经济影响,基于 3 种不同木材消耗,模拟出 6 种林业发展场景。Shirley 等人^[68]通过空间景观模型 LANDIS 模拟了 5 种不同替代方案在密苏里州东南部的森林管理中的效果,定量地评价了不同方案的结果和不同因子如何影响森林的演化和管理。M'enard 等人^[69]利用 CA 模型模拟了不同林业管理政策下的森林格局特征和农田格局特征。Gustafson 等人^[70]构建了评价不同土地利用和资源管理措施对森林空间格局长期影响的 HARVEST 时空模型,并用其分析了 1985 年林业规划和 1991 年规划修正会对美国印第安纳州南部的 Hoosier 国家森林公园造成的影响,同时基于此,对不同的规划政策进行对比分析和评价。

由于三北防护林工程区并非单纯的森林生态系统或者农田生态系统,而是诸多生态系统组成的综合生态系统,因此很难用单一模型模拟,我们构建 Cellular Automata+Neural Network 模型模拟三北防护林“替代方案”,以此作为评价三北防护林第一阶段的评价参照。

1.4 中国林业生态工程和三北防护林工程的特点及问题

中国是世界上实施林业生态工程的大国。全国人工造林保存面积 $0.47 \times$



10⁸ ha, 居世界第一, 约占世界人工林面积的 26%^[71]。从 1978 年三北防护林体系建设工程上马以来, 我国陆续启动了 17 个林业生态工程, 到了 20 世纪 90 年代末, 整合为林业六大重点工程, 分别为: 天然林资源保护工程; “三北”和长江中下游地区等重点防护林建设工程; 退耕还林工程; 京津风沙源治理工程; 野生动物保护及自然保护区建设工程; 重点地区速生丰产用材林基地建设工程。其中, 三北防护林工程因建设期限长、范围广、投资多、效益大而被誉为“世界生态工程之最”。

中国的林业生态工程范围大、工期长, 往往涉及多个部门、多个行政单元(多个省市等)、多届政府, 因此对工程进行长期、稳定、一致的监测和评价非常重要^[72,73]。

更为重要的是林业生态工程实施的目的是改善和恢复区域植被, 提高区域生态环境质量和生态服务功能, 而并非为造林而造林, 为植草而植草, 所以工程监测不能只评价工程实施地方的成活率、森林覆盖率, 还要监测和评价整个工程区的植被状态。很多不合理的造林, 虽然成活下来, 但却导致了地下水位的下降, 致使周边的草地、灌木死亡, 这种生态工程实质上成为了生态破坏, 然而在生态监测和评价中却得不到反映。

三北防护林工程是世界上最大的林业生态工程, 是人类历史上规模最为宏大、时间跨度最为长久的一次改造自然行动。同时也是国内外受到质疑最多的一项林业生态工程, 国外一些林业专家认为三北防护林根本没有实际效果, 并且有可能破坏了当地生态^[24]。而国内一些专家、学者、记者也对“三北”一些区域造林工程的效果和工程的合理性产生了怀疑。

三北防护林工程建设涉及我国半壁江山的生态质量, 影响全国生态环境的改善。某种意义上, 三北防护林生态工程的成败标志和决定着中国林业生态工程的成败。

三北防护林工程从建设开始到现在, 取得了巨大的成就, 但也面临着诸多问题和质疑:

- ① 三北防护林工程区在第一阶段的植被生态整体水平是趋于变好还是恶化?
- ② 这种变化趋势是由于什么造成的?
- ③ 三北防护林工程对于工程区植被生态的贡献是什么? 三北防护林工程自身究竟发挥出了怎样的生态效果?

上述问题是任何一个林业生态工程都必须回答的问题, 也是决定林业生态工程成败的根本问题。传统方法很难定量、准确、科学地回答上述问题尤其是第三个问题, 这些问题的回答意味着技术方法和理论模型的创新。我们选择三北防护林工程作为研究案例, 试图通过遥感来监测和评价工程的运行状况和结果, 并构

建模型模拟“替代方案”，从而探索出客观、合理评价林业生态工程的方法体系。

1.5 三北防护林工程监测和评价方法及技术路线

本研究主要侧重的是方法研究，试图基于遥感，以中国三北防护林工程为例，评价和分析林业生态工程的特点和其对区域植被的影响。大区域、长时序林业生态工程，唯有基于遥感，才能真正实现对其进行科学、准确地监测和评价。

中国三北防护林工程是研究大区域林业生态工程的绝佳案例，因为无论在时间尺度和空间尺度上，它在世界上都是独一无二、举世无双的。评价生态效应和生态工程，短期和小尺度上，遥感都很难发挥长足优势。三北防护林工程第一阶段（1978~2000年）进行了23年，已经全部完成，因此这一段时期可以说是相对完整和独立的一个阶段，所以对其工程效果和植被特征进行评价和分析才有意义。并且在这一时期内，遥感数据基本完备，同时各类规划资料、基础数据等都汇总完成，因而使得利用遥感对其进行生态评价和分析成为可能。

林业生态工程是一种人为工程，但其工程过程却又杂糅着自然因素的重要影响，因而工程区在工程实施阶段的表现和结果无法直接反映林业生态工程的直接贡献。因此，对林业生态工程的生态结果和效益进行评价的核心和根本目的是分离出该工程对工程区植被生态的独立贡献。为达到这一目的，本研究分以下3个步骤。

第一步，针对林业生态工程区，评价从始至终的植被长时序变化特征和趋势特征。这一阶段主要是客观、全面地评价林业生态工程区植被在工程期间的生态变化，这一变化是区域植被受气候变化、人类活动以及林业生态工程共同作用下的生态过程和结果，因而对于林业生态工程评价而言，是初步性和基础性的工作。

第二步，试图通过改进后的残差法模型，去除气候因素对植被生长的影响，从而得到人类活动对工程区植被生长的作用。这一步通过剥离自然因素对区域植被的贡献，实现了工程实施阶段包括工程在内的人类活动对区域植被的影响，从而进一步逼近了评价的目标。

第三步，利用 Cellular Automata+Neural Network 模型来模拟林业生态工程区未受林业工程影响情况下的演化结果。从而比较模拟结果和现实状态，通过对比分析，分析林业生态工程对工程区植被生态的独立作用和影响。

总体技术路线图见图 1-1。



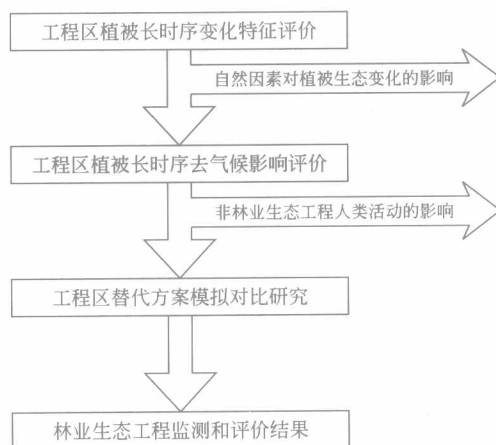


图 1-1 总体技术路线图

本章参考文献

- [1] Mitsch William J, Jørgensen Sven Erik. Ecological Engineering: an Introduction to Ecotechnology [M]. New York: Wiley, 1989.
- [2] 蒋有绪. 森林生态学的任务及面临的发展问题 [J]. 应用生态学报, 2002, 13 (3): 347-348.
- [3] 蒋有绪. 森林可持续经营与林业的可持续发展 [J]. 世界林业研究, 2001, 14 (2): 1-8.
- [4] 蒋有绪. 论 21 世纪生态学的新使命 [J]. 生态学报, 2004, 24 (8): 1824-1827.
- [5] 蒋有绪, 郭泉水, 马娟等. 中国森林群落分类及其群落学特征 [M]. 北京: 科学出版社, 1998.
- [6] 蒋有绪, 卢俊培等. 中国海南岛尖峰岭热带林生态系统 [M]. 北京: 科学出版社, 1991.
- [7] 方精云. 全球生态学 [M]. 北京: 高等教育出版社, 2000.
- [8] 蔡晓明. 生态系统生态学 [M]. 北京: 科学出版社, 2000.
- [9] 戈峰, 蔡晓明等. 现代生态学 [M]. 北京: 科学出版社, 2008: 352-434.
- [10] 程鹏. 现代林业生态工程建设理论与实践 [M]. 合肥: 安徽科学技术出版社, 2003.
- [11] 王百田. 林业生态工程学 [M]. 沈阳: 辽宁大学出版社, 2005.
- [12] 王晓军. 林业生态工程规划设计 [M]. 太原: 山西科学技术出版社, 2003.
- [13] 吴晓刚, 燕爱玲. 林业生态工程体系研究 [J]. 陕西林业科技, 2005, 1: 20-22.
- [14] 云正明, 刘金铜. 林业生态工程研究文集 [M]. 北京: 气象出版社, 1996.
- [15] 向劲松. 林业生态工程 [M]. 北京: 高等教育出版社, 2002.
- [16] 李世东, 翟洪波. 世界林业生态工程对比研究 [J]. 生态学报, 2002, 22 (11): 1976-1982.
- [17] 李世东. 世界重点林业生态工程建设进展及其启示 [J]. 林业经济, 2001, 12: 46-50.
- [18] 蔡晓明, 尚玉昌. 普通生态学 [M]. 北京: 北京大学出版社, 1995.
- [19] 刘恕, 田裕钊. 历史的启迪——从当年一项“向旱灾进攻”的巨型规划说起 [J]. 科技导报, 2003, 1: 7-10.
- [20] Zaimche S E. Change, The state and deforestation: the Algerian example [J]. The Geographical Journal, 1994, 160 (1): 50-54.