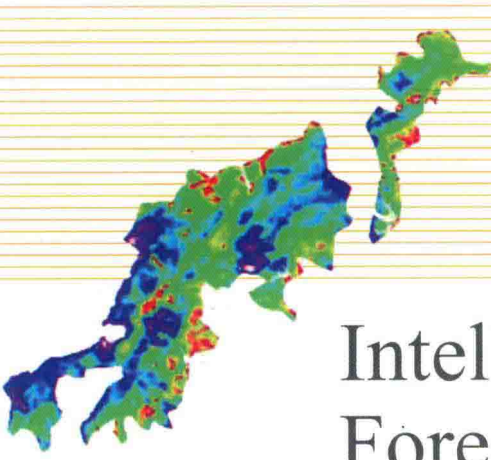




森林生态系统



智能管理

温作民等 □ 著

Intelligent Management of
Forest Ecosystems

中国林业出版社



森林生态系统智能管理

INTELLIGENT MANAGEMENT OF FOREST ECOSYSTEMS

温作民等 著



中国林业出版社

图书在版编目(CIP)数据

森林生态系统智能管理 / 温作民等著. —北京: 中国林业出版社, 2014. 3
ISBN 978-7-5038-7396-6

I. ①森… II. ①温… ②赵… III. ①森林生态系统—系统管理 IV.
①S718.55

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2014) 第 033048 号

责任编辑: 于界芬

电话: (010) 83229512

传真: (010) 83227584

出版: 中国林业出版社 (100009 北京西城区德内大街刘海胡同 7 号)

网址: <http://lycb.forestry.gov.cn>

发行: 中国林业出版社

印刷: 北京市昌平百善印刷厂

版次: 2014 年 9 月第 1 版

印次: 2014 年 9 月第 1 次

开本: 787mm × 1092 mm 1/16

印张: 10.25

字数: 220 千字

定价: 68.00 元



森林生态系统智能管理

著者名单

- | | |
|-----|--------------|
| 温作民 | 南京林业大学经济管理学院 |
| 赵庆建 | 南京林业大学经济管理学院 |
| 贾卫国 | 南京林业大学经济管理学院 |
| 陈书林 | 南京林业大学经济管理学院 |
| 王 磊 | 南京林业大学经济管理学院 |
| 刘 俊 | 南京林业大学经济管理学院 |
| 丁 胜 | 南京林业大学经济管理学院 |
| 朱小静 | 南京林业大学经济管理学院 |
| 吕 柳 | 南京林业大学经济管理学院 |
| 陈积敏 | 南京森林警察学院 |



前言

P R E F A C E

近年来,随着气候变化与人类活动的加剧,一系列生态安全问题不断突显出来:全球范围的生态系统退化、水土流失与荒漠化、森林衰退和植被带迁移、生物多样性丧失等。生态系统及其所提供的服务的变化已成为全球关注的焦点,引起了科学家、各国政府与社会各界的普遍关注。美国国家科学院院士明尼苏达大学著名生态经济学家 Steve Polasky 提出,面对未来的不确定性,需要解决三个方面的问题:①不同情景下生态系统服务的产生与变化;②生态系统服务对人类福祉的作用;③生态系统服务供应的可持续性问题。

森林生态系统作为陆地上最大的生态系统,其产品与服务功能已成为近年来研究的热点。森林生态系统的产品,可以概略地分为三大类,一类是生态系统实物产品,主要是木材和非木材林产品等;第二类是改善人类生态环境的公益,如涵养水源、保持水土等;第三类是为人类娱乐、美学、科学、教育、精神和文化方面提供的自然环境,如游憩和科研等。这三类产品,按照 Costanza 的定义,可以归为广义上的生态系统服务功能。受到气候变化与人类活动的双重驱动作用,森林生态系统服务正发生着巨大改变,这种改变可能是正向的(如增加了森林面积与生产力),或者提供了一些机会(如增加生物质能源的生产),更多的改变是增加了脆弱性,导致森林生态系统服务供应的减少(如土壤肥力减弱,水源涵养量减少、森林火灾风险增加),特别是生态脆弱区的森林生态系统。

作为复杂的生态系统,森林是一个由一定要素组成并形成一定的结构,同时在各组成要素间进行物质循环、能量流动、信息传递,彼此联系、相互依存,具有自我组织、自我调节的有机整体。从森林生

态系统的复杂性特点出发,我们认为,可以采取一定的智能管理理论与方法,以森林生态系统可持续性为目标,在深入探索、认识森林生态系统的内在规律、干扰过程的基础上,从而采取切实可行的管理实践活动。森林生态系统智能管理的核心任务是对森林生态系统变化的驱动因子、恢复力及适应性循环的辨识,并在此基础上提出管理模式与对策。

全书共分为8章。第一章探讨了全球变化下的森林生态系统,提出了当前森林生态系统研究的新特点;第二章研究了森林生态系统智能管理的理论基础,提出基于复杂性理论和异质性理论对森林生态系统进行智能化管理,并提出了森林生态系统智能化管理的基本方法;第三章基于卫星遥感实现了森林水文监测研究,重点在土壤含水量的反演及不同树种水源涵养能力的计算;第四章研究了水源涵养林生态修复的优化管理模式,提出了水源涵养林水源涵养功能评价方法及经营措施选择;第五章对森林火灾智能管理系统进行了分析、设计与开发;第六章研究了森林有害生物的适应性管理,提出了基于危机特征向量的有害生物识别方法和专家诊断系统;第七章对灾后森林结构的智能调节管理进行了研究,提出了基于过程模拟的灾后森林结构智能调节管理方法;第八章对森林适应性管理与区域经济发展的互动关系进行了研究,对老山林场生态用水和南京市浦口区经济发展进行了联动分析。

最后,我们要致谢对本书研究做出贡献的人们。本书是课题组所有同仁科学智慧和辛勤劳动的共同成果。赵庆建副教授、贾卫国教授、陈书林讲师、王磊讲师、刘俊副教授、丁胜副教授、朱小静副教授、吕柳教授、陈积敏讲师等人都对课题研究和本书出版做出了贡献。作者特别要感谢下列基金在本书研究与出版过程中给予的资助:国家“948”项目“森林生态系统适应性管理模式与技术标准引进”(编号2009-4-44),江苏高校哲学社会科学重点研究基地重大项目“基于复杂系统理论的生态系统智能管理研究”(编号2010JDXM016)。

温作民

2014年元月于南京



目 录

C O N T E N T S

前言

1 全球变化下的森林生态系统	1
1.1 全球变化	1
1.2 森林生态系统	2
1.3 全球气候变化对森林生态系统的影响	3
1.4 森林生态系统的自然与人为干扰	4
1.5 研究发展新变化	6
参考文献	7
2 森林生态系统智能管理的理论基础	8
2.1 智能管理的概念	8
2.2 两种基本理论	9
2.3 森林生态系统的智能管理	11
参考文献	19
3 基于遥感的森林水文监测研究	21
3.1 遥感图像的恢复处理	21
3.2 土壤含水量的反演	25
3.3 森林涵养水源效益评价	33
3.4 结论	38
参考文献	39
4 水源涵养林生态修复的优化管理模式	40
4.1 水源涵养林涵养功能评价方法	40
4.2 老山林场水源涵养林生态修复目标模式选择	47
4.3 老山林场水源涵养林生态效益的经营措施选择	55

4.4 结论	57
参考文献	58
5 森林火灾智能管理系统研究	61
5.1 森林防火三维电子沙盘	61
5.2 森林火险等级预报子系统	82
5.3 基于“3S”技术的森林防火数字化监控子系统	85
5.4 林火扑救指挥子系统	91
5.5 结论	98
参考文献	99
6 基于危机特征向量的森林有害生物适应性管理研究	102
6.1 森林有害生物适应性管理系统的目标功能分析和体系结构	104
6.2 森林生物灾害的特征提取及识别方法	104
6.3 基于危机特征向量的森林有害生物适应性知识管理	106
6.4 专家咨询诊断子系统	109
6.5 森林有害生物适应性评价	111
6.6 结论	114
参考文献	115
7 灾后森林结构智能调节管理研究	117
7.1 森林的空间结构	117
7.2 森林灾害及其分类	119
7.3 森林火灾的发生与发展机理	121
7.4 森林空间结构与火灾的关系	123
7.5 森林火灾风险评价与灾后森林结构智能调节	125
7.6 结论	128
参考文献	128
8 森林生态系统适应性管理对区域经济系统的影响研究	130
8.1 森林生态系统适应性管理与经济发展互动关系研究	130
8.2 研究区域（浦口区）城市生态用水量的测算与调整	133
8.3 基于P-M公式的老山林场森林植被生态用水定额测算	140
8.4 生态用水与区域经济之间的联动分析	148
参考文献	154



全球变化下的森林生态系统

1

1.1 全球变化

全球变化尤其是气候变化日益成为世界关注的焦点。现代科学证明,随着人类活动的加剧,环境破坏、气候变化的程度不断加深。自工业革命 200 余年来,现代化工业的迅速发展,带来了资源的过度消耗,化石燃料的大量开采、森林的大规模采伐、土地的非理性开垦以及过度放牧等,源源不断地向大气中排放着痕量气体,改变了大气的化学成分,驱使着痕量气体的动态平衡发生着一系列变化。 CO_2 、 CH_4 、 N_2O 、CFCs 等温室气体的迅速增加,已对区域乃至全球气候产生了明显的影响。据国际气候变化理事会(IPCC)对大气环流模式的评估,到 21 世纪中叶(2030—2050 年)时, CO_2 在大气中的含量将加倍(560~600mg/L),从而引起全球年均气温增加 1.5~4.5℃,其中陆地比海洋增温更明显,高纬度地区比全球平均增温幅度更大。气温变化将进一步引起一系列连锁反应:夏季降水和土壤湿度减小,亚洲季风加强,海平面将升高 20cm 左右,从而将对人类生活、农牧业生产、资源和生态环境产生严重影响。“全球变暖”为标志的气候变化使得一系列生态安全问题凸显出来。全球范围的森林衰退、生物多样性丧失、土地退化与荒漠化、水土流失、生态系统退化、植被带迁移等问题已成为科学家、各国政府与社会各界关注的焦点。

全球变化科学(Global Change Science)是 20 世纪 80 年代开始的一个新兴科学领域。它的科学目标是描述和理解人类赖以生存的地球环境系统的运转机制、它的变化规律以及人类活动对地球环境的影响,从而提高对未来环境变化及其对人类社会影响发展的预测和评估能力。全球变化研究主要包括 4 大国际计划:世界

气候研究计划(WCRP),国际地圈—生物圈计划(IGBP),全球环境变化的人文因素计划(IHDP)和生物多样性计划(DIVERSITAS)及其一系列核心研究计划。在上述计划的支持下,包括中国在内的众多科学家投入了全球变化的研究,并取得了一系列重要进展,达成以下多个共识(叶笃正,2002)。

(1)地球是一个包括许多子系统的大地球系统,这些子系统有着非常复杂的非线性的相互联系,任何一个子系统发生变化,其他子系统都将发生相互制约的改变。

(2)人类活动已成为推动地球系统变化的一种强迫力。这种强迫力在10年到百年尺度的变化上已与自然界相当或过之。人类的各种活动(如农业、工业、社会和经济活动等)是彼此关联的,其影响散布到地球各种子系统,有相互作用的影响又会发生反馈作用,从而影响人类活动。

(3)地球系统状态是不断变化的,是有不同的稳定状态。如系统受到的扰动超过某种阈值,它就由一种稳态变到另一种稳态,即发生了突变。突变对人类社会环境有重大影响。突变可以由自然过程引起,过去曾发生过;更重要的是人类活动如超过了某种阈值也可以引起突变。

(4)生物过程与物理和化学过程有着强烈的相互联系,生物过程在全球环境中的作用远比过去想象中的更为重要。如生物过程是地球表面(海、陆)与大气之间的物质交换过程中一种重要的媒介,对大气成分(如温室气体)变化有重要作用,还对地球系统中水循环起重要作用,这些都是引起气候变化的重要因子。

全球变化研究开创了自然科学领域大跨度的学科交叉,奠定了自然科学和社会科学相交叉的理论基础;开创了生命科学与非生命科学交叉的先河,涉及的生命科学有生物学、生态学、生理学、人类学和行为学等,涉及的非生命科学有:天文学、地球物理学、地球化学、控制论、系统论及计算机科学等(叶笃正,2000;IPCC,2001)。全球变化情景下一个十分重要的问题是:人类社会现有的农业、林业、畜牧业的体系,水资源体系,能源体系以及经济的宏观布局等,都是根据过去积累的气候和环境状况的信息和知识制定出来的。这些体系在全球变化的条件下是否还能适用?如何调整这些体系以适应已经发生和未来将可能发生的变化,以达到趋利避害的目的,就是人类对全球变化的适应问题。科学地评估全球变化对人类社会的影响是制定适应对策的科学基础。

1.2 森林生态系统

英国生态学家 Tansley 在 1935 年首先提出了生态系统(ecosystem)的概念。生态系统是指在一定的空间内生物成分和非生物成分通过物质循环和能量流动相互作用、相互依存从而构成的生态学功能单位,是生物及其非生物环境互相影响、彼此依存的统一整体。在自然界,任何生物群落都不是孤立存在的,它们总是通过能量和物质的交换与其生存的环境不可分割地相互联系、相互作用着,共同形

成一个统一的整体，这样的整体就是生态系统。按照生态系统的上述定义，我们既可以从类型上去理解，例如森林、草原、荒漠、冻原、沼泽、河流、海洋、湖泊、农田和城市等；也可以从区域上理解它，例如分布有森林、灌丛、草地和溪流的原野或是包含着农田、人工林、河流、池塘和村落的一片平原地区都是生态系统。整个地理壳便是由大小各种不同的生态系统镶嵌而成。生态系统是地理壳的基本组成单位，它的面积大小很悬殊，其中最大的生态系统就是生物圈，它实质上等于地理壳。

森林生态系统是森林群落与其环境在功能流的作用下形成一定结构、功能和自调控的自然综合体，是陆地生态系统中面积最多、最重要的自然生态系统。地球上森林生态系统的主要类型有4种，即热带雨林、亚热带常绿阔叶林、温带落叶阔叶林和北方针叶林。森林生态系统分布在湿润或较湿润的地区，是陆地上生物总量最高的生态系统，对陆地生态环境有着决定性的影响。森林生态系统的主要特点是动物种类繁多，群落结构复杂，其种群密度和群落结构能够长期处于稳定的状态。

森林的主要组成是种类繁多的植物和动物，植物以乔木为主，也有少量灌木和草本植物；动物依赖于丰富的食物和栖息场所，其种类繁多。森林不仅为人类提供大量的木材和林副产品，而且在维持生物圈的稳定、改善生态环境等方面起到重要作用。通过光合作用，森林植物时刻都在消耗大量的二氧化碳，释放出氧气，对于维持大气中二氧化碳和氧含量的平衡具有重要意义。雨季，乔木层、灌木层和草本植物层都通过截留部分雨水，大大减缓地面受到的冲刷，从而最大限度地减少地表径流。枯枝落叶层的功能就像一层厚厚的海绵，既能够大量地吸收和贮存雨水，同时又搭建起一个地表微生物的天堂。由于森林在涵养水源、保持水土方面起到的重要作用，其享有“绿色水库”之称。

1.3 全球气候变化对森林生态系统的影响

未来气候的变化对森林的影响及森林对气候的反馈作用已引起人们极大的关注，并进行了大量的研究(王汉杰, 2008; 郝建锋, 2008)。人们通过气室实验和模型模拟，在时间尺度上从几天到几个世纪，以及在空间尺度上从叶片到个体、种群、群落、生态系统、景观、区域及全球等各个层次来阐述气候变化对树木生理、物种组成和迁移、森林生产力以及物种和植被分布等多方面的影响。

物种分布 气候是决定森林类型(或物种)分布的主要因素，影响森林生态系统特点和分布的两个最为显著的气候因子是温度的总量和变量以及降雨量。当前，人们正是基于气候与植被(或物种)间的关系来描绘未来气候变化下物种和森林分布的情形。而另一个有利于气候变化对物种和森林分布影响的证据是来自于全新世大暖期物种的迁移和灭绝。但是与全新世相比，未来全球温度升高的速率更大，全球自然景观也因人类活动的影响而发生了巨大的变化。因此，未来气

候变化将给物种和森林的分布带来更为严重的影响。

森林生态结构 森林生态系统的结构和物种组成是系统稳定性的基础,生态系统的结构越复杂、物种越丰富,则系统表现出良好的稳定性,其抗干扰能力越强;反之,其结构简单、种类单调,则系统的稳定性差,抗干扰能力相对较弱。千万年来,不同的物种为了适应不同的环境条件而形成了其各自独特的生理和生态特征,从而形成现有不同森林生态系统的结构和物种组成。由于原有系统中不同的树木物种及其不同的年龄阶段对 CO_2 浓度上升及由此引起的气候变化的响应存在着很大的差别。因此,气候变化将强烈地改变森林生态系统的结构和物种组成。

物质循环 气候变化对物质循环具有直接的影响。物质循环包括水循环、碳循环、微量元素循环等。以森林生态系统中的碳循环为例,森林通过光合作用将大气中的碳吸收进植物体内,同时森林的凋落物又通过微生物、昆虫和土壤动物等分解者的降解作用,把 CO_2 释放回大气,把养分归还林地。气候变暖势必影响到森林光合作用和凋落物的分解速度。物质循环速度的变化将进一步影响到森林生长和凋落物累积的速度。

森林生态系统的格局与过程 森林生态系统组成与结构的多样性,涉及从个体、种群、群落、生态系统、景观、区域等不同的时空尺度,交织着复杂的生态学过程。气候变化对乔木、灌木和草本植物的生活史、生理特征、分布和群落组成结构,尤其是对森林生态系统中的建群种、优势种和指示种的种群动态、生理生态和分布格局的变化具有重要影响。气候变化对绿色植物的光合作用、呼吸作用具有重要影响;气候变化直接影响到降雨和土壤水分状态;气候变暖等对植物水势、气孔导度、细根养分吸取和植物光合作用效率产生重大影响。总之,气候变化通过影响植物的生境条件、光合作用等,影响着林木的生长率、死亡率、林木材质的时空变化。

水土保持功能 气候变化,尤其是气温和降水的变化,不仅将改变林木树种组成、叶表面积、根系特性等森林特征的变化,而且将改变森林的分布空间区域,使得林地变成草原甚至荒地,从而导致林冠截流、林冠蒸腾、地表径流和水分保持水土功能的变化。

森林火灾 全球变暖的一个严重后果是森林火灾频发。森林凋落物的积累和干湿状况,是森林火灾爆发的重要影响因子,森林火灾发生频度和强度产生直接的影响。森林大火给人类和生态环境带来的是无穷的灾难。

1.4 森林生态系统的自然与人为干扰

干扰是指在时间序列上一个中断系统与生物群落并改变资源与物理环境的间断事件(朱教君,2010)。由这个定义可知,干扰是一个间断事件,相对于森林生态系统的漫长演化来说,干扰持续的时间很短;只有那些能够明显改变系统的生

物及非生物事件才称得上干扰,小规模、小强度事件不应被称为干扰。干扰往往用类型、频率、被干扰度、干扰强度、分布和面积等特征来加以描述。

在森林生态系统中,自然干扰常包括森林火灾、病虫害、风倒及气候变化等(魏晓华,2009)。所有森林生态系统都会经历干扰,不同的森林生态系统,其主要的自然干扰类型不同。在中国的大、小兴安岭地区,森林火灾是最主要的干扰,而在广东或福建沿海地区则风倒或台风的干扰可能就比森林火灾要频繁得多。

森林火灾是指由于自然或人为因素而导致的林火行为,由于其失去控制,在林地内自由蔓延和扩展,从而对森林、森林生态系统和人类带来巨大的危害和损失。森林火灾的突发性强、破坏性大,处置救助困难。森林火灾的大小常以受害森林面积、成灾森林面积和株数来衡量。我国规定,成片受灾林木(包括成林、幼林和竹林),受害面积在 10 ~ 1000 亩*者为森林火灾;受害面积南方林区在 1000 ~ 10000 亩、北方林区在 1000 ~ 50000 亩者为森林大火灾;受害面积南方林区超过 10000 亩、北方林区超过 50000 亩者为森林特大火灾。单位受害森林面积中,成林被烧毁或烧死的株数在 30% 以上,幼林在 60% 以上者为成灾森林面积。森林火灾带来一系列的巨大危害:①森林火灾不仅烧死、烧伤林木,直接减少森林面积,而且严重破坏森林结构和森林环境,导致森林生态系统失去平衡,森林生物量下降,生产力减弱,动物和鸟类减少,甚至造成人畜伤亡;②高强度的大火,将破坏土壤的化学、物理性质,降低土壤的保水性和渗透性,使林地和低洼地的地下水位上升,引起沼泽化;③土壤表面的炭化增温,将加速火烧迹地干燥,导致喜光性杂草丛生,不利于森林更新或造成耐极端生态条件的低价值森林更替;④森林火灾还对水文、水土流失、水质、水生生物等有着巨大的负面影响。

病虫害是森林常易遭受的另一种危害。当森林成为成熟林或过熟林时,各种病虫害的侵袭与干扰将成为常态。这些干扰可能是小范围、局部的,也可能是大范围、毁灭性的。病虫害既有当地的,也可能是外来入侵的。病虫害爆发的时机与强度常常取决于 3 个因素,又称病虫害干扰的三角形,即病虫害源、环境与森林载体。

人为干扰是指人类为了满足对自然资源的需求与利用,采取各种手段向自然系统进行索取,从而对自然系统做出的改变,如森林无限量采伐、大规模采矿、道路修建、水资源不合理利用以及排污等。人类对自然界的干扰随着人口的不断增加和社会经济活动的加剧而增强,例如,世界森林资源由于采伐和林地农田化,导致森林面积正以较快的速度减少。森林面积的减少又降低了对不断增加的 CO₂ 等温室气体排放的平衡能力,造成大气中 CO₂ 等温室气体在过去几十年内增加数十倍,使得全球面临气候变暖的巨大威胁。

* 1 亩 = 0.0667 hm²。

森林采伐分为树干采伐、整株采伐和全树采伐。树干采伐是将树干拿走，枝条和叶子留在林地；整株采伐是将所有的树干、枝条和叶子全部拿走；全树采伐在整株采伐的基础上还包括根部生物量。根据森林主伐方式可分为皆伐、渐伐和择伐。择伐是指每隔一定年限在伐区伐去部分成熟林木的森林主伐方式。伐后的林中空隙，逐渐为天然更新的苗木所补充，形成复层异龄林，可保持良好的森林环境，是防护林、风景林的主伐方式。渐伐是指在较长期限内（一般不超过一个龄级）分次伐掉伐区上全部成熟林木的森林主伐方式。又称遮荫木法或伞伐法。渐伐的更新过程和采伐过程同时并进，通过逐次采伐，为林木的结实及下种创造有利条件，留存的林木则对幼苗起保护作用。皆伐是指在一个采伐季节内，将伐区上的林木全部伐除的主伐方式。伐后迹地一般采用人工更新，在目的树种天然更新有保障时，也可采用天然更新或人工促进天然更新。更新后形成的森林为同龄林，也是单层林。不同的采伐利用强度对环境的影响是不同的。

认识自然干扰与人为干扰的差别对于人类能否模仿自然干扰便可做出一个明智的判断，也有助于在设计人类经营管理措施时尽可能考虑一些自然过程。

1.5 研究发展新变化

当前森林生态系统管理研究的重点和发展趋势呈现出一些新的特点（程国栋，2009；于贵瑞，2009；Zhao Qingjian, Wen Zuomin 2011；赵庆建，温作民，2012）：

（1）适应与减缓全球气候和环境变化带来的影响成为研究的焦点。全球气候和环境变化对农业、经济、生态、环境和健康等各个方面产生日益重大而深远的影响。森林生态系统的适应性在许多情况下已被气候变化（如干旱、洪涝、泥石流）、人为扰动（如土地利用变化、过度采伐、自然系统分割）和其它全球变化驱动因子的空前变化和多重因子的叠加胁迫所超过，导致森林生态系统的退化甚至崩溃。减灾与适应性管理成为森林生态系统管理研究的焦点。

（2）森林生态系统与社会经济系统的集成研究成为主体思路。研究社会经济与森林生态系统的双向驱动机制，测量、模拟和分析森林生态系统的耦合过程是认识森林生态系统变化和可持续发展管理的前提。集成研究方法正逐渐成为科学界共识。

（3）更加关注基础理论研究，以及关注解决区域和全球重大社会需求。森林生态系统的脆弱性、灾害恢复力、减贫问题、土地可持续利用、重大灾害防治等重大社会需求要求研究重点放在基础理论上，同时要结合区域特点，为经济、社会可持续发展提供更为直接的服务。

（4）研究方法重视采用多尺度、多过程、多学科的综合集成分析。森林生态系统是非线性的复杂系统，在不同时空尺度上具有不同的特点和规律。所涉及的时间尺度包括几秒、小时、几天、年再到几十年、数百年甚至上千年，空间尺度

包括几平方米的局地到几千平方公里的区域、流域以至生物圈。森林生态系统中各种因素、各种过程具有错综复杂的耦合关系。融合多种观测手段,采用多学科集成的方法来计算、模拟和分析,从而改进和提高管理能力,是森林生态系统研究的重要趋势。

参考文献

- 程国栋,等.黑河流域水—生态—经济系统综合管理研究[M].北京:科学出版社,2009.
- 郝建锋,金森,马钦彦.气候变化对暖温带典型森林生态系统结构生产力的影响[J].干旱区资源与环境,2008,22(3):63-69.
- 王汉杰,刘健文.全球变化与人类适应[M].北京:中国林业出版社,2008,10.
- 魏晓华,孙阁.流域生态系统过程与管理[M].北京:高等教育出版社,2009.
- 叶笃正,符淙斌,董文杰.全球变化科学进展与未来趋势[J].地球科学进展,2002,17(4):467-469.
- 叶笃正,吕建华.对未来全球变化影响的适应和可持续发展[J].中国科学院院刊,2000(3):183-187.
- 于贵瑞,等.人类活动与生态系统变化的前沿科学问题[M].北京:高等教育出版社,2009.
- 朱教君,刘世荣.森林干扰生态研究[M].北京:中国林业出版社,2007.
- 赵庆建,温作民.自然启发计算与系统建模[M].北京:中国林业出版社,2012.
- IPCC Workings Group II. Impacts, adaptation and vulnerability, climate change 2007 [R]. Cambridge University Press, 2007.
- Zhao Qingjian, Wen Zuomin. Complex social ecological systems network: New perspective on the sustainability[J]. Advanced Materials Research, 2011, 361: 1467.

2.1 智能管理的概念

人类的自然智能伴随着人类活动时处处存在。人类的许多活动,如解答题、猜谜语、进行讨论、编制计划和编写计算机程序,甚至驾驶汽车和骑自行车等等,都需要“智能”。如果机器能够执行这种任务,就可以认为机器已具有某种性质的“人工智能”。不同科学或学科背景的学者对人工智能有不同的理解,提出不同的观点,人们称这些观点为符号主义(Symbolism)、连接主义(Connectionism)和行为主义(Behaviorism)等,或者叫做逻辑学派(Logicism)、仿生学派(Bionicsism)和生理学派(Physiologism)。此外还有计算机学派、心理学派和语言学派等(蔡志兴,1996)。

智能管理(Intelligent Management, 简称IM)是人工智能与管理科学、知识工程与系统工程、计算技术与通信技术、软件工程与信息工程等多学科、多技术相结合、相互渗透而产生的一门新技术、新学科。它研究如何提高计算机管理系统的智能水平,以及智能管理系统的设计理论、方法与实现技术。智能管理是现代管理科学技术发展的新动向(Schwaninger, M., 2000)。

从控制论的立场看,智能化应包括以下能力:

- (1) 对变化环境的适应性;
- (2) 影响和改变环境的能力;
- (3) 必要时发现新领地或随着环境变化而重组自己;
- (4) 对自身所嵌入的更大系统的可持续性做出贡献。

发展这些能力的潜力可以有意创造出来。智能化实质上与处理复杂性与多样

性的能力相关联,两者都是自动控制的核心。

2.2 两种基本理论

为了准确把握“智能管理”的本质与意义,需要深入探索“智能管理”的两种基本理论,即复杂性理论和异质性理论。

2.2.1 复杂性理论

近年来,对于复杂系统的研究正在改变我们对于世界的认识(Heylighen, F., 2007)。随着科学的发展,与复杂性相关的理论和概念的进展也具有了哲学的意义(Gershenson, C., 2007)。什么是复杂性?让我们回顾一下拉丁语词根“complexus”,意思是缠绕或拥抱。可以用以下方式解释:为了获得复杂性,需要:①两个或更多组成部分;②连在一起,很难分离。由于两个部分连在一起,一个部分的变化将会影响到另一个部分。这使得系统全局的行为很难用部分来追踪。典型的例子包括活细胞、社会、经济、生态系统、互联网、天气、大脑和城市。它们都包含了大量交互作用的元素,由此产生了复杂的全局行为(Gershenson, C., 2005)。对复杂性进行严格定义的困难在于简单和复杂系统之间没有一个明确的独立于环境的分界线。例如,一个具有复杂结构的系统的动态可能是简单的、复杂的或混沌的。元胞自动机与随机布尔网络是典型的例子,它们的组成都很简单,但是宏观的表现却是复杂的。

“复杂性科学”的概念首先由比利时著名科学家普利高津(Prigogine)提出。普利高津指出:“在经典物理学中,基本的过程被认为是决定论的和可逆的”,“物理科学正在从决定论的可逆过程走向随机的和不可逆的过程”。普利高津紧紧抓住的核心问题就是,经典物理学在其研究中常常采用的是静态的、简化的研究方式,从不考虑“时间”这个参量的作用,无视自然变化的“历史”性。普利高津所提出的关于复杂性的理论是不可逆过程的物理学理论,其主要揭示的是物质进化机制的耗散结构理论。1984年美国的圣菲研究所成立,从普利高津手中接过了“复杂性科学”的旗帜。其研究成员来自于世界各地各学科领域的顶尖科学家。由于实力雄厚,现在被视为世界复杂性问题研究的中枢。圣菲研究所的学术带头人、诺贝尔物理奖获得者盖尔曼如此提及圣菲研究所的研究宗旨:“现代科学的一个重大挑战是沿着阶梯从基本粒子物理学和宇宙学到复杂系统领域,探索兼具简单性与复杂性、规律性与随机性、有序与无序的混合性事件”。

复杂性科学是系统科学发展的新阶段,也是当代科学发展的前沿领域之一。是继“老三论”(系统论、信息论和控制论)与“新三论”(耗散结构论、协同论和突变论)之后的第三代系统科学观。它的研究重点是探索宏观领域的复杂性及其演化问题,涉及数学、物理学、化学、生物学、计算机科学、经济学、社会学、历史学、政治学、文化学、人类学和管理科学等众多学科。英国著名物理学家霍金