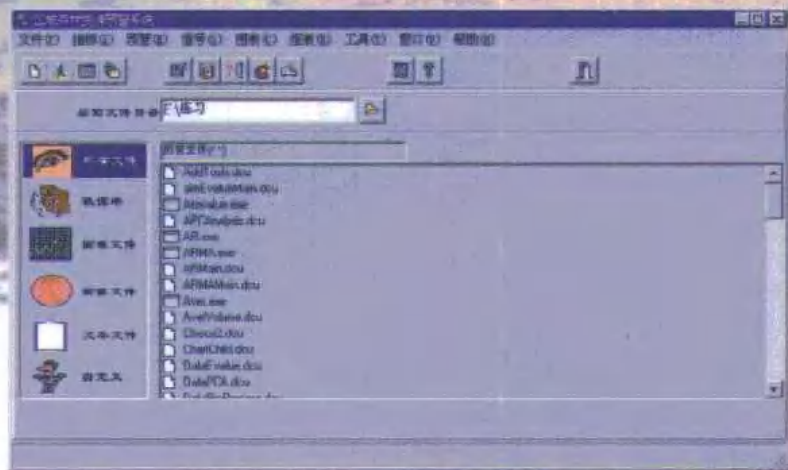


区域森林资源预警系统的研究

云 南 省 林 业 科 学 院
云南省森林植物培育与开发利用重点实验室
国家林业局云南珍稀濒危森林植物保护和繁育重点实验室

吴延熊



云南科技出版社

730

576
w86

区域森林资源预警系统的研究

云 南 省 林 业 科 学 院
云南省森林植物培育与开发利用重点实验室
国家林业局云南珍稀濒危森林植物保护和繁育重点实验室

吴延熊 著



A0913803

云南科技出版社

内 容 简 介

本书在可持续发展理论的指导下,以综合集成的方法,通过对区域森林资源预警系统的基本概念、基本理论和基本方法的探讨,初步形成了区域森林资源预警系统的理论框架。在理论框架的指导下,从预警系统研建的必要性和可能性讨论出发,对预警系统的技术系统及其组织实施的制约因素进行了全面分析。同时,还利用基于 C/S 体系结构的可视化开发环境——Delphi,实现了县域森林资源预警技术系统——RFREWS1.0,并进行了相应的预警实证分析。

本书是部门专业预警系统的理论、方法、技术及其实际应用的研究专著,可供从事资源保护、环境管理、生态监测和灾变预警等研究领域的科研教学人员、管理决策人员以及系统开发人员的参考。

区域森林资源预警系统的研究

吴延熊 著

责任编辑 侯德勋

云南科技出版社出版发行(昆明市书林街 100 号)

昆明新星印刷厂印装

开本: 787×1092 1/16 印张: 14 字数: 339 千字

1999 年 3 月第 1 版 1999 年 3 月第 1 次印刷

印数: 1000

ISBN 7-5416-1257-X/S·202 定价: 28.00 元

若发现印装错误请与承印厂联系

前言

五年前，当我驻足黄河第一桥，向下俯瞰时，为其震天的涛声而感慨，为其飞溅的浊浪而怅触。黄河宛如一条受伤的蛟龙，嘶鸣着，怒吼着，裹挟着大量泥沙狠狠地甩向下游的礁石，满目赤红，烟尘迷漫。“位卑未敢忘忧国”，作为极其普通的资源与环境工作者，我感到自己肩负着极不平凡的重任，仿佛听到母亲在撕心裂肺地呼喊，仿佛看到母亲的筋脉在沾沾地滴血。

就从那次泪洒黄河后，我迈着沉重的步履开始探索可持续发展、预警系统、综合评价等等熟悉而又陌生，普遍而又关切的问题。没想到，一旦涉足，便一发不可收拾，也许自己道行不高，以至于泥足深陷，不能自拔。五年来，没有一天不想到预警，然而思量越多，越感到知之甚少，越欲扑捉，越感到迷离失措。

应该说选择区域森林资源预警系统这样一个目前还是空白，大家都不很清楚，但又急需研究的课题，需要一定的勇气。这种勇气来自预警系统在相关领域取得的丰硕成果，来自母亲河畔发自心灵的呼唤，来自哥伦布的预言：“许多年月以后，一个时代行将到来，那时海洋将打开它的锁链，一个辽阔的大陆就会展现出来。那时忒提斯会发现一个新世界，而图勒就不再是大地的极限了。”

虽然我不曾有过哥伦布式的科学发现，但他的探索精神在研究区域森林资源预警系统的过程中至少也有所体现。

预警系统是一个极富创造性的领域，因为它还有许多空白有待人们去填补，还有许多技术需要人们去发展，还有许多概念需要人们去澄清……。每个富有创新精神的探索者都会从中感受到前所未有的“愉快和无穷魅力”，因为从中可以“演绎出丰富多彩的世界”，可以感受“创新与实现”的沉醉。

预警系统还是一个富于挑战的领域。这里没有盲从，没有绝对的权威，没有教条和禁忌，更没有专制与歧视。那些认为“预警”、“警素”等等神秘莫测、难于掌握的人，不是因为这些东西真的很难，而是因为这些东西提供了大量可以选择的“可能”和“机会”，提供了丰富的“创造和想象的空间”。但不幸的是，我们缺少选择的机会和权利，在缺少创造激情的空气中呼吸太久了，以至于我们许多人已经习惯于“命令行”方式来理顺自己的思路，习惯于“告诉我怎么做我就怎么做”的思维模式，所以面对丰富的选择空间和多样的选择机会时，我们茫然失措。这是比预警研究更为重要，更值得人们深思的问题。

那种单色调、纯线性的思考方式，那种既缺乏主见，又没有创见，还惧怕“木秀于林”的陈旧观念，在预警领域中悄然占据了主要地盘，使得一些人被攫取了主动精神，从而造成预警系统与“林家铺子”擦肩而过。

在这个崇尚创新和追求变革的时代，可持续发展战略再一次提出研建预警系统的要求。是机会，也是时代的召唤，于是国内外众多专家学者，孜孜而挥汗，群英荟萃，论著生辉。拜读之下，而知浅薄，研究之后，而知艰难。涉及面虽广，每一方面的内容，当前却不甚宽，且有高见者甚众，因之久久怯于动笔，深明黄鹤楼下李白无句之心境，只因灏诗在上头。

是压力，也是动力；群芳艳丽，也需要小草。作为研究心得，一孔之见，挂一漏万地介绍区域森林资源预警系统研究的有关成果，亦为一大乐事。于是不揣浅陋而斗胆，围绕区域森林资源预警系统的理论和实践两个方面，试图立足于可持续发展和系统工程的高度，着眼于区域森林资源预警系统的概念、理论、方法和技术，从理论研究入手，归结于预警技术系统的实际运作。五年间数易其稿，每写一稿时都有过兴奋与激动，每写完一稿时，都感到遗憾与失望，不知改过多少回，说不清还有多少遗憾……。

拙作脱稿之际，中华大地遭遇了历史罕见的特大洪水，长江、嫩江、松花江流域全线告急。当我亲眼目睹抗洪英雄与洪魔顽强斗争的场景时，突然感到又一次置身于五年前那个让人心情沉重的世界。

面对书稿，我的心潮澎湃。在这令人激荡的世纪之交，又赋予我特别的希冀：作为林业工作者，我们云南省林业科学院成立四十周年（11月15日）；作为“自然使者”，我们迎来了以“人与自然”为主题的中国'99昆明世界园艺博览会（5月1日）；作为炎黄子孙，澳门回归祖国（12月20日）。

当我满怀信心准备跨入21世纪之时，我也决不会忘记那些为拙作作过杰出贡献的人们，因为它凝聚了不少人的心血。它是国家林业局云南珍稀濒危森林植物保护和繁育重点实验室，以及云南省森林植物培育与开发利用重点实验室（以下简称重点实验室）的研究成果之一。

五年来，我的家人曾做出过多少奉献和牺牲，我的师长曾给予多少启发与灵感，我所读过那几百篇文献的作者和译者曾给予多少思想与启迪，说不清，道不明。但我深知没有这一切，就没有这本专著。尽管片言只语无以描绘，但他们所给予的一切已深深地镌刻在我的心灵深处。

需要指出的是，北京林业大学的陈谋询教授和董乃钧教授、中国林科院的张守攻研究员、中国科学院的牛文元研究员、中国人民大学的顾海兵教授、国家林业局的周昌祥教授级高工和李克渭高工、新疆农业大学的潘存德教授、浙江林学院的周国模副教授、云南省林业科学院张裕农院长和朱用亨书记、重点实验室常务副主任李玉媛研究员和重点实验室顾问郭立群研究员等都给予了许多帮助和教诲。特别是北京林业大学原学报主编、原学术委员会主任、博士生导师关毓秀教授还为拙作挥毫作序，勉励晚辈，令我信心百倍。

值得一提的是，本书的出版是在云南省林业科学院张裕农院长和朱用亨书记、重点实验室常务副主任李玉媛研究员和重点实验室顾问郭立群研究员等的大力支持下，由重点实验室组织出版的。

区域森林资源预警系统的研究是一项既有学术意义，又有社会价值的工作，还是一项规模宏大的系统工程，牵涉到许多方面、许多学科、许多部门，没有众多学者的通力合作，没有社会各界的鼎力支持是难以取得成功和进展的。拜读知不足，著后而知大不足。献芹习作，企求自圆之余，难免思路离谱，讹误挂漏百出；唯求集诸家之高见，盼抛砖引玉之效果，诚非俗家谦词。

拙作中提出的一些观点只是我个人的研究心得，所阐述的只是“发生史”的素材，而不是“编年史”；不是一个“已经完成了的构筑好的体系”，而是一个“正在发生的过程”。森林资源，特别是云南省的珍稀濒危森林植物资源的保护、监测和预警是我们重点实验室的主攻方向之一。我将在中荷合作“森林和生物多样性资源调查、监测和分析”项目中，

继续进行这一主题的研究。“路漫漫其修远兮，吾将上下而求索。”

因此这里探讨的许多问题，有的可能还不太成熟，需要进一步的工作；有的可能完全错误，需要进一步的修正；有的还会引发一些争论；但倘若能对推动预警系统在资源与环境领域的深入研究作出微薄之力，我也就深感欣慰。

作为探路者之一的我，只是在这一方面开了一个头，作了一点尝试，呼吁一下，呐喊几声。但我深信“许多年月以后，一个时代行将到来，那时预警系统将向人们指示森林资源的走向，那时人们不再为资源危机而措手不及，那时……。”愿此刻字为铭！

最后，谨将此书献给每一位林业工作者，愿 21 世纪的云南林科院益加辉煌！献给每一位自然爱好者，愿中国'99 昆明世界园艺博览会圆满成功！献给每一位炎黄子孙，愿澳门的明天更加美好！

吴廷能

1999 年 2 月 16 日农历正月初一

于昆明市黑龙潭畔书缘斋

引 子

“可以毫不夸张地说，从来没有任何一种文明，能够创造出这种手段，能够不仅摧毁一个城市，而且可以毁灭整个地球。从来没有整个海洋面临中毒的问题。由于人类贪婪或疏忽，整个空间可以一夜之间从地球上消失。从来没有开采矿山如此凶猛，挖得大地满目疮痍。从来没有头发喷雾剂使臭氧层消耗殆尽，还有热污染造成对全球的威胁。”——摘自未来学家托夫勒的《第三次浪潮》。

人类社会的漫长的征服自然和改造自然的过程中，建立了当今灿烂的文明，但是垄断资本主义社会生产固有的竞争性和掠夺性，加上发展中国家经济发展带有的粗放性和盲目性，激发技术圈成为破坏生物圈，威胁人类圈的异化力量，从而导致当今严重的“自然社会综合症”。人口膨胀、粮食短缺、资源耗竭和环境污染等一系列严重问题是自然社会综合症的表征。人类从违背自然规律，盲目征服自然而屡受自然界惩罚，饱经灾难折磨的深刻教训中，逐渐醒悟到：根治自然社会综合症的唯一药方是社会可持续发展战略。

当可持续发展战略由政治家的口号变为实际的行动，由科学家的理论变为具体的操作时，人们开始关注它的技术支撑和保障体系——预警系统的研究。

预警系统脱胎于军事领域，然而它一走上民用的舞台，便显示了它的广阔前景。预警系统在宏观经济调控中首先得到应用，其次便是灾害管理，而后区域综合预警和部门专业预警系统相继出现。区域森林资源预警系统就是一类很有特色的部门专业预警系统，是区域森林资源实现可持续发展战略的技术支撑和保障体系。它通过对一定区域范围内森林资源的现状和未来进行测度，预报不正常状态的时空范围和危害程度，对于已有问题提出解决措施，对于即将出现的问题则给出防范措施的报警和调控系统。它服务于区域森林资源的宏观管理，从属于区域森林资源宏观管理系统的反馈调控子系统。

只是，区域森林资源预警系统的理论探讨才刚刚开始，许多理论问题亟待进一步研究澄清；研建预警系统的实践活动还没有展开，有待人们在研建系统的实践中检验和丰富相应的预警理论。本研究针对这些问题作了初步探讨，在可持续发展理论的指导下，本着综合集成的系统工程观点，经过几年的艰苦努力，取得了如下研究成果：

- λ 初步确立了区域森林资源预警系统的概念框架。通过对区域、预警、警义、警情、预警指标和区域森林资源预警系统等等概念的全面分析和深度开发，初步形成了一个具有专业特色和部门特点的概念框架；并提出概念开发的三个原则问题，即概念的动态性和稳定性，概念的理论性和实用性，概念的复杂性和明确性。
- λ 粗略构建了区域森林资源预警系统的理论体系。通过对区域森林资源预警系统的理论基础、预警原理和调控机制的全面阐述，粗略构建了既符合森林资源特点，又符合预警系统要求的理论体系。同时以渐进性理论为基础，即从区域森林资源可持续发展动态评价的角度；以突变论为基础，即从区域森林资源系统稳定性熵分析的角度，对区域森林资源总体警素作了预警分析，其中，动态评价得出的警度划分区间是：

轻警： $YI_D(t) \leq YI_D(t-5)$ 或 $YI_H(t) < YI_H(t-5)$ 但 $YI_O(t) \geq YI_O(t-5)$ ，

中警: $YI_D(t) \leq YI_D(t-5)$ 或 $YI_H(t) < YI_H(t-5)$ 且 $YI_O(t) < YI_O(t-5)$,

重警: $YI_D(t) \leq YI_D(t-5)$ 且 $YI_H(t) < YI_H(t-5)$;

稳定性熵分析得出的警度划分区间是:

轻警: $[\frac{K}{3}, \frac{K}{2}]$ 或 $[(3+\sqrt{3}) \cdot \frac{K}{6}, (6+\sqrt{3}) \cdot \frac{K}{9}]$,

中警: $[\frac{K}{6}, \frac{K}{3}]$ 或 $[(6+\sqrt{3}) \cdot \frac{K}{9}, (15+\sqrt{3}) \cdot \frac{K}{18}]$,

重警: $[0, \frac{K}{6}]$ 或 $[(15+\sqrt{3}) \cdot \frac{K}{18}, K]$ 。

- λ 深入研究了区域森林资源预警系统的基本方法。通过对区域森林资源预警系统的基本方法——综合评价法概念内涵和发生背景的研究,特别提出和强调了二类新的综合方法,即组合评价法和组合预测法。同时,对区域森林资源预警系统的具体方法,如警度确定方法和警兆识别方法进行了探讨。在警度确定方法中,引进和提出了系统化方法、控制图方法、突变论方法、对比判断法和综合评判法等;在警兆识别方法中,引进和提出了 K-L 信息量法、ARIMA (p, d, q) 时差互相关分析法、聚类分析法、马场法和循环匹配法等。
- λ 研建了县域森林资源预警系统的技术系统。通过对预警系统研建的必要性和可能性的探讨,对预警系统的技术系统及其组织实施的制约因素进行了全面分析和研究。在技术系统部分,利用基于 C/S 体系结构的开发工具——Delphi,实现了县域森林资源预警系统——RFREWS1.0;在制约因素部分,从预警意识、职能机构和数据挖掘等方面提出了相应的对策。
- λ 开展了区域森林资源预警系统的实证分析。通过对浙江省淳安县森林资源总体警素的预警实证分析,从时段和时点两个尺度,对淳安县森林资源是否偏离可持续发展目标,以及偏离的严重程度进行了合理判断,进一步检验和丰富了上述有关预警系统的理论、方法和技术。

总之,通过对区域森林资源预警系统理论和实践二个方面的研究,不仅为研建适合我国国情、省情和林情的区域森林资源预警系统奠定了理论基础,而且为预警系统的建设和实施奠定了实践基础;不仅为深化区域森林资源内部管理、强化其外在调节约束机制提供了新的思路和方法,而且为确保区域森林资源走可持续发展之路提供了技术支撑体系;不仅有利于区域森林资源实现高产、高效、优质和持续发展,而且还有利于整个区域社会可持续发展战略的实现。

第一章 立题依据

区域森林资源预警系统的研究概述

第一节 国内外研究概况

虽然预警思想古已有之，但预警一词最早出现于军事领域。由于军事在一个国家和民族的生存和发展进程中特有的地位和作用，因此预警在军事领域得到了深刻的发展和完善。从预警飞机到预警雷达，从常规战争预警系统到现代核战预警系统，从地区冲突预警到世界大战预警，从美国星球大战计划到欧洲尤里卡计划，都进一步推动了预警理论和实践的发展。

预警系统在军事领域脱胎、发育和逐渐走向成熟，然而它一走上民用的舞台，便显示了它的广阔天地。它只有在民用领域，才能真正找到造福人类的用武之地。预警系统在宏观经济调控中首先得到了应用，其次便是灾害管理、区域综合预警和部门专业预警系统也相继出现。

一、经济预警系统的研究

经济发展是社会进步的一个主要方面。经济发展过程中不可避免出现周期性波动，即经济周期客观存在。由于经济周期，特别是经济危机的频繁发生对经济发展有不同程度的破坏作用，促使人们利用经济指标来研究宏观经济监测预警系统，为宏观经济有效调控建立“晴雨计”（Barometer）或“报警器”（Warning Apparatus），这种经济预警系统在国际上经历了初期理论探讨，中期实践应用，近期深化拓展三个发展阶段。

1. 初期理论探讨

经济预警系统（Economic Early-Warning System）的理论探讨可以追溯到 19 世纪末期，对经济预警系统的理论依据：经济周期（Economic Cycle）的探讨。英国经济学家 W. S. 杰文斯在 1875 年便提出了有关经济周期的理论假说——气象说^[1]。此后人们对经济周期从各种不同角度进行研究，形成了各种理论假说。凯恩斯的“宏观经济学”和哈伯勒的“繁荣与萧条”把经济周期的研究推向一个新的阶段^[2]。尽管我们难以判断各种经济周期的理论假说孰是孰非，但有一点不容否认：经济周期的客观存在性。

1888 年法国经济学家 A. Fourille 在巴黎统计学会上发表“社会和经济气象研究”一文，提出经济监测预警思想。A. Fourille 认为经济波动可以如气象观察一样预先测定，可以根据影响经济波动的因素构造经济“晴雨表”。他用黑、灰、淡红和大红几种颜色代表影响经济波动因素的四种状态，并据以测定法国 1877~1887 年的经济波动（Economic Fluctuation）。1908 年英国贝弗里季绘制了描述宏观经济波动的“国家波动图”。1909 年，美国经济统计学家 R. W. Babson 始创 Babson 统计公司，就在其刊物上发表关于美国宏观经济状态的第一个指示器——Babson 经济活动指数。R. W. Babson 正式把经济波动的测定称为经济景气分

析 (Economic Monitoring), 把对未来经济态势的预测称作经济预警 (Early-Warning)。两年之后, 从事景气监测的美国布鲁克达尔经济研究所, 也编制了涉及股票市场、一般商品市场和金融市场等方面的景气指标。同年, 法国经济恐慌委员会改组为常设机构, 编制法国的各种商情指数和向政府提供关于经济危机的预警报告。1917 年美国哈佛大学在 W. M. Persons 教授领导下的景气监测研究所成立从事景气监测的“经济调查委员会”, 该委员会广泛搜集美国 1875~1913 年的经济统计资料, 用新的景气指数编制方法, 设计出“美国一般商情指数”即哈佛指数, 并从 1919 年开始在《经济统计评论》上定期发布^[3]。

哈佛指数一经提出, 便被许多西方国家采纳。1920 年, 英国创立“伦敦与剑桥经济研究所”, 并与哈佛经济调查委员会合作采用哈佛指数的构造思想和方法编制“英国商业循环指数”反映英国景气状况。1922 年, 《瑞典经济评论》发表瑞典商情指数。1925 年, 德国也成立景气研究所, 次年发布“德国一般商情指数”。此后, 日本、法国、意大利等相继效仿, 并编制了本国的“晴雨计”。

2. 中期实践应用

从 30 年代开始, 经济预警系统便进入第二个发展阶段, 即在实际应用中不断修正、发展和完善。

哈佛指数曾经风靡一时, 然而在 1929 年资本主义世界经济危机到来之际, 却指示经济将继续扩张, 从而遭到了极其惨重的失败。有人开始怀疑经济预警系统的现实意义及其研究的必要性, 甚至开始否认经济预警的可能性。美国民间的国家经济研究所 (National Bureau of Economic Research, NBER) 所长朱契尔仍坚持不懈从事景气监测的应用研究。他和经济统计学家伯恩斯研究的经济预警系统, 由 21 个指标构成的超前指示器, 指出美国经济在 1937 年特大危机之后复苏的可能时间表。这一判断为后来的经济变动所证实。1950 年 NBER 的 Moore^[4]在米契尔——伯恩斯经济预警系统的基础上, 选择由先行 (Leading)、同步 (Coincident) 和滞后 (Lagging) 三类, 共 21 个指标构成的预警指标体系, 并采用扩散指数 (Diffusion Index, DI) 来综合多指标信息, 用以测度宏观经济综合状态, 使系统对经济波动的衰退和复苏都有良好的反映。为保证系统的正常运行, G. Moore 每隔五年便对系统作一次修正和完善, 主要进行构成指标的替换。

1961 年, 美国商务部正式启用 NBER 经济预警系统, 并在《经济循环发展》上逐月发表预警结果, 以数据和图表两种形式提供宏观景气动向的信号。这标志着宏观经济监测预警系统在实践应用中日趋成熟, 已从民间研究走向官方实际应用阶段。各国政府部门相继运用预警系统这一手段来调控宏观经济运行状况。1961 年, 美国国情普查局开始在《商业循环发展》上报告商情, 从 1972 年开始, 由美国商务部经济分析局 (Bureau of Economic Analysis, BEA) 承担循环指标的编制和出版工作, 并把《商业循环发展》易名为《商情摘要》 (Business Digest)^[5]。1965 年, 法国政府制定“景气政策信号制度”, 1968 年, 日本经济企划厅发布《日本景气警告指数》经济白皮书。

3. 近期深化拓展

从 70 年代开始, 经济预警系统又踏上了一个新的台阶, 经济预警系统自身不断完善深化, 应用领域不断外推拓展。这个时期, 经济预警系统自身发展主要体现在: ①预警指标综合化。早期经济预警指标体系基本由相互独立的指标构成, 并依据单一指标进行预警。50 年代出现反映经济综合状况的 G. Moore 扩散指数 (DI), 60 年代美国商务部经济分析局的

希斯金提出综合指数 (Composite Index, CI) 用于综合多指标信息。以 DI 和 CI 为基础的综合性指数在 70 年代得到了迅速发展, 另外, 综合指数构成指标的选择也依据评分系统, 而非主观人为分析判断。这样, 预警指标日趋科学、合理和灵敏。②预警方法多样化。经济预警方法从黑色预警即根据警素的时间序列波动规律, 不借助于警兆直接预警发展到多色预警, 如黄色预警即依据警兆进行预警; 红色预警即依据警兆以及各种环境社会因素进行估计; 绿色预警即依据警素的生长态势, 特别是农作物的绿色指数预测经济未来和白色预警即在基本掌握警源条件下用计量技术进行预警等。③预警系统趋善化。经济预警系统从单一依据预警指标输出预警结果, 发展到由用于选择预警指标的评分子系统, 用于处理统计原始数据的信息收集处理子系统, 警源诊断子系统, 警兆辨识子系统, 警度测报子系统和排警子系统构成的完整系统。特别是信息收集处理子系统和排警子系统得到了前所未有的重视。

经济预警系统向内不断优化系统的结构和功能, 同时向外不断拓展系统的应用领域。一方面国际性经济监测预警系统脱颖而出, 另一方面, 经济预警系统从西方工业化国家向发展中国家和以计划经济为主的社会主义国家扩展。1979 年, 美国的 NBER 和 CIBER (Center for International Business Cycle Research, 国际经济周期研究中心) 联合建立一个“国际经济指标系统” (International Economic Indicators System) 用以监测西方主要工业国家的景气变动。经济合作与发展组织 (Organization of Economic Cooperation and Development, OECD) 于 1978 年组建了应用先行指标系统监测 20 多个成员国经济动向的机构。1979 年, 欧洲共同体开始研究关于成员国景气状况的监测预警系统, 并于 80 年代初投入运行。1984 年, 日本经济调查研究所开展了一个研究区域景气变动的 SEPIA 项目。SEPIA 主要研究亚洲各国, 特别是项目成员国印度尼西亚、菲律宾、新加坡、泰国、南朝鲜和印度的景气循环, 建立了一个区域性经济预警系统。到 80 年代中期, 发展中国家特别是经济发展较快的国家和地区的经济预警系统如雨后春笋般涌现出来。前苏联和东欧诸国虽然不时经受经济周期的折磨, 但由于特殊的政治氛围对以计划经济为主导的经济周期的研究十分肤浅, 较有影响的是前南斯拉夫的霍尔瓦特^[6]于 1969 年出版的《南斯拉夫的经济周期》, 直到最近几年, 对经济周期的研究才掀起了一个高潮, 但经济预警系统的研究还处于探索、效仿阶段。

我国经济预警系统研究的历史轨迹可以从表 1-1 略见一斑。虽然我国对经济预警系统的探讨时间不短, 然而国家级研究首推吉林大学系统工程研究所 1987 年鉴定的“我国经济循环的测定和预测”。同年, 国家科委中国科技促进发展研究中心发表“我国宏观经济增长波动的状态分析与宏观调节问题探讨”。1989 年国家统计局统计科学研究所研建我国宏观经济动态的监测预警体系。中国人民大学国民经济管理系顾海兵教授主持的国家“七五”重点科技攻关项目“国民经济动态分析及预警系统”获部重大科技奖。1993 年国家统计局统计科学研究所张泽厚教授主持完成宏观经济监测预警实用系统——中国经济监测预警分析系统 (System of Economic Monitoring and Warning Analysis SEMWA) 的研建, SEMWA 的功能结构如图 1-1 所示^[8]。

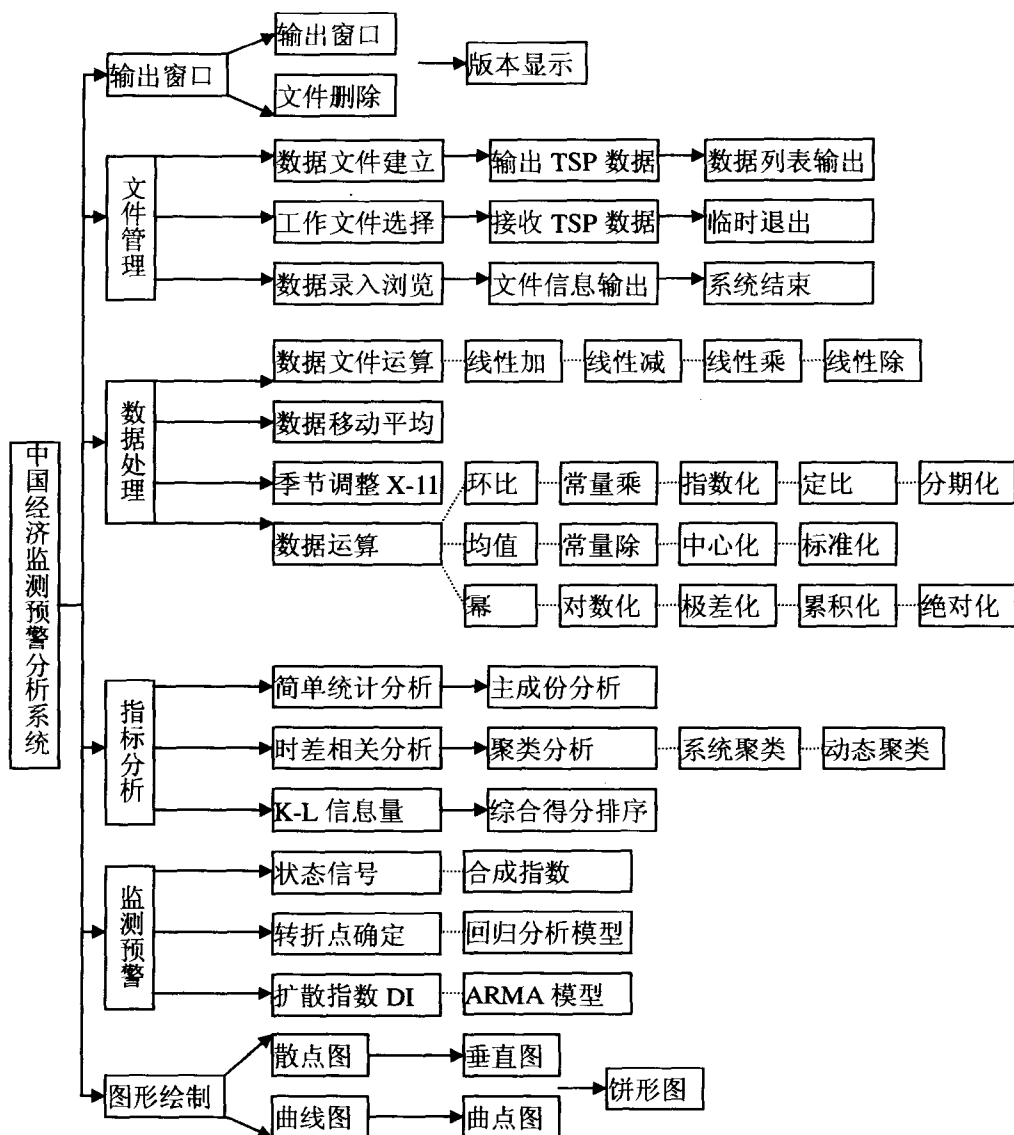
1990 年毕大川等主编的第一本专著《经济周期和预警系统》由科学出版社出版。较有影响的著作还有顾海兵等的《中国工农业经济预警》和《未雨绸缪——宏观经济问题预警研究》, 张泽厚的《中国经济波动与监测预警》和王小波等的《经济周期与预警研究——

理论、方法、应用》等。研建区域经济预警实用系统最早的就是 1992 年北京建立的“工业

表 1-1 我国经济预警系统研究的历史（顾海兵^[7]，1993）

TABLE 1-1 Research history of economic Early-warning system in China (Gu Haibing^[7], 1993)

阶段	起止时间	基本概念	研究方法	主要特点
空白期	1962-1959 年即“一五”时期和大跃进时期	a. 高速度 b. 有计划按比例 c. 平衡	定性	a. 强调高速度 b. 强调超计划、高指标 c. 否定“警情”
萌芽期	1960 年 - 1965 年即三自然灾害时期与恢复调整时期	a. 波浪式高速度 b. 综合平衡 c. 平衡与不平衡	定性，平衡法	a. 强调持久发展 b. 承认经济发展有不平衡现象 c. 承认经济发展有暂时的“低潮” d. 强调平衡及各种比例
夭折期	1966 年 - 1976 年即十年动乱时期	a. 抓革命、促生产 b. 高速度	定性	a. 强调政治挂帅 b. 不研究经济发展的起伏 c. 承认政治生活有“警情” d. 承认政治斗争有周期性
潜伏期	1977-1978 年即改革准备阶段	a. 持续高速度 b. 综合平衡 c. 按比例 d. 现代化	定性，平衡表	a. 综合平衡是高速度发展的条件 b. 强调合理的经济比例 c. 承认经济发展会出现“警情”、“潜在危险”
再生期	1979-1980 年即改革开始阶段	a. 速度与比例 b. 改革与发展 c. 综合平衡 d. 经济发展起落	定性，平衡表，投入产出表	a. 强调比例及合理的经济结构 b. 改革可以促进经济发展 c. 要科学计划，要有预测观点 d. 经济发展速度不能持续较高 e. 要避免经济发展的“大起大落”
生根期	1981-1985 年即改革发育阶段	a. 国民经济良性循环与恶性循环 b. 经济发展战略 c. 短期增长与长期增长 d. 增长质量即效益 e. 经济运行机制 f. 经济成长	定性，平衡表，投入产出表，经济计量模型，优化理论，控制论，系统论	a. 承认国民经济既有良性循环又有恶性循环 b. 指出恶性循环及良性循环的“标志” c. 强调经济发展既不能过慢也不能过快 d. 要对经济作预测、预报 e. 对某些经济变量变化要研究其是否有“警戒线”，例如储蓄是否是“笼中虎”等
生长期	1986 年以后即改革阶段	a. 经济发展波动及周期 b. 经济预警、监测 c. 经济调节与控制 d. 稳定增长 e. 社会主义初级阶段	定性，平衡表，投入产出表，经济计量模型，突变论，非平衡系统论	a. 对经济发展要监测 b. 提出预警概念 c. 允许经济发展有波动、有周期性 d. 开发国民经济预警系统

图 1-1 SEMWA 功能结构示意图 (张泽厚^[8], 1993)FIGURE 1-1 The function and structure diagram of SEMWA (Zhang Zehou^[8], 1993)

经济宏观监测预警评价体系”^[9]，另外，上海、广州等城市相继建立了各自的区域经济预警系统，对城市经济运行进行预警。

二、灾害预警系统的研究

从大禹治水到女娲补天，从夸父逐日到后羿射日都记载着人类同灾害搏斗的血泪史。人类不仅要面对诸如地震、干旱、洪涝、火灾、泥石流这样的自然灾害，还要应付诸如战争、人口过剩、交通事故、工程灾害这样的社会灾害。灾害使人类受尽折磨，带走了人类宝贵的生命和财产，留下的却是深重的苦难和危机。过去 20 年里，自然灾害吞噬了全球的

280 万人口,受灾人口则多达 8.2 亿,造成了约 250~1000 亿美元的财产损失。而中国每年因自然灾害损失近 100 亿人民币,约占国民收入的 1~2%^[10]。1987 年大兴安岭北部的一把火,使该地区的森林覆盖率大降 14.5%,造成了 5.2 亿元的直接经济损失,总损失约 84 亿元^[11]。社会灾害更让人们尝尽了苦头,历时 6 年之久的第二次世界大战,参战国 61 个,作战面积达 2000 余万平方公里,伤亡 9000 余万,直接军事开支 1352 亿美元,占交战国国民收入总和的 60~70%,经济损失超过 4 万多亿美元,其中中国损失达 1000 多亿美元。伴随无数次灾害严峻挑战的同时,灾害预警系统的出现是历史和逻辑的必然,是现代科学技术发展的结晶。

灾害有突发性和不稳定性的一面,更有一个孕育的过程和质量互变的契机;有必然发生不可抗拒的一面,更有准确监测预警和合理决策减灾的一面。灾变发生机制的复杂性使得人们难以预料和从容应付它的到来,这种事先无知正是灾害之所以成灾的主要原因。准确的预报和合理的决策是灾害得以有效抵御和减免的唯一有效的途径。灾害预警系统就是对某种致灾体的未来状态进行测定,预报不正常状态的时空范围和危害程度以及提出防范措施。社会灾害有其特有的复杂性,战争预警系统的研究有其特有的保密性,而其他社会灾害预警系统的探讨还刚刚开始,因此,我们这里的灾害预警系统主要指自然灾害预警系统。

灾害预警系统简单的概念化模型如图 1-2 所示。由数据采集系统收集灾害监测预警数据、环境背景数据、灾害历史数据和承灾体数据;由地理信息系统结合自然灾害模型、抗灾性能模型和灾害评价模型进行灾害时空分析,判断是否成灾、灾害等级、影响范围和持续时间。一方面作出灾情早期报警,另一方面结合监测预测模型作出发展趋势预测,并快速把信息发布到用户及其服务网络。

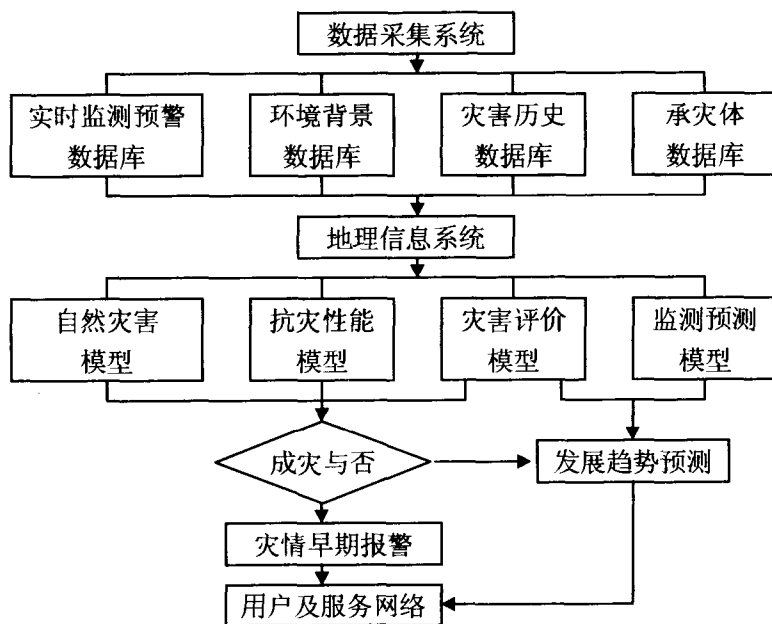


图 1-2 灾害预警系统简单的概念化模型

FIGURE 1-2 Simple conceptual model of disaster Early-warning system

灾害预警系统的出现较经济预警系统晚得很多，但灾害预警思想却源远流长。1500 年前的涪陵石鱼（水文观测之用）便是早期人们在干旱、洪涝灾害中利用预警思想的见证。明代（1368~1644 年），徐光启在农政全书中阐述的防灾抗灾思想的精髓便是“预弭为上，有备为中，赈济为下”的三项原则。随着现代科学技术的迅猛发展，特别是空间技术和计算机技术的发展，灾害预警思想也就演变成了给人类带来福音的灾害预警系统。

国际气象观测网络作为业务部门已为世界各国成功服务多年，成为人们日常生活不可缺少的组成部分。许多国家还分别建立水文观测、地震测报、火灾监测等灾种的监测预警台站并联成网络，对自然灾害过程进行连续的监测和预警，并研究其发生、发展以及爆发的规律，建立模型进行预警。我国自然灾害监测和预警系统包括致灾因子的观测网络；观测数据的实时收集、传输和交换的电信系统；数据处理、加工、分析和诊断、模拟和预报警报的制作系统；预报警报的传播分发和服务系统等四部分^[12]。全国气象监测网已有地面气象站 2490 个，测雨站点 957 个，无线电探空和雷达测风站 143 个，专业气象监测人员 2 万人（1992 年），初步形成了气象灾害监测与预报警报系统。全国水文站 3172 个，水位站 1149 个，雨量站 15368 个，实验站 64 个（1992 年）。全国海洋监测站网有沿岸及岛屿海洋站 60 个，中心海洋站 10 个，其中 30 个站配备了自动测波系统，由 1300 个专业和地方台站组成，组成了国家级、大区域级、省级和地（市）级监测预报系统。全国地质环境（灾害）监测及省级监测站共 30 个，地级监测站 160 个，地下水情监测点 1.9 万个。全国农业病虫鼠害测报站 1900 多个，专业测报人员近万名；在全国各开放口岸、港口和机场建立了 240 个动植物检疫站，在国内建立动植物检疫站 1800 个，拥有技术人员 8000 多名。全国已建立森林病虫害防治站 1898 个，有专职测报人员 8000 多人。到 1992 年底，全国重点林区已建成森林防火站 334 处，防火台（哨）6132 座，建立火险天气预报站 112 处，护林警察部队 1 万人，共建 13 个航空护林站网，拥有航空护林飞机 60 架。到 1992 年底，13 个省（区）建立了草原防火指挥部。上述自然灾害监测网络及预报警报系统的建立，基本上形成了一个综合的灾害监测预警系统，是我国主要的非工程减灾措施。例如，1989 年，国家气象中心对我国 890 号台风在浙江象山登陆前三天进行了准确的预警，使应急准备有了充足的时间，仅死亡 5 人。而 1956 年同样强度的 5612 号台风在象山登陆时，竟造成 3400 人死亡。又如 1985 年 6 月 12 日，长江秭归县新滩发生了 2000~3000 万立方米的大型滑坡，其中 200 万方入江，停航 12 天。由于预警系统及时发出警报，无一人伤亡，财产损失也极小，否则有可能造成 8700 万元的直接经济损失。预警投资约 200 万元，这项防治经济效益为 1: 44^[13]。

灾害预警系统在防灾抗灾中的作用和地位，以及它在减灾中的效益和威力，驱使各灾种的预警系统在世界范围内遍地开花。第 42 届联合国大会在 1987 年 12 月 11 日通过第 169 号决议，开展“国际减轻自然灾害十年（1990~2000 年）（International for Natural Disaster Reduction）”活动，“其首要目的便是提高各国能迅速有效地减轻自然灾害影响的能力，尤其要特别注意当发展中国家需要时帮助他们建立预警系统”^[14]。1991 年，我国成立了中国“国际减灾十年委员会”，《中国减灾》同时创刊。中国“国际减灾十年”的主要目标和行动计划是：在本世纪最后 10 年里，对地震、洪水、干旱、虫灾、火灾、雪灾、沙漠化等七种重大自然灾害的遥感宏观监测的技术和方法进行攻关，以建立起我国重大自然灾害的实用化的遥感实时监测和快速评估的运行系统。“八五”国家科技攻关项目“重大自然

灾害监测与评估系统”，应用 RS 和 GIS 技术，选择对中国有重大影响的自然灾害和若干地区，建立了具有应用性质的试验系统，对重大自然灾害进行预警。

灾害预警系统在新的科学技术支撑下和各国政府与国际组织财政支持下，在最近十年有了一个质的飞跃。

(1) 从一般定性的或单纯的台站监测预警发展到定量和利用 3S 技术、计算机网络进行的四维时空监测预警网络。RS（遥感）、GIS（地理信息系统）和 GPS（全球定位系统）相结合的 3S 技术使得灾害预警系统如虎添翼，从数据采集、信息处理到成果输出具有全气候、全天时、大面积、低费用、快速高效的特点。美国的紧急事务管理信息系统（Emergency Management Information System, EMIS）是为应付各种自然灾害和人为事故以及战争等出现的紧急状态而建立的预警系统。EMIS 就是利用 3S 技术和计算机网络实现灾害预警及其决策支持。该系统信息源包括地面站网观测数据、未来规划数据和实时 RS 数据，数据类型包括属性数据和空间数据^[15]。目前气象卫星、陆地卫星和海洋卫星是灾害预警系统实时 RS 数据的主要来源。为适应灾害预警系统的进一步发展需要，我国学者张国富等人（1991）^[16]提出减灾卫星的构想，拟装配合成孔径雷达（SAR）和多通道可见光与红外扫描辐射计和数据收集系统（DCS），作为将来自然灾害预警系统的主要信息源。

(2) 从单学科、单灾种的研究发展到多灾种综合预警系统，从一般的防预救灾发展到对抗和综合治理。多灾种综合预警系统是灾害监测预警网络合理化，区域灾害避防和缓减措施高效化的途径。Hewitt 和 Burton（1971）^[17]最早提出了“一地多灾”的研究计划，并把它应用于伦敦和安大略。这一技术路线要求对这一地区的破坏事件的所有类型谱统计累积特征，以及对相互关系进行描述，包括了洪水、冰雹、干旱等 9 个灾种。美国加州城市地质专家计划（Urban Geology Plan for California, 1973）已经成为加州政府对地震等 9 种地质灾害快速反应和保护矿产存储量的有力工具。

(3) 灾害预警系统的研究方法从唯理、唯象发展到唯系。唯理研究就是直接的物理机理研究，首先建立平衡的地学基本过程的动态方程，然后输入突变的脉冲，利用稳定性理论对其响应及离差进行分析，从而得到离差的时空规律。唯象研究即历史统计学，对历史灾害资料根据灾情描述进行分类和信息化编码，然后进行统计学分析，包括相关、聚类、时序和谱等。从系统论的综合性角度出发，先唯象分类，后唯理寻规，定性和定量互为补充的方法便是唯系研究法。

三、区域综合预警系统的研究

预警系统在经济调控和灾害管理中所取得的丰硕成果，促使它的两个分支：区域综合预警和部门专业预警的迅速发展。

预警系统从单项专题预警发展到区域综合预警呈现了“百花齐放，百家争鸣”的格局。从现有区域综合预警系统的特点及其研建风格看，主要有：

1. 以英国经济地理学家齐舒姆为首的区域学派

他们根据区域分异规律，从区域耦合和区际联系两个方面对区域的人口、资源、经济、能源和环境进行综合预警。其代表作是齐舒姆的《区域预测》，他总结了英国的人口、资源、经济、环境和城市等方面的研究成果，为区域综合预警系统的研究奠定了理论基础^[18]。区域是可持续发展研究的落脚点，是检验一切可持续发展成果和贯彻可持续发展战略的“根

据地”。因此,从区域地理学和区域经济学角度研究区域人口、经济、社会、环境与资源的协调发展,建立区域可持续发展预警系统,对区域发展偏离可持续发展目标进行预警,是区域学派最新的发展方向。

2. 以美国系统学家 J. W. Forrester 和 D. H. Meadows 为代表的系统动力学派

50 年代初,麻省理工学院 J. W. Forrester 提出一种“利用系统仿真技术研究复杂反馈系统动态行为的方法论即政策实验室”。这一方法论从工业动力学(ID)到城市动力学(UD)再到世界动力学(WD)三个阶段的发展,基本形成系统动力学(SD)的理论体系^[19]。系统动力学的研究对象是复杂系统在时间序列上的动态行为。它的中心思想是信息反馈,主要技术是系统仿真。它成功的奥妙在把系统因果关系的逻辑分析与反馈控制原理相结合,充分发挥人——机对话的优势,为分析动态行为提供可行的新颖思路。它采用动态模型方法,经过建立模型、电算模拟、系统仿真等一系列程序,识别警兆,寻找警源,确立警情和预报警度。其代表作是 J. W. Forrester (1971) 的《世界动力学》和 D. H. Meadows (1972) 的《增长的极限》。J. W. Forrester 和他的学生 D. H. Meadows 等人^[20]利用系统工程原理和系统动力学方法,构筑了一个全球范围内人口增长、工业发展、环境污染、粮食生产和资源消耗等要素相互联系,相互制约的“世界模型 2 和 3”,通过电算模拟和系统仿真对世纪之交的全球发展状况作出定量预警。D. H. Meadows 等人^[21]认为:地球承载力有限,保护因素又相互牵制,因此,工业发展、人口增长、粮食短缺、环境恶化和不可再生资源枯竭等以指数形式不断加剧的趋势都有极限。如果超越这一警戒线,人类很可能会突然无法控制地崩溃。科学技术能够解决一些问题,但不可能从根本地解决发展无限制的矛盾;因此只能推迟“危机点”。他们不仅给出“危机点”可能出现的时间表,还提出“零增长”的全球性均衡战略,试图建立监测全球发展状态的预警系统。正是这两部杰作使得系统动力学蜚声世界,使得系统动力学在区域综合预警系统研究中得以广泛应用。美国内布拉斯加大学 1982 年研究的美国中西部 6 个州的区域综合预警系统“AGNET”便是其中一例。

3. 以英国资源学家 M. Slessor 为首的资源学派

他们以区域资源的开发、利用和保护为中心,研究区域资源与人口增长、经济发展、社会进步、环境污染之间的关系。1984 年,他们率先提出分析资源、人口、社会、经济、环境等长期协调发展的一种新方法 ECCO 法(Evolution of Capital Creation Option)^[22]。ECCO 法建立在自然资产基础上,分析自然资产(Natural Capital)消耗与生产资产(Manmade Capital)增加的相互关系,在一定的政策和技术情况下,可对一个国家的国民经济系统的潜力进行分析,是区域可持续发展能力的定量分析方法。ECCO 模型模拟运行后,可产生许多社会经济指标,对社会、经济、资源、环境和人口的运行状态进行预警。由于 ECCO 法可以测度可持续发展能力,ECCO 模型运行后产生一系列测度可持续发展能力的非货币指标,因此,伴随着日益高涨的可持续发展度研究的热潮,ECCO 法也得到了迅速推广。ECCO 法首先在英国、法国、荷兰等西方发达国家得到了广泛应用,经联合国开发计划署(UNDP)推荐后在肯尼亚、埃及等发展中国家也得到了应用。

4. 以罗马俱乐部为代表的未来学派

1968 年 4 月在意大利林赛科学院成立的民间国际组织罗马俱乐部,汇集了 40 个国家 10 余个领域的 100 余名科学家,研究当代人口增长、工业发展、粮食生产、资源耗费和环境污染等五大国际问题及其发展趋势,试图以综合预警的方式,对全球发展进行预测和综合