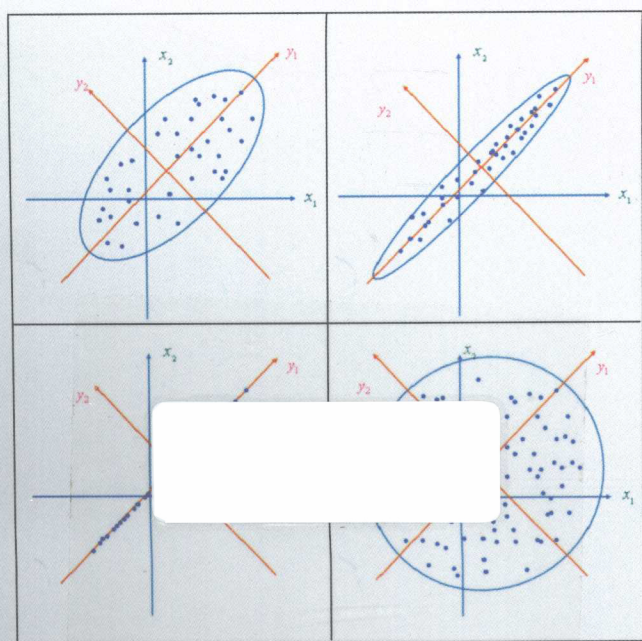


基于多元统计和GIS的 环境质量评价研究

王晓鹏 曹广超 著



科学出版社

基于多元统计和 GIS 的环境 质量评价研究

王晓鹏 曹广超 著

国家社会科学基金年度项目 (06CTJ004)

教育部人文社会科学研究一般项目 (11XJA910001) 资助出版

青海师范大学地理科学博士点建设基金

科学出版社

北 京

内 容 简 介

本书以水环境、大气环境、城市环境及可持续发展等各种环境系统为实证研究对象,在数理统计学理论分析及部分方法改进的基础上,以多元统计的主成分分析(PCA)、因子分析、对应分析、判别分析、聚类分析、全局主成分分析(GPCA)等方法为主,将其与地理信息系统(GIS)空间数据处理、展示与分析功能进行有效集成,遵循系统工程中的数学建模以实现定量评价的思路和方法,探索并给出科学有效的对各种简单及复杂系统环境质量状况综合性、系统化、定量化以及动态性的评价方法体系,尤其是通过建立的将主、客观指标赋权方法相结合的环境质量评价分层构权主成分分析(PCA)及分层构权全局主成分分析(GPCA)模型,构造出有较强稳定性和实际意义的各种环境质量综合指数并加以推广和应用,取得了比较好的评价效果。

本书可供从事统计学、环境科学、地理学、经济学等学科教学和科研的相关人员参阅,也可作为高等院校有关专业研究生的教材或教学参考书。

图书在版编目(CIP)数据

基于多元统计和 GIS 的环境质量评价研究/王晓鹏,曹广超著. —北京:科学出版社, 2013

ISBN 978-7-03-037224-6

I. ①基… II. ①王… ②曹… III. ①多元分析-应用-环境质量评价-研究②地理信息系统-应用-环境质量评价-研究 IV. ①X82

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2013) 第 055474 号

责任编辑: 韦 沁 吕晨旭 张井飞 / 责任校对: 宣 慧

责任印制: 钱玉芬 / 封面设计: 耕者设计工作室

科学出版社 出版

北京东黄城根北街 16 号

邮政编码: 100717

<http://www.sciencep.com>

新科印刷厂 印刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

*

2013 年 3 月第 一 版 开本: B5 (720×1000)

2013 年 3 月第一次印刷 印张: 11 3/4

字数: 227 000

定价: 49.00 元

(如有印装质量问题, 我社负责调换)

前 言

环境问题是关系人类前途命运的重大问题,环境质量评价是环境问题研究的一个重要领域。20 世纪 70 年代以来,随着应用统计、模糊数学、灰色系统、物元分析、运筹学和神经网络等理论的兴起,国内外学者提出了一系列环境质量评价的方法,广泛运用于环境质量评价研究,并取得了丰硕的成果。

多元统计是统计学近 20 多年来迅速发展的重要分支,无论是简单环境系统(例如单一的水、气、土壤等系统),还是复杂环境系统(例如可持续发展系统),在对它们的认识过程中,都需要收集和分析大量表现环境系统特征和运行状态的特征数据。一般而言,这类原始数据集合由于样本点数量巨大,用于刻画系统特征的指标众多,而形成规模宏大、复杂难辨的数据海洋。如何分析和认识高维复杂数据集合中的内在规律和本质特征,清晰地展示系统结构,以及准确直观地描述评价样本点的状态,这些都是环境质量评价和环境指数构建的基本内容和目标,又正好符合多元统计的研究特点,其中的主成分分析、因子分析、对应分析、聚类分析、判别分析、典型相关分析、回归分析等都具备一定的应用价值。也有国内外学者在这方面作了一些尝试,但由于在理论研究、数据处理、方法模型改进、评价实例选择等方面的缺陷,使得利用多元统计实现环境质量综合评价的研究尚未形成更为有效的方法体系。近年来,与多元统计密切相关的地理信息系统(GIS)作为高新技术已逐渐被引入统计领域,GIS 以其优良的数据压缩、信息作图技术以及在对动态时序数据分析展示方面的优势日益受到统计学界的重视,多元统计和 GIS 在环境质量评价领域具备广阔的应用前景,有大量的工作可做。

本书正是针对以上情况,选择水环境、大气环境、城市环境、可持续发展系统等为研究对象,在理论研究及方法改进的基础上,探索以多元统计中的典型方法或模型,并结合 GIS 技术,实现对环境质量状况的综合性、系统化、定量化及动态化的评价研究,并探索出构造简单和复杂环境系统环境质量指数的方法。

本书实证分析的结果可为环境污染治理、规划及经济发展决策工作提供一定科学参考。建立的新的评价方法体系可作为对现有环境质量综合评价数学方法模型的补充和完善,同时也是多元统计数学和 GIS 技术在理论研究和实际应用中的一次有益尝试。为更好地体现研究的深度和实际意义,书中也对相关模型方法在经济社会评价领域作了一些推广应用。

本书概括和整理了笔者近年来利用多元统计和 GIS 技术开展环境质量评价的系统理论研究成果与部分应用研究成果,由于编者水平有限,书中难免有不足甚至

错误之处, 恳请各位读者批评指正! 同时, 本书参阅了大量文献, 所有引用的理论、观点和资料在文中都已经详细标注, 但仍有可能存在疏漏, 恳请谅解。

本书大部分研究成果的取得得到了 2006 年国家社会科学基金年度项目“基于多元统计和 GIS 的环境质量评价和指数研究”(编号: 06CTJ004) 的资助, 另外, 本书第 6 章中的环境质量动态评价研究的部分成果得到了 2011 年度教育部人文社会科学研究一般项目“水环境质量动态评价与预测的统计建模研究和应用——以湟水流域为例”(编号: 11XJA910001) 的资助, 本书的出版由青海师范大学地理科学博士点建设基金全额资助。

全书共分为 6 章, 其中第 1 章至第 4 章由王晓鹏执笔, 第 5 章和第 6 章由曹广超撰写。

本书出版之际, 十分感谢那些在环境评价理论与实践等领域内潜心探索的诸多前辈专家学者, 是你们花费诸多心血完成的各具特色的著作和研究成果奠定了开展本书研究的理论基础, 使我们尝试将多元统计和 GIS 的理论和方法运用于环境质量评价问题研究之中成为现实。在书稿出版过程中, 科学出版社资源环境分社的朱海燕社长、韦沁编辑等提供了无私的帮助和指导, 他们认真负责、耐心细致、高效敬业的工作令人感动, 在此表示深深的感谢! 最后我们要对青海师范大学陈克龙教授、索南仁欠教授和青海大学丁生喜教授、甘佩娟同学以及其他所有在书稿撰写过程中做出贡献和提供帮助的朋友和同事一并表示衷心感谢!

王晓鹏 曹广超

2012 年 6 月于青海师范大学

目 录

前言

第 1 章 绪论	1
1.1 国内外研究现状述评、选题意义和价值	1
1.1.1 国内外研究现状述评	1
1.1.2 本书选题意义和价值	4
1.2 本书的基本思路和方法、主要内容	5
1.3 本书的创新之处和研究特色	7
参考文献	8
第 2 章 多元统计分析的一般方法及在水环境评价中的初步尝试	11
2.1 主成分分析方法及在水环境评价中的初步尝试	11
2.1.1 主成分分析的基本思路、理论和一般方法	11
2.1.2 主成分分析应用中的一般方法	15
2.1.3 综合评价加权问题和主成分评价的方差贡献率模型	17
2.1.4 评价实例 1: 湟水流域典型断面水质评价之主成分分析	18
2.2 因子分析及其在水环境质量和经济系统评价中的应用	24
2.2.1 因子分析的基本思路和内容	24
2.2.2 正交因子模型应用时的参数估计和因子旋转	26
2.2.3 评价实例 2: 因子分析法在湟水流域水污染评价中的应用	28
2.2.4 评价实例 3: 西部省区城市竞争力的因子分析法评价	32
2.3 主成分综合评价与因子分析的比较分析	35
2.4 对应分析及其在水环境质量和经济系统评价中的应用	37
2.4.1 关于对应分析方法	38
2.4.2 水环境质量评价的对应分析方法	38
2.4.3 评价实例 4: 湟水流域丰水期水质污染状况的对应分析	39
2.4.4 评价实例 5: 西部十省区的城市竞争力评价对应分析	42
2.5 本章小结	43
参考文献	43
第 3 章 环境质量评价中主成分分析方法的初步改进与应用	45
3.1 主成分分析方法的改进之一 —— 数据规格化方法的改进	45
3.1.1 原始数据均值化处理	45

3.1.2 另外两种适合于环境质量评价的规格化处理	47
3.2 主成分分析方法的改进二 —— 变量加权模型	48
3.3 主成分分析方法的改进三 —— 判别分析支持下的模型	49
3.4 改进后主成分分析方法模型在水环境质量评价中的应用	51
3.4.1 评价实例 6: 改进后的主成分分析方法模型在湟水流域典型断面水质 评价中的应用	51
3.4.2 评价实例 7: 基于主成分评价和判别分析的湖库水质富营养化评价模 型与应用	53
3.5 评价实例 8: 改进后的主成分分析方法模型在青海省社会经济发展 状况分析评价中的应用	56
3.6 本章小结	62
参考文献	63
第 4 章 环境质量评价的分层构权 PCA 模型及其应用	64
4.1 传统 PCA 方法在环境质量评价应用中的局限性分析	65
4.2 环境质量评价的分层构权 PCA 模型	67
4.3 重要性权的赋权方法 (以层次分析法为例)	70
4.3.1 层次分析法的基本原理与步骤	71
4.3.2 层次分析法的应用与计算程序	75
4.3.3 层次分析法与主成分分析的比较	80
4.4 评价实例 9: 基于多元统计的水环境质量综合指数研究	80
4.5 评价实例 10: 基于多元统计的大气环境质量评价模型与应用	85
4.6 评价实例 11: 47 个国家环境保护城市的污染与环保现状评价	90
4.7 评价实例 12: 中国城市竞争力评价量化模型研究	94
4.8 本章小结	100
参考文献	101
第 5 章 青藏高原牧区可持续发展量化评价方法研究及其应用	104
5.1 研究背景与意义	104
5.2 可持续发展评价与测度的系统分析与研究现状综述	106
5.2.1 可持续发展评价与测度的主要问题	106
5.2.2 可持续发展权数设置方法的系统分析	108
5.2.3 变量加权和分层构权 PCA 模型定权方法对可持续发展评价的适用 性分析	110
5.2.4 变量加权 PCA 模型及其定权思想方法	111
5.2.5 可持续发展综合评价方法的系统分析与综述	112
5.3 柴达木盆地东部绿洲区可持续发展综合评价	117

5.3.1 评价实例 13: 基于 AHP 方法的柴达木盆地绿洲区可持续发展 定量评价研究	117
5.3.2 结合实际的柴达木东部地区各县市的可持续发展状况的评述	124
5.4 基于多元统计和 AHP 的青藏高原牧区可持续发展评价模型与应用	127
5.4.1 青藏高原牧区可持续发展评价指标体系的建立及 AHP 定权	127
5.4.2 评价实例 14: 基于多元统计和 AHP 的青海牧区可持续发展评价	131
5.5 本章小结	134
参考文献	135
第 6 章 基于多元统计和 GIS 的环境质量动态评价研究	138
6.1 全局主成分分析 (GPCA)	138
6.2 环境质量评价 (包括可持续发展评价) 的分层构权 GPCA 模型	142
6.3 评价实例 15: 基于分层构权 GPCA 模型的中国各地区 1999~2005 年 可持续发展环境支持能力动态评价研究	145
6.4 评价实例 16: 基于 GIS 中国可持续发展环境支持能力动态评价	154
6.4.1 中国可持续发展环境支持能力动态评价 GIS 的设计	155
6.4.2 基于 GIS 的中国可持续发展环境支持能力动态评价	162
6.5 评价实例 17: 基于分层构权 GPCA 模型的湟水流域各断面 1998~2005 年水质动态评价研究	166
6.6 评价实例 18: 基于分层构权 GPCA 模型的青海藏区社会经济发展 水平动态评价	171
6.7 本章小结	177
参考文献	177
结束语	180

第1章 绪 论

1.1 国内外研究现状述评、选题意义和价值

1.1.1 国内外研究现状述评

环境问题是关系人类前途命运的重大问题,对环境问题的研究可以从不同的学科角度来进行,环境统计是人们认识和了解环境质量以及人类活动等因素对环境影响的重要学科工具,并随着可持续发展和构建社会主义和谐社会战略的实施,显现出越来越强的生命力和重要的实践意义。环境统计作为一个研究课题,产生于20世纪60年代,其研究目标已从最初的为环境保护服务的阶段,发展升级成现在的为实施可持续发展战略服务的阶段,即从研究单纯环境问题转向研究环境及其相关的经济社会问题(曾五一、张建华,2001;曾五一,1998;袁卫等,2001)。环境统计是一个跨学科的研究课题,环境统计研究的目标被定为:为从不同领域和来源得到的有关环境数据提供一个合适的表现形式(如分类指标、总量指标、综合指数等),世界各国和国际组织围绕这一目标,在环境统计理论框架、环境指标、环境质量评价、环境指数研究和环境核算等领域展开了深入的研究(曹克瑜,2003;中国环境监测总站,2004;高敏雪,2000;戴亦一,1999;李祚泳等,2004),本书的研究内容定位于环境统计中极为重要的组成部分——环境质量评价和环境指数研究。

利用系统工程思想、结合现代科学发展的最新理论和方法对环境系统实现定量化研究及动态监测、预测是环境质量评价的主要发展趋势(许国志等,2000;汪应洛,1994;郭亚军,2002;于景元、涂元季,2002;邱东,1991;苏为华,2001)。20世纪70年代以来,随着现代数理统计学、模糊数学、灰色系统、物元分析和神经网络等理论的迅速发展,美国、日本、西欧国家及包括前苏联在内的东欧国家等的学者提出了一系列环境质量量化评价的方法,广泛运用于环境质量评价和指数研究(陈守煜,1998;李如忠,2005;潘峰等,2002;Chen and Xiong, 1993;慕金波、侯克复,1991;杨继东、侯晓军,1993;冯玉国,1996;夏军,1999;史晓新、夏军,1997;Sylvester, 1962;Dunnette, 1979;蔡文,1987;冯玉国,1995;樊文艳、吴国元,2003;门宝辉、梁川,2000;蔡文等,1997;张欣莉等,2000;付强等,2003;杨晓华等,2004;金菊良等,2001;李祚泳,1995;蔡煜东等,1995;刘国东等,1998;Walley and Fonama, 1998;Ditoro, 1984;张尚生,1989;李钟山等,1998;李祚泳等,1990;Prati, 1971;陈东景等,2002;Lohani and Todino, 1984;

王晓鹏等, 2005)。20 世纪 80~90 年代, 是现代评价科学在我国向纵深发展的年代, 我国学者对环境质量和指数研究的评价理论、方法和应用开展了多方面的、卓有成效的研究, 取得了相当的成就。

结合相关文献 (李如忠, 2005), 本书将具备代表性的主要方法述评如下。

1. 模糊集理论方法

在环境质量分类方面, 模糊聚类应用比较广泛, 该方法首先是根据客观事物间的特征、亲疏程度和相似性, 通过建立模糊相似性关系对事物进行分类。一般采用基于等价模糊关系的聚类分析, 或模糊图论的最大树聚类法等进行研究。

环境质量评价方面, 模糊综合评价以模糊数学为基础, 应用模糊关系合成原理, 将一些边界不清、不易定量的因素定量化, 进而实现综合评价。目前, 该方法应用十分广泛, 但常用的取大取小算法可能会导致信息丢失过多, 出现评价结果趋于均化、不易分辨的现象。也有学者对其中的最大隶属度原则方法作了改进, 提出加权平均型计算模式, 取得了较好的评价效果。

在模糊评价方法中, 模糊模式识别法是近年来环境评价领域发展较快的一种模糊集理论评价方法。相对于模糊综合评价法, 模糊模式识别法较好地克服了评价结果均值化倾向, 提高了分辨效果。此外, 有的研究还将模糊集理论与神经网络等其他方法相结合来开展环境质量评价, 取得了不错的效果 (陈守煜, 1998; 李如忠, 2005; 潘峰等, 2002; Chen and Xiong, 1993)。

2. 灰色系统理论方法

从系统信息明确与否来看, 环境质量评价实际上是一个外延确定而内涵不确定的问题, 属于灰色系统范畴。同模糊集理论一样, 灰色系统理论在环境评价中的应用也是从聚类分析开始的。该方法通过建立与隶属函数相似的白化函数, 进行灰色聚类, 确定所有样本点环境质量级别。随着灰色理论在环境系统中的大量应用, 又出现了环境质量评价的灰色关联度分析方法, 灰色关联分析法概念清楚, 应用方便, 可操作性强, 但存在评价价值趋于均化、分辨率不高的缺点。针对这一不足, 国内外学者从不同角度出发改进方法, 不断有新成果出现 (慕金波、侯克复, 1991; 杨继东、侯晓军, 1993; 冯玉国, 1996; 夏军, 1999; 史晓新、夏军, 1997; Sylvester, 1962; Dunnette, 1979)。

3. 物元分析理论与可拓集合方法

由蔡文教授创立的物元分析原理, 主要解决在环境评价中各单项指标评价结果不相容问题: 通过建立标准事物物元矩阵、节域事物物元矩阵、待评对象物元矩阵和构造关联函数等步骤, 确定环境评价结果 (蔡文, 1987; 蔡文等, 1997; 冯玉国, 1995; 樊文艳、吴国元, 2003; 门宝辉、梁川, 2000;)。

可拓集合方法则是用形式化工具,从定性和定量两个角度去研究解决矛盾问题的规律和方法。它通过多指标参数评定模型来完整地反映样本的综合质量水平。可拓集合评价方法较早是运用于地表水环境质量评价,取得了满意的研究结果。

由于物元分析中引入了可拓集合的概念,因此物元分析法和可拓集合法存在着很多的相似性。

4. 投影寻踪模型法

20 世纪 70 年代, Friedman 和 Turkey 提出了多元数据分析的投影寻踪 (Projection Pursuit, PP) 新算法,该方法能在一定程度上解决多指标样本分类等非线性问题。相对于前述几类评价模式,投影寻踪模型法对环境质量评价等级分辨率更高,而且还可以克服由人为赋权带来的干扰,因此,是一种值得推荐的水质评价方法。这种方法也属于目前环境质量评价方面研究比较活跃的领域 (张欣莉等, 2000; 付强等, 2003; 杨晓华等, 2004; 金菊良等, 2001)。

5. 人工神经网络分析方法

人工神经网络 (Artificial Neural Network) 是 20 世纪 80 年代迅速崛起的一门非线性科学,它力图模拟人脑的一些特征,如自适应性、自组织性和容错能力等,对事物进行分析判断,在医疗诊断、自动控制领域取得了较好的应用效果。在环境评价方面,运用较多的是基于误差反向传播算法的前馈型 BP 网络模型和具有模式联想功能的反馈式人工神经网络模型——Hopfield 模型。人工神经网络模拟了人类的思维方式,对事物的判断、分类不需要预先建立某种模式,只需根据事物的本质特征,采用直观的推理判断即可,省去了建模过程中由人为因素带来的影响,因此评价结果更具客观性,精度也更高,是很有应用前景的环境质量评价方法 (付强等, 2003; 杨晓华等, 2004; 李祚泳, 1995; 蔡煜东等, 1995; 刘国东等, 1998; Walley and Fonama, 1998; Ditoro, 1984)。

6. 数理统计方法

利用数理统计学实现环境质量综合评价起步于 20 世纪 60 年代, Sylvester 就以多元回归技术评价了河流水质状况, Dunnette 采用聚类分析方法对多个样本水质污染相似性进行了研究。20 世纪 70 年代,又产生了环境质量综合指数法:即将原始数据用某一特定的统计方法构造一个综合性指标,从时间和空间角度对多因素环境系统进行综合评价,便于样本点相互之间的比较。由于当时数学模式本身的不完善和权重取值不当,综合指标存在一定虚假性,易导致评价失效和优劣倒置现象。在 20 世纪 90 年代,又出现了秩和比 (RSR) 法,它是一种非参数统计方法,有计算简便、消除异常值的干扰等优点,缺点是指标转换为秩次时会丧失一些信息,分辨能力不强 (张尚生, 1989; 李钟山等, 1998; 李祚泳等, 1990; Prati, 1971; 陈

东景等, 2002; Lohani and Todino, 1984; 王晓鹏等, 2005)。

近年来, 国内陆续有研究者开始采用多元统计方法评价环境质量状况 (张尚生, 1989; 李钟山等, 1998; 李祚泳等, 1990; Prati, 1971; 陈东景等, 2002; Lohani and Todino, 1984; 王晓鹏等, 2005; 魏一鸣等, 2005), 其中的主成分分析、因子分析、聚类分析、回归分析都有一定应用。

需要指出的是, 数理统计法往往需要大量的实测数据支撑, 对样本容量较小情形有一定不适用性。

从已有研究成果看, 模糊集理论方法和灰色系统理论方法在环境质量评价研究中占有举足轻重的地位, 但这两种评价方法都存在自动化程度不高、评价结果受人为主观性因素影响大的缺陷。相比较而言, 投影寻踪模型法和人工神经网络分析法, 对于环境质量评价这类有非线性特征的问题, 不仅自动化程度高, 而且结果的分辨率和模型精度较为令人满意。

在 20 世纪 70 年代以后, 环境质量评价的研究不但在方法上得到多元化发展, 同时, 随着计算机、遥感 (RS)、全球定位系统 (GPS)、地理信息系统 (GIS) 等 (徐冠华等, 1996; 王伟武, 2005; 龚健雅, 2003) 高新技术的开发与应用, 使环境质量评价的研究也进入到一个新的领域。“3S”技术是以计算机为基础工作平台, 利用 RS 技术从环境遥感影像数据中提取环境信息, 利用 GIS 强大的空间分析功能对环境数据进行分析 and 处理, 用 GPS 技术提供精确导航和定位空间数据的。环境质量评价利用“3S”技术能够及时地采集到所需要的数据, 同时在一定数学模式的辅助下, 能够处理大量的空间数据和属性数据, 使环境质量评价更加准确和完善。

随环境质量实测 (或监测) 资料信息的不断积累, 环境质量样本容量也在不断增大, 这为数理统计评价方法应用创造了条件。有理由相信, 在未来环境质量评价域, 投影寻踪模型法、人工神经网络分析法及数理统计评价方法等都将有广阔的应用前景。随着计算机、通讯和自动监测技术的迅猛发展, 深入研究和完善数理统计方法和发展用“3S”作为数据库和评价结果的可视化载体, 将是未来环境质量评价模式的发展的重要方向之一。

1.1.2 本书选题意义和价值

多元统计是统计学近 20 多年来迅速发展的重要分支, 多元统计主要用来简化数据以展示高维数据的内在规律和复杂系统的结构。多元统计密切相关的地理信息系统 (GIS) 作为高新技术已经逐渐被引入统计领域, GIS 以其优良的数据压缩、信息作图技术以及在对动态时序数据分析展示方面的优势日益受到统计学界的重视, 由于计算机的普及和软件开发的发展, 多元统计和 GIS 也很快地应用到各个学科, 从自然科学到社会科学的诸多领域, 都已证实了它们是极其有效的数据处理分析方法, 取得了较为丰硕的成果。

无论是简单环境系统(例如单一的水、气、土壤等系统),还是复杂环境系统(例如可持续发展系统)(魏一鸣等,2002,2005;中国科学院可持续发展研究组,2006),在对它们的认识过程中,都需要收集和分析大量表现环境系统特征和运行状态的数据特征。一般而言,这类原始数据集合由于样本点数量巨大,用于刻画系统特征的指标众多,而形成规模宏大、复杂难辨的数据海洋。如何分析和认识高维复杂数据集合中的内在规律和本质特征,清晰地展示系统结构,以及准确直观描述评价样本点的状态,这些都是环境质量评价和环境指数构建的基本内容和目标,又正好符合多元统计的研究特点,其中的主成分分析、因子分析、对应分析、聚类分析、判别分析、典型相关分析、回归分析等都具备一定的应用前景,也有国内外学者在这方面作了一些尝试,但由于在理论研究、数据处理、方法模型改进、评价实例选择等方面的缺陷,使得利用多元统计实现环境质量综合评价的研究尚未形成更为系统有效的方法体系。当前国外环境质量评价有从静态转向动态的研究趋势,多元统计和 GIS 在这一方面也有广阔的应用前景,有大量的工作可做。

本书正是针对以上情况,选择水环境、大气环境、城市环境及可持续发展系统等为研究对象,在理论研究及方法改进的基础上,探索以多元统计中的典型方法或模型,并结合 GIS 技术,实现对环境质量状况的综合性、系统化、定量化及动态化的评价研究,并探索出构造简单和复杂环境系统环境质量指数的方法。实证分析的结果可为环境保护和区域可持续发展决策工作提供一定科学参考,建立的新的评价方法体系可作为对现有环境质量综合评价方法、模型的补充和完善,同时也是多元统计和 GIS 技术在理论研究和实际应用中的一次有益尝试,具备一定的理论价值和现实意义。

1.2 本书的基本思路和方法、主要内容

为保证研究结论具有一定的现实意义、价值和可靠性,本书采取理论与实证分析相结合的方式,在数据资料的支持下,先将已有的方法尝试应用于简单环境系统,对方法模型施行理论分析和方法的改进,最终将成熟的方法模型向更广泛、复杂环境系统加以应用推广,这是本书的基本思路。

在实际研究中,我们所采用的具体方法、主要研究工作及内容如下。

(1) 参照已有成熟理论和结果,确定各种环境系统质量评价指标体系,收集整理各种环境系统的资料数据,利用 SPSS、SAS、EViews、MINITAB、Arc/INFO 等建立多元及动态统计数据库。

(2) 主成分分析、因子分析、对应分析的理论分析与它们在水环境质量评价中的建模与初步尝试。

(3) 结合聚类分析、判别分析和其他相关系统工程方法,对传统主成分分析

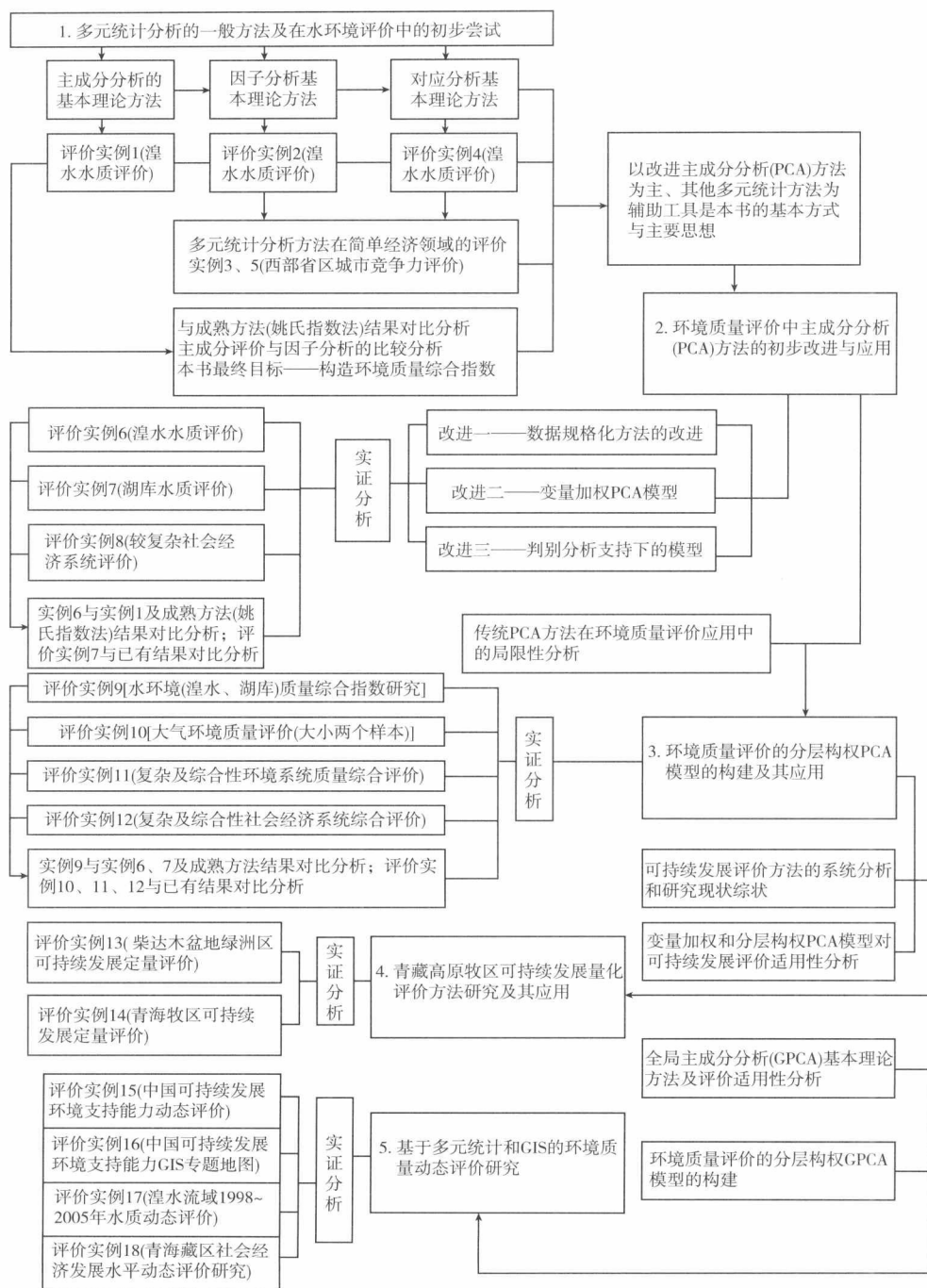


图 1.1 本书的基本思路、方法、研究内容结构图

(PCA) 方法进行一系列改造, 尤其通过建立环境质量评价变量加权 PCA 模型和分层构权 PCA 模型, 为最终对各种简单和复杂环境系统提供最终有实际意义的综合环境统计产品 —— 更有效和稳定的环境质量指数提供理论保证。

(4) 利用分层构权 PCA 模型对水环境、大气环境、城市环境及可持续发展等各种环境系统为开展实证研究, 提供最终综合环境统计产品 —— 环境质量指数。

(5) 利用分层构权 PCA 模型结合全局 (时序) 主成分分析 (GPCA) 实现动态性的环境质量评价、监测研究, 并给出复杂环境系统 (可持续发展系统) 的评价实例, 将之与地理信息系统 (GIS) 空间数据处理、展示与分析功能进行有效集成, 对研究结果给出直观描述和动态几何展示。

(6) 改进后的多元统计方法模型在社会经济领域的推广应用。

本书的篇章结构主要以对传统方法的改进思路展开, 评价实例也按照由简单到复杂的顺序列出, 本书的基本思路、方法、研究内容及结构如图 1.1 所示。

1.3 本书的创新之处和研究特色

国内环境评价较多局限于对气、水、土壤等单一环境系统进行评价, 研究角度、方法也较为单一, 利用多元统计结合 GIS 和相关系统工程方法, 从环境质量优劣排序和分级、环境污染和环境状态的演变趋势等多个角度和层次出发, 对简单及复杂环境系统实现系统性、整体性和动态性的评价认识, 是本书的主要创新之处。

系统地去改进已有多元统计方法模型, 向更广泛、复杂的环境系统, 甚至社会经济领域中应用推广, 并且构建有效的环境质量或经济评价综合指数是本书的另一创新内容。

注重应用和大量使用计算机、统计软件等现代化研究手段以及 GIS 等高新技术也是本书的研究特色之一。

本书实证分析时一共使用了 18 个评价实例, 它们都取自笔者近年来公开发表的学术论文, 而其中的变量加权 PCA 模型、分层构权 PCA 模型和分层构权 GPCA 模型及其在环境质量评价中的应用都为本项目组的原创性成果, 并且被较为重要的核心刊物采用发表, 这也在一定程度上体现出本书的系统性、成果的创新价值, 极大地提高了本书实际应用价值和理论探讨的高度与层次。

另外, 青藏高原资源、环境和经济可持续发展问题已成为全球的研究焦点, 对于高寒、生态脆弱、环境问题严重、社会经济水平相对落后的青藏高原这一特殊区域环境质量评价 (包括可持续评价) 问题的研究比较薄弱, 利用有效的现代科学理论和技术交叉并施行系统量化的科学综合评价的研究更是相当匮乏, 本书在研究过程中特地选择了几个具有该区域地域和经济特色的评价实例, 包括社会、经济发展领域的几个具体评价问题 (这也正好符合当前环境统计由单纯研究环境问题转

向研究环境及其相关的经济社会问题的要求), 可部分填补这一缺憾, 同时在一定程度上也保证了本书的理论研究部分的应用价值和实际意义。

参 考 文 献

- 蔡文, 杨春燕, 林伟初. 1997. 可拓工程方法. 北京: 科学出版社. 202~209
- 蔡文. 1987. 物元分析. 广州: 广东高等教育出版社
- 蔡煜东, 汪列, 姚林生. 1995. 水质富营养程度的人工神经网络决策模型. 中国环境科学, 15(2): 123~127
- 曹克瑜. 2003. 影响国家经济安全的生态环境问题. 统计研究, 20 (3): 12~15
- 陈东景, 马安青, 徐中民等. 2002. 因子分析法在水质评价中的应用. 水文, 22(3): 29~31
- 陈守煜. 1998. 工程模糊集理论与应用. 北京: 国防工业出版社
- 戴亦一. 1999. 环境与经济一体化核算研究. 厦门: 厦门大学博士学位论文
- 樊文艳, 吴国元. 2003. 水质综合评价物元模型的建立与应用. 上海环境科学报, 35(3): 358~361
- 冯玉国. 1995. 物元分析在地下水水质评价中的应用. 水文, 15(1): 54~56, 29
- 冯玉国. 1996. 湖泊富营养化灰色评价模型及其应用. 系统工程理论与实践, 16(8): 43~47
- 付强, 付红, 王立坤. 2003. 基于加速遗传算法的投影寻踪模型在水质评价中的应用研究. 地理科学, 23(2): 236~239
- 高惠璇. 1997. SAS 系统软件使用手册. 北京: 中国统计出版社
- 高敏雪. 2000. 环境统计与环境经济核算. 北京: 中国统计出版社
- 龚健雅. 2003. 地理信息系统基础. 北京: 科学出版社
- 郭亚军. 2002. 综合评价理论与方法. 北京: 科学出版社
- 金菊良, 魏一鸣, 丁晶. 2001. 水质综合评价的投影寻踪模型. 环境科学学报, 21(4): 431~434
- 李如忠. 2005. 水质评价理论模式研究进展及趋势分析. 合肥工业大学学报 (自然科学版), 20(4): 58~61
- 李钟山, 郭传新, 耿春梅. 1998. 特征分析方法在江河水质评价中的应用. 中国环境监测, 14(6): 42~44
- 李祚泳, 邓新民, 洪继华. 1990. 主分量分析法用于湖泊富营养化评价的相互比较. 环境科学学报, 10(3): 311~317
- 李祚泳, 丁晶, 彭荔红. 2004. 环境质量评价原理与方法. 北京: 化学工业出版社
- 李祚泳. 1995. 基于 B-P 网络的水质营养状态评价模型及效果检验. 环境科学学报, 15(2): 186~191
- 刘国东, 黄川友, 丁晶. 1998. 水质综合评价的人工神经网络模型. 中国环境科学, 18(6): 514~517
- 门宝辉, 梁川. 2000. 水质量评价的物元分析法. 哈尔滨工业大学学报, 19(5): 205~207
- 慕金波, 侯克复. 1991. 灰色聚类法在水环境质量评价中的应用. 环境科学, 12(2): 86~90

- 潘峰, 付强, 梁川. 2002. 模糊综合评价在水环境质量综合评价中的应用研究. 环境工程, 20(2): 58~61
- 邱东. 1991. 多指标评价方法的系统分析. 北京: 中国统计出版社
- 任若恩, 王惠文. 1997. 多元统计数据分析 — 理论、方法、实例. 北京: 国防工业出版社
- 史晓新, 夏军. 1997. 水环境质量评价灰色模式识别模型及应用. 中国环境科学, 17(2): 127~130
- 苏为华. 2001. 多指标综合评价理论与方法问题研究. 北京: 中国物价出版社
- 孙文爽, 陈兰祥. 1994. 多元统计分析. 北京: 高等教育出版社
- 汪应洛. 1994. 系统工程理论方法及应用. 北京: 高等教育出版社
- 王伟武. 2005. 杭州城市生活质量的定量评价. 地理学报, 60(1): 134~138
- 王晓鹏, 曾永年, 曹广超, 丁生喜. 2005. 基于改进主成分分析方法的复杂环境系统质量评价模型. 系统工程理论与实践, 25 (11): 112~118
- 王学民. 1999. 应用多元分析. 上海: 上海财经大学出版社
- 魏一鸣, 范英, 蔡宪唐, 曾嵘, 傅小锋. 2002. 人口、资源、环境与经济协调发展的多目标集成模型. 系统工程与电子技术, 24(8): 1~5
- 魏一鸣, 傅小锋, 陈长杰. 2005. 中国可持续发展管理理论与实践. 北京: 科学出版社
- 夏军. 1999. 区域水环境及生态环境质量评价 — 多级灰关联评估理论及应用. 武汉: 武汉水利电力大学出版社. 15~40
- 徐冠华, 田国良, 王超, 牛铮, 郝鹏威, 黄波, 刘震. 1996. 遥感信息科学的进展与问题. 地理学报, 51(5): 385~397
- 许国志, 顾基发, 车宏安. 2000. 系统科学. 上海: 上海科技教育出版社
- 杨继东, 侯晓军. 1993. 灰色关联分析在环境质量评价中的应用. 环境工程, 11(3): 58~61
- 杨晓华, 杨志峰, 酃建强. 2004. 水质综合评价的遗传投影寻踪插值模型. 环境工程, 22(3): 69~71
- 于景元, 涂元季. 2002. 从定性到定量综合集成方法 — 案例研究. 系统工程理论与实践, 22(5): 1~7
- 袁卫, 庞皓, 曾五一. 2001. 统计学. 北京: 高等教育出版社
- 曾五一. 1998. 统计要为实施可持续发展战略服务. 统计研究, 15(6): 21~25
- 曾五一, 张建华. 2001. 国外环境统计研究状况及其对我国的启示. 东南学术, (4): 47~54
- 张尚生. 1989. 运用主成分分析评价 25 个水体的环境质量. 环境科学研究, 2(2): 16~20
- 张欣莉, 丁晶, 李祚泳等. 2000. 投影寻踪新算法在水质评价模型中的应用. 中国环境科学, 20(2): 187~189
- 张尧庭, 方开泰. 1979. 多元统计分析引论. 北京: 科学出版社
- 中国环境监测总站. 2004. 中国生态环境质量评价研究. 北京: 中国环境科学出版社
- 中国科学院可持续发展研究组. 2006. 中国可持续发展战略报告. 北京: 科学出版社
- Anderson T W. 1984. An Introduction to Multivariate Statistical Analysis(2nd Edition). New York: Wiley Publication
- Chen S Y, Xiong D Q. 1993. Fuzzy set theories and methods for municipal environmental