



城市环境 模糊预测 与综合评价 信息系统

邢廷炎 吕建军 吴亮 著



中国地质大学出版社

城市环境模糊预测与综合评价信息系统

邢廷炎 吕建军 吴亮 著

中国地质大学出版社

图书在版编目(CIP)数据

城市环境模糊预测与综合评价信息系统/邢廷炎,吕建军,吴亮著. —武汉:中国地质大学出版社,2006.1

ISBN 7-5625-2070-4

I. 城…

II. ①邢…②吕…③吴…

III. 城市环境-模糊预测-综合评价-信息系统

IV. X21

城市环境模糊预测与综合评价信息系统

邢廷炎 吕建军 吴亮 著

责任编辑:谌福兴 赵颖弘

技术编辑:阮一飞

责任校对:胡义珍

出版发行:中国地质大学出版社(武汉市洪山区鲁磨路388号)

邮政编码:430074

电话:(027)87482760

传真:87481537

E-mail: cbb @ cug. edu. cn

经 销:全国新华书店

<http://www.cugp.cn>

开本:787毫米×1092毫米 1/16

字数:200千字 印张:7.625

版次:2006年1月第1版

印次:2006年1月第1次印刷

印刷:中国地质大学出版社印刷厂

印数:1—300册

ISBN 7-5625-2070-4/X·25

定价:20.00元

如有印装质量问题请与印刷厂联系调换

目 录

第一章 绪 论	(1)
第一节 地理信息系统概述	(1)
第二节 模糊理论在城市环境系统研究中的应用	(6)
第三节 城市环境预测与综合评价的基本方法和研究现状	(8)
第二章 基础模糊理论概述	(13)
第一节 模糊集的基本概念	(13)
第二节 模糊矩阵基础	(20)
第三节 模糊关系	(23)
第四节 模糊等价矩阵	(23)
第五节 模糊相似矩阵	(24)
第六节 模糊距离与贴近度	(24)
第三章 城市环境模糊预测与综合评价的指标体系	(28)
第一节 指标体系的建立	(28)
第二节 指标权重确定方法	(29)
第四章 城市环境模糊预测方法	(34)
第一节 城市环境模糊预测的内容和程序	(34)
第二节 模糊线性回归预测	(36)
第三节 模糊 Delphi 预测	(39)
第四节 时间序列模糊预测	(41)
第五节 MARKOV 模糊链状预测	(42)
第五章 城市环境综合评价方法	(44)
第一节 城市环境系统综合评价特征分析	(44)
第二节 常规城市环境评价方法及其评述	(45)
第三节 多因素模糊变权综合评价方法	(49)
第四节 基于多元统计的综合评价方法	(52)
第五节 基于模糊神经网络的多指标综合评价方法	(54)
第六节 模糊聚类法	(65)
第七节 多因素模糊识别法	(72)
第六章 UEFFCAIS 的设计	(74)
第一节 UEFFCAIS 设计综述	(74)
第二节 UEFFCAIS 的需求分析	(75)
第三节 UEFFCAIS 的总体设计	(76)
第四节 UEFFCAIS 的功能设计	(77)
第五节 UEFFCAIS 的数据库设计	(81)

第六节 UEFFCAIS 的输入输出设计 (82)

第七章 UEFFCAIS 的关键技术与系统实现 (83)

第一节 软件开发方法概述 (83)

第二节 UEFFCAIS 的关键技术 (84)

第三节 UEFFCAIS 的实现 (85)

第八章 UEFFCAIS 的研究展望 (113)

参考文献 (114)

第一章 绪 论

第一节 地理信息系统概述

一、地理信息系统的概念和主要功能

(一) 地理信息系统的概念

1. 信息系统

信息系统 (Information System) 是指能对数据和信息进行采集、加工、存贮和再现,并能回答用户一系列问题的系统。信息系统的功能主要包括数据采集、管理、分析和表达。在辅助决策过程中,信息系统可提供十分丰富而有用的信息。在计算机时代,大部分重要的信息系统都是部分或全部由计算机系统支持的,如目前流行的图书情报信息系统、经营信息系统、企业管理信息系统、金融管理信息系统、人事档案信息系统、空间信息系统和其他一些信息系统等。由于空间信息系统所要采集、管理、处理和更新的是空间信息,因此,这类信息系统在结构上比其他一般信息系统复杂得多,功能上也较其他信息系统强得多,是一种十分重要而又与其他类型信息系统有显著区别的信息系统。

2. 地理信息系统

目前,人们对地理信息系统 (Geographic Information System, GIS) 的概念有不同的理解,不同的应用领域,不同的专业,对它的理解也不一样。一般认为地理信息系统是在计算机软硬件支持下,以采集、存贮、管理、检索、分析和描述空间物体的定位分布及与之相关的属性数据,并回答用户问题等为主要任务的计算机系统。从学术与技术的角度看,地理信息系统是 20 世纪 60 年代开始迅速发展起来的一门新技术,它结合了计算机、系统工程等多学科的知识,属跨学科的技术系统。

(二) 地理信息系统的类型

依照不同的分类标准,可以将地理信息系统分为不同的类型。

按地理信息系统的研究内容,可以分为工具型地理信息系统和应用型地理信息系统。工具型地理信息系统是具有地理信息系统基本功能,供其他系统调用或用户进行二次开发的操作平台。应用型地理信息系统是根据用户的需求和应用目的而设计的一种解决一类或多类实际应用问题的地理信息系统,除了具有地理信息系统基本功能外,还具有解决环境空间实体及空间信息的分布规律、分布特性及相互依赖关系的应用模型和方法。它可以在比较成熟的工具型地理信息系统基础上进行二次开发建立。工具型地理信息系统是建立应用型地理信息系统的一条捷径,此系统针对性明确,专业性强,系统开销小,应用型地理信息系统按研究对象的性质和内容又可分为专题地理信息系统和区域地理信息系统。

按数据结构的不同可将地理信息系统分为两类:矢量型地理信息系统和栅格型地理信息系统。

按系统用途可将地理信息系统分为多种类型,如:城市环境预测与综合评价信息系统、

自然资源清查信息系统、规划和评价信息系统、城市信息系统、空间分析型地理信息系统、人才和智力资源信息系统等。

按系统职能的不同可以分为：地形信息系统、专题信息系统、土地资源信息系统、地籍信息系统、人口统计信息系统等。

(三) 地理信息系统的组成

一个典型的地理信息系统主要由 4 部分组成，即计算机硬件系统 (Hardware)、计算机软件系统 (Software)、地理空间数据 (Data) 和系统开发、管理及使用人员 (Lifeware)。

1. 计算机硬件系统

地理信息系统的硬件部分包括中央处理器、图形终端、磁盘驱动器、磁盘、打印机、数字化仪和绘图仪、图像处理子系统、图像扫描输入、影像输出设备和网络设备等。中央处理器 (CPU) 的任务是完成运算、处理、协调和控制计算机各个部件的动作，图形终端主要用作显示、监视及人机交互操作。数字化仪是地理信息系统硬件中的重要输入设备，它可以利用光标或光笔人工跟踪图形，将各种地图数字化并送入磁盘存储。绘图仪主要用于输出各种图件。图像处理子系统应包括磁带机、光盘机、视频终端和高分辨率彩色监视器。利用图像扫描输入输出设备可以直接进行模/数转换或数/模转换，既可将照片或图像变成可供计算机直接处理的数字图像形式，又可将数字图像转变为照相底片，经洗印和放大后做成影像供专业人员分析使用。

2. 计算机软件系统

计算机软件系统是指地理信息系统运行所必须的各种程序及有关资料，主要包括计算机系统软件、地理信息系统核心软件和应用分析软件 3 部分。

(1) 计算机系统软件

计算机系统软件是计算机厂家为用户开发和使用计算机提供的程序系统，通常包括操作系统、汇编程序、编译程序、库程序、数据库管理系统以及各种维护手册。

(2) 地理信息系统核心软件

地理信息系统核心软件应包括 5 类基本模块，即数据输入和检验、数据存储和管理、数据变换、数据输出和显示、用户接口等。

1) 数据输入和检验：包括能将地图数据、遥感数据、统计数据和文字报告转换成计算机兼容的数字形式的各种转换软件。

2) 数据存储和管理：数据存储和数据库管理涉及地理元素的位置、连接关系以及属性数据的构造和组织等。地理数据库包括数据格式的选择和转换、数据的联结、查询、提取等。

3) 数据变换：变换的目的是从数据中消除错误，更新数据，以便与其他数据库匹配。空间数据和非空间数据可单独或联合进行变换运算。

4) 数据输出和显示：是指原始数据或分析、处理结果数据的显示和向用户输出。数据以地图、表格、图像等多种形式表示，可以在屏幕上显示，或通过打印机、绘图仪输出，也可以以数字形式记录在磁介质上。

5) 用户接口：用于接收用户的指令、程序或数据，是用户和系统交互的工具，主要包括用户界面、程序接口与数据接口。

(3) 应用分析软件

应用分析软件是指系统开发人员或用户根据地理专题或区域分析的模型编制的用于某种

特定应用任务的程序,是系统功能的扩充和延伸。应用程序作用于地理专题数据或区域数据,构成GIS的具体内容,这是用户最为关心的真正用于地理分析的部分,也是从空间数据中提取地理信息的关键。用户进行系统开发的大部分工作是开发应用程序,而应用程序的水平在很大程度上决定系统的实用性优劣和成败。

3. 地理空间数据

在计算机环境中数据是描述地理对象的唯一工具,它是计算机可直接识别、处理、贮存和提供使用的手段,是一种计算机的表达形式。地理信息系统的地理数据分为几何数据和属性数据,它们的数据表达可以采用栅格和矢量两种形式。地理空间数据是GIS的操作对象,是GIS所表达的现实世界经过模型抽象的实质性内容,地理空间数据实质上就是指以地球表面空间位置为参照,描述自然、社会和人文经济景观的数据,主要包括数字、文字、图形、图像和表格等。

地理信息系统的数据从以下3个方面描述自然界的事物和现象:①一定坐标系中的位置,即空间数据;②描述事物特征的属性,即非空间数据;③事物间相互联系的空间关系,即拓扑数据。

4. 系统开发、管理和使用人员

人是地理信息系统中的重要构成因素,GIS不同于一幅地图,而是一个动态的地理模型,仅有系统软硬件和数据还不能构成完整的地理信息系统,需要人进行系统组织、管理、维护和数据更新、系统扩充完善、应用程序开发,并采用地理分析模型提取多种信息。地理信息系统必须置于合理的组织联系中。不仅要在硬件和软件方面投资,还要在适当的组织机构中重新培训工作人员和管理人员方面投资,使他们能够应用新技术。近年来,硬件设备连年降价而性能则日趋完善与增强,但有技能的工作人员及优质廉价的软件仍然不足。只有在对GIS合理投资与综合配置的情况下,才能建立有效的地理信息系统。

另外,从系统的数据处理来看,地理信息系统是由数据输入子系统、数据存储与检索子系统、数据处理与分析子系统和输出子系统组成。

(四) 地理系统的功能

作为地理信息自动处理与分析系统,地理系统的功能通过数据采集—分析—决策应用的全部过程,并能回答和解决以下5类问题:

1) 位置(Location),即“在哪里”的问题。位置可表示为地方名、地理编码、地理坐标等。

2) 条件(Condition),即“符合某条件的实体在哪里”的问题。例如在某个地区寻找“面积大于 5 km^2 、无植被覆盖,且地质条件适合于大型建筑”的区域。

3) 趋势(Trend),即某个地方发生的某个事件及其随时间的变化过程。

4) 模式(Mode),即“某个地方存在的空间实体的分布模式是什么”的问题。模式分析揭示了地理实体之间的空间关系。

5) 模拟(Simulation),即“某个地方如果具备某种条件会发生什么”的问题。地理信息系统的模拟是基于模型的分析。

由于地理信息系统发展的多源性,其功能具有可扩充性以及应用的广泛性。Mauguire等按照地理信息系统中数据流程,将地理系统的功能分为5类10种:①采集、检验与编辑;②格式化、转换、概化;③存储与组织;④分析;⑤显示。在分析功能中,通常把空间分析与模型分析功能称为地理信息系统高级功能。

一般的 GIS 包括以下几项基本功能:

(1) 数据采集与检核

数据采集是在数据处理系统中将系统外部的原始数据传输给系统内部,并将这些数据从外部格式转换为系统便于处理的内部格式的过程。数据检核的目的是为了保证地理信息系统数据库中的数据在内容与空间上的完整性、数据值逻辑一致、无错等。一般而论,地理信息系统数据库的建设占整个系统建设投资的 60%~80% 或更多,并且这种比例在最近不会有明显的改变。因此,信息共享与自动化数据输入成为地理信息系统研究的重要内容。

(2) 数据编辑与更新

数据编辑主要包括图形编辑和属性编辑。属性编辑主要与数据库管理结合在一起完成,图形编辑主要包括拓扑关系建立、图形编辑、图形整饰、图幅拼接、图形变换、投影变换、误差校正等功能。数据更新即以新的数据项或记录来替换数据文件或数据库中相对应的数据项或记录,它是通过删除、修改、插入等一系列操作来实现的。由于空间实体都处于发展的时间序列中,人们获取的数据只反映某一瞬时或一定时间范围内的特征。随着时间的推进,数据会随之改变。数据更新可以满足动态分析的需要,对自然现象的发生、发展做出合乎规律的预测预报。

(3) 数据转换和概化

数据转换包括数据格式转化、数据比例尺的变换。数据的格式化是指不同数据结构的数据间变换,是一种耗时、易错、需要大量计算量的工作。在数据格式的转换方式上,矢量到栅格的转换要比其逆运算快速、简单。数据比例尺的变换涉及到数据比例尺缩放、平移、旋转等方面,其中最为重要的是投影变换。许多地理信息系统软件都对常见的投影方式进行了定义,如 MAPGIS 定义了几十种投影方式。数据概化包括数据平滑、特征集结等。目前地理信息系统所提供的数据概化功能较弱,与地图综合的要求还有较大差距,需要进一步发展。

(4) 数据存储与组织

这是一个数据集成的过程,也是建立地理信息系统数据库的关键步骤,涉及到空间数据和属性数据的存储与组织。数据存储是指将数据以某种格式记录在计算机内部或外部存储介质上。其存储方式与数据文件的组织密度相关,关键在于建立记录的逻辑顺序,即确定存储的地址,以便提高数据存取的速度。属性数据管理一般直接利用通用关系数据库软件进行管理。属性数据的组织方式有层次结构、网络结构与关系数据库管理系统等,其中关系型数据库系统是目前最为广泛应用的数据库系统。空间数据管理是 GIS 数据管理的核心,各种图形或图像信息都以严密的逻辑结构存放在空间数据库中,其常用的空间数据组织方法主要有栅格模型、矢量模型或栅格-矢量混合模型。

在地理数据组织与管理中,最为关键的是如何将空间数据与属性数据融合为一体。大多现行系统都是将二者分开存储,通过公共项来连接。这种组织方式的缺点是无法有效地记录地物在时间域上的变化属性,数据的定义与数据操作相分离。目前,时域地理信息系统(Temporary GIS)、面向对象数据库(Object-oriented Database)的设计都在努力解决这些根本性的问题。

(5) 空间查询与分析

空间查询与分析是 GIS 的核心,是 GIS 最重要和最有魅力的功能,也是 GIS 有别于其他信息系统的本质特征。主要包括数据操作运算、数据查询、检索、统计与数据综合分析。

数据查询检索即从数据文件、数据库或存储装置中,查找和选取所需的数据。为了满足各种可能的查询条件而进行的系统内部数据操作,如矢量数据叠合、栅格数据叠加等操作以及按一定模式关系进行的各种数据运算,包括算术运算、关系运算、逻辑运算、函数运算等。综合分析功能可以提高系统评价、管理和决策的能力,主要包括信息量测、属性分析、统计分析、二维模型分析、三维模型分析、多要素综合分析等,它是地理信息系统应用深化的重要标志。

(6) 数据显示与输出

数据显示是中间处理过程和最终结果的屏幕显示,通常以人机交互方式来选择显示的对象与形式,对于图形数据根据要素的信息量和密集程度,可选择放大或缩小显示。GIS不仅可以输出全要素地图,也可以根据用户需要,分层输出各种专题图、各类统计图、图表及数据等。一个好的地理信息系统应能提供一种良好的、交互式的制图环境,以供地理信息系统的使用者能够设计和制作出高品质的地图。

二、地理信息系统在城市环境模糊预测与综合评价中的应用

地理信息系统是进行城市环境预测与综合评价及结果表达的最佳途径。利用地理信息系统的基本功能,能将城市环境预测与综合评价的原始空间数据和属性数据录入计算机,再通过融合各种城市环境预测模型和综合评价方法,可以实现城市环境预测与综合评价的计算机自动化信息处理和最终结果的空间实时表达。地理信息系统在城市环境预测与综合评价中的应用主要表现为:

(1) 城市环境系统的理论研究

GIS技术为加强城市环境科学的理论研究提供了可靠的技术手段和方法。通过对大量已有环境数据的建模,可使研究者利用GIS中的虚拟现实技术建立虚拟境界,以便从不同的方向和角度来亲身感受和认识复杂的地貌、水文、气象、土壤、植被、灾害等环境数据的空间关系和物理关系,深化对它们内在关系和内部机理的理论研究。

(2) 城市环境系统海量数据综合管理

利用GIS技术可以存储大量的水资源、生物资源、生态资源、大气质量、社会经济等环境质量数据和资源数据,并能通过人机交互系统从这些数据中进行知识挖掘,得到可视化的环境统计、土地利用等所需结果。它能为相关管理部门提供大量的城市环境系统数据库,还能对环境与经济持续发展、环境综合治理提供决策支持。

(3) 城市环境监测和治理

城市环境监测是一个动态的变化过程,在GIS和遥感技术的支持下,能实时地得到大范围的监测数据,并能有效管理和迅速处理这些信息,再通过虚拟现实技术的应用就能得到监测参数的浓度分布动态变化图,从而及时了解各主要污染物的空间分布及超标情况。此外,根据监测结果,并综合运用环境决策模块,就可以确定最佳治理方案,通过虚拟现实技术的模拟功能,还能实时显示治理后的效果。

(4) 城市环境演变模拟和预测

城市环境演变的过程可以进行数值模拟,进而根据资料分析对未来一段时间内的城市环境演变状况进行预测。GIS技术是环境演变动态模拟和预测的有力工具,将演变模型、空间分析模型、数字高程模型、预测模型与GIS技术相结合,就可以以生动直观的方式模拟出城市环境演变的发生、发展过程,并预测未来的演变动态过程和结果,为城市环境演变的预

测预报提供科学的依据。

(5) 城市规划与决策

借助城市环境演变过程的模拟预测结果,以及对城市环境监测结果的分析,通过虚拟现实技术和三维数字景观技术,就能完成城市与区域的多目标规划和决策。

(6) 灾害监测与预报

当有毒气体泄露、化工厂爆炸、油船泄漏等事故突然发生时,现有的常规手段很难实现迅速、准确、动态的监测和预报,以致产生重大财产损失和人员伤亡。而 GIS 技术可以有效地显示和分析气体扩散范围和浓度、爆炸半径和强度、洪水淹没损失的估算、病虫害的监测预报、洪水灾情监测、森林火灾的预测预报等的三维可视化结果,预警城市灾害的发生,为抗灾抢险、紧急救援和防洪决策提供及时、准确的空间信息,为制定科学合理的灾后重建方案和长远的减灾规划、实现区域可持续发展提供可靠的依据。

(7) 城市环境分析与评价

GIS 技术与相应的城市环境空间分析模型、分析评价模型相结合,就能将分析评价结果以三维立体图形显示出来,使分析评价者可以直观地观察、操纵和修改所得到的结果。

第二节 模糊理论在城市环境系统研究中的应用

一、城市环境系统的模糊属性

1923 年,哲学家罗素论述了模糊性在自然界和现实生活各个领域的客观存在性问题。同时,恩格斯也明确指出:“一切差异都在中间阶段融合,一切对立都经过中间环节而相互过渡。”它们的这种哲学思想告诉我们,自然界中不是所有的事物或现象都存在“非此即彼”的特点,而是在很多时候存在“亦此亦彼”的性质。在城市环境系统中,就存在着大量具有“亦此亦彼”性质的事物或现象,如:城市大气 SO_2 、TSP 含量的“高”和“低”,城市空气质量的“好”与“坏”,环境规划方案的“优”与“劣”,城市街道的“干净”和“肮脏”,环境污染事故的危害性和风险度的“大”与“小”等。这些概念之间并不存在明确的数值界限,存在着“亦此亦彼”的特性,也就是说,它们之间存在模糊性。又如,大气环境质量标准规定可吸入颗粒物 PM_{10} 的浓度为 $0.250\text{mg}/\text{m}^3$ 时为“重污染”,则浓度为 $0.249\text{mg}/\text{m}^3$ 时就应不属于“重污染”,但二者在数值和污染程度上并没有明显差别,这种强制性划分显然不合理。客观上,从污染程度的一个等级到相邻的另一个等级之间存在着差异,但差异往往是不明显的,等级之间没有明显的界限,中间经历了一个从量变到质变的连续过渡的过程,这是差异的中介过渡性。由差异的过渡性而产生划分上的非确定性就是模糊性。因此模糊性是事物的一种客观属性,是事物的差异之间存在着中间过渡过程的结果。模糊性在城市环境系统和其他领域中是普遍而客观存在的。

L. A. Zadee 从实践中总结出互斥原理:“当系统的复杂性日益增加时,我们作出系统特性的精确、然而有意义的描述能力将相应降低,直至达到这样一个阈值,一旦超过它,精确性和有意义性将变成两个互相排斥的特性。”这一条原理告诉我们,复杂性越高,有意义的精确性就越低;而精确性越低,就意味着系统具有的模糊性越强。实际上,模糊性是由客观差异的中介过渡性所引起的划分上的一种不确定性。1965 年, L. A. Zadee 首次提出模糊集合(Fuzzy Sets)的概念,并在此基础上建立起了模糊集理论,模糊集理论的本质是以隶属

度函数作为媒介,从形式上将“不确定性”转化为“确定性”,从而为模糊不确定性问题的解决提供了有力的数学工具。

随着社会经济和科技的快速发展,城市环境系统正变得日益复杂,城市环境系统复杂性的增加,导致其模糊属性也表现得日益明显。城市环境系统的模糊属性通常体现在系统的组成、指标描述和系统决策等方面。

(1) 系统组成

城市环境系统是一个多层次、多输入、多输出、多因素、多变量的开放复杂巨系统,它由自然环境、生态环境和社会环境3个子系统组成。每个子系统又包括多个子系统。各子系统之间和各子系统内部都存在相互作用和信息交换。这就意味着层次之间、系统之间和各因素之间都存在着大量的不确定性信息,所以在城市环境系统分析中,不可能回避其模糊性。

(2) 指标描述

城市环境系统的一些指标,如污染物浓度、治理费用等可以定量化表达,属于清晰性指标,但另一些指标,如生态影响、社会效益等则很难完全定量化,只能用语言进行描述,属于非清晰性指标,而模糊理论则是解决这一问题的较好途径。

(3) 系统决策

城市环境系统的决策过程中,人的主观性对结果的影响往往很大,而人脑的思维、识别与判决又具有模糊性。人脑能够从诸多因素中筛选出主要因素,并结合以前处理类似问题所积累的经验 and 信息,进行一系列模糊推理与判断,最终作出接近客观事实的判断结果。

二、模糊集理论在城市环境预测中的应用

城市环境系统预测就是城市系统的历史和现状数据对城市系统的客观规律进行预估和推测,具体地说,它是根据系统过去发展规律和现状,借助于实际数据和历史资料,采用科学的预测方法探索系统的内在规律,进而估计和预测系统未来发展趋势的过程。

过去,数理统计法一直是对城市环境状况进行定量预测的主要方法。它一般包括单因素预测和多因素预测。前者主要是对城市环境因素本身的时间和空间变化规律进行外推预测,如指数平滑法、时间序列法、趋势外推法等。由于城市环境的变化和发展受许多因素影响和制约,利用多因素预测方法则可以分析城市环境与各影响因素的前期因果关系,再用数理统计法加以综合,确定其内在关系后进行预测,如多元线性回归法、聚类分析法、逐步回归分析法等。

然而,在城市环境系统中,各指标等级的划分界限是模糊的,它们之间的因果关系也不是十分确定的。对于模糊现象来说,过分地追求精确反而会使结果背离客观实际,在一定程度上考虑模糊性,会更容易得到接近客观实际的结论。因此将模糊集应用到城市环境系统预测的研究问题虽然还不多,但已逐渐引起人们的兴趣。如:胡月明很好地利用模糊集和模糊权理论对土壤质量进行了预测和评价,谢垂民用隶属度来描述 SO_2 浓度的高低程度以及影响 SO_2 浓度的有关气象因子的变化等级,运用模糊综合评判模型来预测 SO_2 的浓度,Baffaut将模糊参数引入水质模型来预测径流中的污染物总量和浓度,白琨应用模糊逻辑推理模式,根据工业总产值和万元能耗的变化规律,预测了工业废水排放量的变化趋势,石常蕴将模糊理论应用到了土地质量评价领域。

三、模糊集理论在城市环境质量评价中的应用

常规的城市环境质量评价方法一般包括综合指数法、分级评分法、数理统计法等,其中

综合指数法在 20 世纪六、七十年代应用较多,目前国内外已提出了 20 余种不同的综合指数模式,如向量模式、双指数模式、半集均方差模式、Nemerow 模式、算术指数模式、污染损失率模式等。由于分级评分法在评分尺度上有很大的任意性,一般只用于较粗浅的评价。应用数理统计理论和方法来研究各种因素与城市环境质量之间的相关关系进行评价也比较多,如因子分析、多元回归、聚类分析、主成分分析,以及几种方法的综合运用。

虽然上述方法应用比较广泛,但城市环境质量评价中往往存在模糊性概念,如:环境污染程度、分类级别等,这就使常规的“非此即彼”式方法不能很好地描述客观现象,应用模糊集理论进行城市环境质量评价更能客观地反映城市环境状况。近十多年来,模糊集理论在城市环境质量评价中的应用与研究得到了飞速的发展。其主要应用方法包括:

(1) 模糊变权综合评价法

这是目前城市环境质量评价中应用极其广泛的方法。其基本形式是 $B=A \cdot R$ 。其中 B 为综合评判结果; R 表示评价样本对评判分类的隶属度,为各污染因子与评价标准之间的模糊关系矩阵,由定义的隶属函数式确定; A 为污染因子的权重向量,权重向量一般根据每个因子对目标的贡献率,赋予每个参评因子不同的权重。确定权重的方法通常采用可靠性较好的 AHP 法(层次分析法)与 Delphi 法(德尔菲法)相结合的方式来确定。模糊综合评判法形式简单,运算方便,在城市环境质量评价中得到了普遍应用。

(2) 模糊模式识别法

将环境质量标准作为已知模式,评价样本作为未知待识别模式,运用模糊贴近度、模糊度等概念和隶属度最大原则来判别城市环境评价样本应该属于的类别。

(3) 模糊概率法

模糊概率法的基本原理是先统计一定阶段的的城市环境因子监测值的概率分布情况,并将监测值转化为隶属度,再利用模糊概率理论得到该阶段各城市环境因子的统计平均隶属度,最后运用模糊变权综合评判法、综合指数法等方法进行城市环境质量的综合评价。

(4) 模糊聚类法

在城市环境系统中引入模糊集理论是从研究模糊聚类开始的。模糊聚类法是根据客观事物间的亲疏程度和相似性,通过建立模糊相似性关系来对客观事物进行分类的方法。它包括基于模糊等价关系的动态聚类法和基于模糊 ISODATA 的聚类分析法。前者在城市环境质量的分类与评价中应用最为普遍。

第三节 城市环境预测与综合评价的基本方法和研究现状

一、城市环境预测的基本方法和研究现状

目前,城市环境预测大多还只局限于一些常规的、“非此即彼”式的方法,如环境科学工作者使用较多的多元统计方法、常规线性或非线性回归方法、Delphi 预测法、成本-效益分析法、灰色预测法、因果分析法等。从 20 世纪 90 年代初开始,我国和其他各国的学者开始将模糊系统应用于城市环境系统,如: C. Baffaut 利用模糊集理论进行了环境污染源的模糊预测和评价,白琨对环境系统模糊逻辑推理预测模型进行了研究,邓新民探讨了模糊图最大树法在大气环境预测与评价中的应用,熊德琪研究了环境系统模糊预测理论模式及其应用,朱发庆利用模糊理论研究了大气和水体的污染物预测,并建立了武汉市大气环境模糊预

测模型和汉水流域水体主要污染物模糊预测模型。模糊预测已经成为城市环境预测研究的热门课题。

二、城市环境系统综合评价的基本方法和研究现状

(一) 综合评价的概念

评价 (Assessment) 是指“从被评对象主体中提取本质属性,使之转换成主观价值尺度,并用以度量被评对象的行为过程”,是“根据确定的目标来测定被测对象的属性,并将这种属性变为客观计量的计值或者主观效用的行为”。综合评价 (Comprehensive Assessment) 则概指对多种因素影响的事物或现象作出总的评价,即对评价对象的全体,根据所给的条件,给每个对象赋予一个值——评价指数,再据此择优或排序。影响综合评价有效性 (Effectiveness) 的因素往往很多,综合评价的对象通常是有关环境、社会、经济等多个层面的复杂系统 (Complex System),所以,综合评价是一个极其复杂的过程。

构成综合评价的基本要素有评价对象、评价指标体系、评价专家及其评价原则、评价模型、评价环境 (实现评价过程的设施),各基本要素有机组合构成一个综合评价系统 (Comprehensive Assessment System)。

(二) 综合评价的基本过程

综合评价的基本过程包括:

(1) 明确评价对象

评价的对象通常包括各种资源、环境和生态,也可包括各种待发展的新技术、科研成果、科研项目等。评价对象本身的特点直接决定着评价内容、评价方式和评价方法。

(2) 建立评价指标体系

评价指标体系建立的好坏直接影响最终的评价结果,它要求评价者既要明确评价的目标体系、选用合适的指标体系,又要求评价者能明确指标间的隶属关系,并能从众多的指标中确定最主要的关键性指标。

(3) 确定评价模型

这一步主要是要求确定参与评价的人员、选定评价原则和相应的评价模型。

(4) 进行综合评价

主要内容包括量化不同评价指标的属性值、给指标赋权重、逐层评价相关内容。

(5) 输出评价结果并解释其意义

得到评价结果后,需要对评价结果以所需的形式输出,并对所得到的结果作出必要的解释和说明。

(三) 综合评价的基本方法及其评述

目前国内外常用的综合评价方法包括 Delphi 法、经济分析法、MODM 法、DEA 法、AHP 法、FCA 法、数理统计分析法等。

(1) Delphi 法

这是一种以相关专业专家的主观判断为核心,通常以打分、排序、评语、选择等方式作为评价的标值,对评价对象作出总的评价的方法。常用的方法包括评分法、分等方法、加权评分法、优序法等。这类方法比较简单,因而也得到了广泛的应用,它们常用于大学科研成果评价、城市环境综合整治与定量考核、企业经济效益的考核等。

专家评价法的优点是简单方便,易于使用,不足之处是该法的主观性太强;因此往往用

于一些不太复杂的对象系统的评价与对比。

(2) 经济分析法

这是一种以事先议定好的某个综合经济指标来评价不同对象的综合评价方法, 主要包括直接给出综合经济指标计算模型的方法、费用-效益分析法 (Cost - benefit Analysis) 等。这类方法常用于新产品的开发、科技成果和经济效益的评价、区域经济不平衡发展的程度、城市投资项目的各种评价等。

这种方法的优点是含义明确, 便于不同对象的对比。不足之处是计算公式或模型不易建立, 而且对于涉及较多因素的评价对象来说, 往往很难给出具有统一量纲的公式。该方法多用于城市经济部门的评价与比较。

(3) 多目标决策法 (Multi - objective Decision Making, MODM)

MODM 方法类本身有很多种方法, 大体上有以下几种: ①化多为少法, 即通过多种汇总的方法将多目标化成一个综合目标来评价, 最常用的有加权法和法、加权平方和法、乘除法和目标规划法等; ②分层序列法, 即将所有目标按重要性次序排列, 重要的先考虑; ③直接求所有非劣解的方法; ④重排次序法; ⑤对话方法等。

MODM 方法比较严谨, 要求评价对象的描述清楚, 评价者能明确表达自己的偏好, 这对于某些涉及模糊因素、评价者难于确切表达自己的偏好和判断的评价问题的求解带来了一定困难。

(4) 数据包络分析法 (Data Envelopment Analysis, DEA)

DEA 方法是 1978 年由美国学者 A. Charnes 和 W. W. Cooper 等首先提出, 它主要用来评价多输入和多输出的决策单元的相对有效性, 它可以看作是一种非参数的经济估计方法, 实质是确定前沿生产面。该方法目前大都用于评估技术进步、规模报酬、企业效益等。

DEA 方法模型清楚, 但得到的生产前沿面的物理意义不太明确, 其应用范围也限于一类具有多输入多输出的对象系统的相对有效性的评价。

(5) 层次分析法 (Analytic Hierarchy Process, AHP)

AHP 方法是 20 世纪 70 年代由运筹学家 T. L. Satty 提出的, 它的基本原理是根据具有递阶结构的目标、约束条件、部门等来评价方案, 采用两两比较的方法确定判断矩阵, 然后把判断矩阵的最大特征根相应的特征向量的分量作为相应的系数, 最后综合出各方案各自的权重 (优先程度)。该方法作为一种定性和定量相结合的工具, 目前已在许多领域得到了广泛的应用。

AHP 方法的可靠性高、误差小。不足之处是遇到因素众多、规模较大的问题 (如因素个数大于 9) 时, 该方法容易出现问题。目前使用较多的是 Satty 创立的、用 1~9 来标度的 AHP 法, 因此它的应用也就基本上限于诸因素子集中的因素不超过 9 个的对象系统的评价。

(6) 模糊综合评价法 (Fuzzy Comprehensive Assessment, FCA)

FCA 方法是一种用于涉及模糊因素的对象系统的综合评价方法。其主要步骤包括: 建立因素集 U 和评价集 V 之间的模糊关系 R , 并确定权重向量 A , 则综合评价结果为 $Y = A \cdot R$ 。

FCA 方法的优点是可对涉及模糊因素的对象系统进行综合评价; 不足之处是隶属函数的确定还没有系统的方法, 而且权重 A 的确定方法不够灵活, A 与 R 的综合方式也有待进一步探讨。

(7) 数理统计分析法

数理统计分析法主要是应用其中的主成分分析、因子分析、聚类分析等方法对一些对象进行分类和评价等,该类方法在环境质量、经济效益的综合评价以及工业主体结构的选择等方面得到了广泛应用。

该方法是一种不依赖专家判断的客观方法,优点是可以排除评价中人为因素的干扰和影响;不足之处是方法给出的评价结果仅对方案决策或排序比较有效,并不反映现实中评价目标的真实重要性程度,其应用时要求评价对象的各因素须有具体的数据值。

(四) 综合评价的研究现状

综合评价的研究包括综合评价方法和综合评价方法应用的研究,主要表现为:

(1) 应用某一种综合评价方法解决实际评价问题

这方面的文章很多,如:《环境科学》、《上海环境科学》、《重庆环境科学》、《系统工程》、《数据统计与管理》、《数学的实践与认识》等杂志也经常刊登这方面的文章。

(2) 对现有综合评价方法加以改进和发展

如王浣尘先生在 MODM 中引进了可能度和满意度的概念,定量描述了满意度的方法和算式,使得“需要”和“可能”这一对概念得以进行定量的描述和运算,从而使得问题的研究更便于反映实际情况。孟波和陈铤先生将模糊隶属函数和语言变量引入 MODM 的代理置换法中,从而克服了代理置换法中要求决策人用整数表达偏好的困难。

(3) 将几种综合评价方法综合运用

如贺仲雄等提出了融合模糊系统、灰色理论等思想的决策系统,可以用于预测、决策与评价。郭仲伟等则将聚类分析和 FCA 方法应用于宏观质量评估之中,取得了较好的应用效果。

目前这方面的尝试还非常少,而要有效地求解多层次多目标复杂对象系统的综合评价问题就必须针对问题的不同侧面应用不同的方法,因此就有必要探讨多种方法综合运用问题。王浣尘先生将“综合原则”归结为系统科学或系统工程方法在理论上的说法或在实践中的现象之一,并进一步指出从系统方法中提炼出的正如张钟俊教授所强调的“综合即创造”,以及众多文献中反复提到的各种结合,都是这种原则的反映。例如,定量分析同定性分析相结合,社会科学同自然科学相结合,宏观研究同微观研究相结合,理论分析同经验总结相结合,分析者同决策者相结合,软与硬相结合等均可归属到这类原则中去。

(4) 将评价方法同 AI、ES、模糊集理论、ANN、计算机技术等结合起来,以构成智能综合评价决策支持系统。

目前这方面的尝试还不多,国外虽出现了一些评价系统,但这些系统的智能化程度和集成化程度都较低,而且这些系统中的方法基本是 MODM 的有关方法,其他如 AHP、FCA 等方法都没涉及。笔者认为,除了将决策分析法同 ES 结合以外,还应将模糊集理论、ANN、KE、DSS 方法同它们有机结合起来,从而构成一个基于知识的、具有推理和自学习能力的智能综合评价决策支持系统,这样才能更好地发挥系统的整体优势和综合优势,增强系统的定性分析与定量分析能力。

(五) 当前综合评价中存在的主要问题

目前用于综合评价的方法亦有很多而且在许多领域也得到了广泛的应用,但是从综合评价研究的现状来看,仍存在下述几个问题有待于进一步研究:

(1) 理论方法研究同实际应用之间的衔接问题

目前理论方法研究同实际应用之间的衔接的研究还极为薄弱,大部分研究还停留在“具

体理论方法+实际应用案例”的阶段，有时还因理论方法研究者不太注意实际情况，实际应用者又往往围绕自己的专业来考虑理论方法的实际应用问题，而出现应用效果不理想甚至误用的情况。这样就有必要探索理论方法同实际应用之间的衔接问题。当前 AI、KE、ES、DSS 的飞速发展为这一问题的解决提供了帮助。将各种评价方法同 AI、KE、ES 有机结合以形成基于知识的综合评价支持系统（Knowledge - Based Comprehensive Assessment Support System, KBCASS），将较好地解决上述问题。构成的系统可用存储在知识库（Knowledge Base, KB）中的各种知识（方法原理、方法适应范围、方法应用知识等）引导使用者应用这些方法并解决实际问题，同时构成的系统又可以将具体的问题抽象成一般性的问题，从具体的案例中抽象出一般性的结论，以形成应用理论。

（2）评价软件的局限性

目前绝大多数评价软件仅仅是一个程序而已，往往缺少灵活性、交互性、通用性、适应性，更谈不上对新的评价问题的求解进行支持了；因此为了有效地求解复杂对象系统的综合评价问题，就必须采用集成的方法将多种评价方法同 KE、ES、计算机有机集成，使集成后的系统能够进行定性分析和定量分析，而且还能够引导评价者求解新的评价问题。

（3）评价专家的数据获取和评价样本的积累问题

目前这个问题还没有引起人们的重视，从而造成重复评价、评价结果不可比、浪费人力和物力等现象发生。而将先进的理论方法如模糊集理论、ANN 理论等与有关评价方法结合并构成集成式的智能型评价决策支持系统，将充分运用模糊集理论描述评价专家的判断和知识，运用 ANN 理论实现评价专家的知识 and 经验的自动获取。获取的知识以分布式存储于网络之中，一旦遇到类似的评价问题，便可由 ANN 完成，从而提高运算效率也可以节约人力物力。而得到的评价实例又可以积累起来进一步训练 ANN，使其知识得以不断更新。

（4）评价系统的规范性和可扩充性问题

由于目前实用性强的评价系统极为罕见，更谈不上系统的规范性和可扩充性，因此，在综合运用各种评价方法和先进技术方法如 AI、ES、KE、ANN、模糊集、计算机信息处理技术构成评价支持系统的同时，应注意技术上的规范性和系统的可扩充性，要使建成的评价系统具有良好的通用性（能适用于类似对象系统的应用和开发）和可扩充性（不断添加新方法部件或模块而不影响系统的运行和功能）。这些问题的解决需要既有理论上又有技术上的研究。