

环境管理决策支持系统

张剑平 任德官 余水宝 朱林生 陈涵 (金华 浙江师范大学 321004)

摘要: 环境管理决策支持系统是一个将计算机、通信、传感器技术与环保监测手段相结合,集自动监测、辅助决策功能为一体的智能化系统。本文介绍一个实时的城市环境管理决策支持系统(CEM-DSS)的基本结构、硬件设计,以及智能化决策模型。

关键词: 环境管理 决策支持

1 概述

城市环境管理决策支持系统(City Environmental Management Decision Support System, 简称(CEM-DSS)。该系统作为中、小城市的环境监测与管理部的管理应用系统,对于我国的环境监测与管理,以及城镇建设和城市经济的可持续发展,都具有重要的现实意义。CEM-DSS 系统包括硬件设备和数据处理软件两个部分。其硬件主要用于市区各监测点传感器的数据采集、存储与传输;软件用于各类监测数据的加工与分析。CEM-DSS 系统具有以下特点:

1.1 数据采集手段灵活

CEM-DSS 所采集的环境数据包括大气、降水、地表水、降尘、交通和环境噪声等6大类。考虑到我国中、小城市的该类系统投入成本和技术实现上的因素,CEM-DSS 系统可根据用户的具体情况,采用传感器自动采集和人工采样相结合的方式将环境数据输入计算机。例如,交通与环境噪声数据由传感器实时采集后,经由市内电话系统自动输入监测中心的数据库;水中的化学耗氧量等数据则由人工定期取样、分析后获得,再由操作人员录入数据库;而水质的PH、残留氯、氟、汞、浊度、色度等数据既可采用传感器采集,也可人工方式获取并录入。另一方面,CEM-DSS 中下位机的8个输入接口,允许用户灵活设置或增加传感器。上述灵活的数据采集与录入方式可以大大降低CEM-DSS系统的初期投资,符合统一规划、逐步完善的原则,更适用于中小城市的环境管理部门应用。

1.2 丰富的数据统计与图形分析功能

CEM-DSS 可对城市环境数据进行汇总、分类统计和输出,作为环境评价和领导决策的定量依据。其中输出的

各项环境指标包括大气总悬浮微粒日平均值、二氧化硫日均值、城市地面水COD均值、区域环境噪声均值等等各项城市环境要素(指标)值,同时还提供丰富的图形显示功能。

1.3 具备环境要素超标检查、环境质量评价与预测功能

由于系统中保存了城市环境要素的各项国家标准数据,因此CEM-DSS系统可以自动对环境数据库中的要素(指标)值进行超标检查,对超出标准的要素进行报警;系统还可以根据环境数据库中的数据,按照国家环保局发布的规范自动进行环境质量评价;此外,能够根据用户选择,对相关的环境要素进行预测。

1.4 实现技术先进

系统采用拨号连接市内电话系统方式来传输所采集到的环境数据,可靠性高、成本低廉;系统输出的统计表格、环境质量评价报表等信息,可以通过Internet网络向上级部门传输;在环境评价和预测中,采用了神经网络模型和其他决策模型;系统软件采用Windows操作系统;开发语言采用Delphi 4;运用开放的数据库接口技术(ODBC),使得系统可以适应多种数据库平台。

2 系统构成

CEM-DSS系统的硬件环境包括:监测中心计算机系统、上位机(自制的PC机插件)、下位机(自制的与传感器连接的部件)、环境监测传感器(外购)。软件采用汇编语言和Delphi 4高级语言设计,操作系统为Windows 98。其中,硬件部分主要用于城区各监测点的传感器数据采集、存储与传输;应用软件用于各类监测数据的分析与处理。CEM-DSS系统的各类数据存储在6个环境数据库中,

分别用于存储大气、降水、地表水质、降尘、交通噪声和定点噪声数据。CEM-DSS系统的基本组成如图1所示,系统的功能模块有:

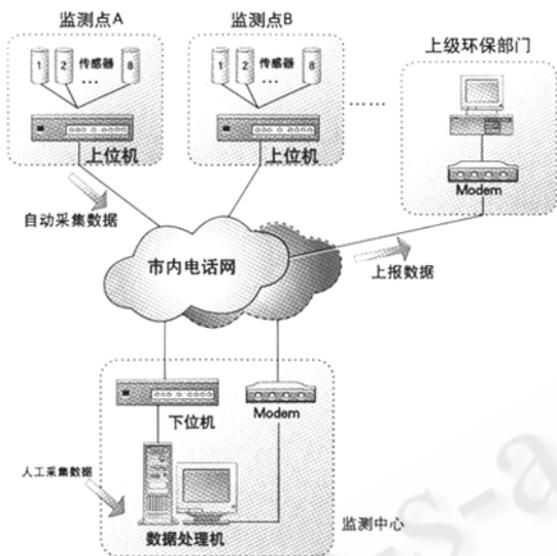


图1 CEM-DSS的基本组成

- 数据采集: 包括数据自动传输; 键盘录入; 数据编辑; 打印输出等功能;
- 数据检索: 包括数据分类检索; 测点分布; 测点编码检索; 环境标准检索; 通用检索等功能;
- 环境评价: 包括数据的分类统计; 图形分析; 环境指标超限检查; 专家综合评价等功能;
- 环境预测: 包括神经网络时间序列预测; 回归分析等功能;
- 报表输出: 包括大气、降水、地面水、降尘、交通噪声和定点噪声等类环境数据的报表; 数据的复制和远程传输等功能;
- 系统维护: 包括数据备份、恢复; 测点编码的管理; 用户及其权限管理等功能。

3 硬件设计

3.1 下位机

由8031单片机作为控制器,它是集数据采集、数据预处理、数据存储与通信为一体的部件,其结构框图如图2所示。其基本功能包括:

- 按预定的时间间隔进行数据采集,经平滑滤波后按时间序列顺序存入非易失数据存储区;
- 每天定时向上位机传送上一天的数据,以供监测中

心分析和决策用;

- 接受用户发送的时间区间及所需的参数代码,实时向上位机传送相应的数据;
- 当上电复位时,自动向上位机请求校时,以保证上、下位机的系统时间同步;
- 采用双音多频形式,通过市内电话线路向上位机传输数据。

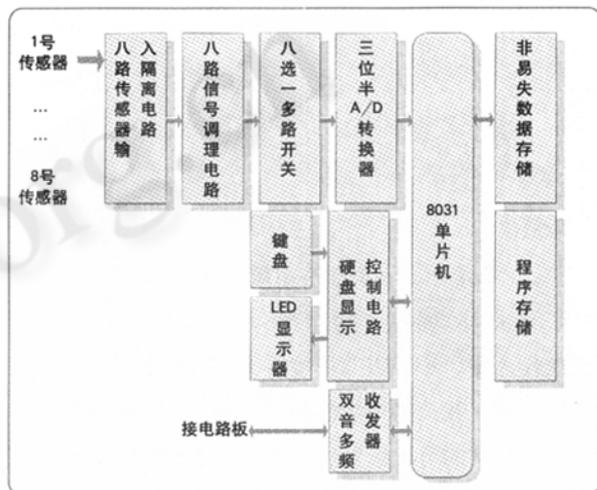


图2 下位机结构图

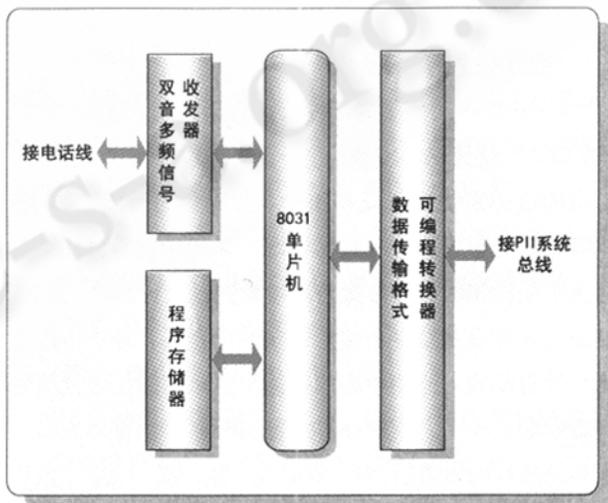


图3 上位机结构图

3.2 上位机

上位机由在监测中心数据处理机(奔腾II以上计算机)上增设一通信卡而构成,该通信卡结构框图如图3所示。其基本功能包括:

- 接收下位机的数据和运行状态信息,并填入CEM-DSS系统相应的关系数据库中;

- 向下位机实时转送监测中心命令;
- 每天定时向下位机发送系统校时值。

4 决策模型

决策模型是CEM-DSS系统的重要组成部分,这里主要采用了神经网络、线性回归、综合评价等模型,应用于CEM-DSS的环境预测、环境评价模块中。上述模型能对系统中的环境数据进行分析,从中挖掘出潜在的模式,进行环境预测与评价,支持管理人员做出决策。

4.1 基于神经网络的时间序列预测模型

预测的方法通常有参数预测法和非参数预测法两种。参数预测法先对序列的模型做一定的假设,然后经过对模型参数的估计得到相应的预测值。CEM-DSS系统中的回归分析预测就是一种参数预测法。但是,如果假设的模型与实际不符,这种方法的性能就较差。CEM-DSS中采用了基于神经网络的时间序列预测模型,这是一种非参数方法,它无需对信号模型做假设,因此比参数方法有更广的适应性。

人工神经网络是一种并行处理技术,具有自学习、自适应和并行计算能力。本系统采用了BP网络反向传播的学习(训练)算法进行网络连接权的学习。系统在进行预测前,首先进行神经网络加权值的学习(或称训练),然后才能进行预测。也可以调用事先经过学习的网络加权值矩阵直接进行预测。

假设已经观察到的样本为 $x(1),x(2),\dots,x(n)$,我们需要用其中的 m 个观测值,预测 $n+1$ 时刻的值 $x'(n)$ 。利用多层感知机神经网络进行学习和预测的具体步骤为:

(1) 把 $x(1),x(2),\dots,x(n)$ 分成 k 组,每组有 $m+1$ 个值,前 m 个值作为网络输入节点的输入,最后一个作为输出节点的期望值,如下表所示。

m 点输入	期望输出值
$X(1),x(2),\dots,x(m)$	$X(m+1)$
$X(2),x(3),\dots,x(m+1)$	$X(m+2)$
.....
$X(k),x(k+1),\dots,x(k+m-1)$	$X(k+m)$

(2) 利用神经网络的BP学习算法或其他学习算法,对网络的连接强度进行训练。

(3) 利用收敛后的连接强度,并将 $x(n-m+1),x(n-m+2),\dots,x(n)$ 作为网络输入,算出的 $d(n)$ 就是所求的预测值 $x(n+1)$ 。

例如,我们使用某测点大气 SO_2 指标的20个时间序列数据进行学习和预测,经过20000次迭代后,标准误差收敛为0.000062。然后,系统就可将以上学习的结果用于 SO_2 指标的预测。

4.2 多专家、多指标综合评价模型

城市环境管理决策的综合评价包括三方面的内容,一是综合评价指标体系及其评价标准的建立,这是整个评价工作的前提;二是用定性或定量的方法确定各指标的具体数值,即指标评价值;三是各评价值的综合,包括综合算法和权重的确定、总评价值的计算等。在建立了评价指标体系,由多名专家使用定性或定量方法确定了待评价区域环境的各项指标评价值以后,综合评价工作便进入了多指标综合阶段。由于综合的模型直接关系到评价结果的优劣,不同的模型可能导致截然不同的评价结论,因此这是整个综合评价的重要环节。

在CEM-DSS系统中,采用了考虑指标均衡度影响和专家人数不一致因素的综合评价模型[2],与一般的DSS综合评价模型相比,该模型主要有以下特点:

(1) 能够适应对各评价对象进行评价的专家数目不一致,或参与评价某对象各指标的专家人数不一致的情况,可以允许专家酌情放弃对个别指标的评价,这就增强了评价结果的客观性;

(2) 利用经济学中Gini系数的原理,将指标均衡度概念引入综合公式中,使各指标间的协调、均衡程度在评价过程中得到反映,从而使得评价更加“全面”;

(3) 将诸专家意见加权合成的步骤提前进行,因此可以从计算机输出诸评价对象关于每个指标的专家评价值的综合信息,便于对评价对象作进一步分析;

(4) 指标体系包含了定性、定量指标,以及成本型、效益型和区间型等多种指标类型;模型的算法适合于计算机实现,所以该模型具有较大的通用性。

该模型的具体描述,请读者参考文献[2]。

4.3 回归预测模型

考虑到方便用户使用,本系统采用线性回归技术进行预测,即采用直线 $y=a+bx$ 来表示两个环境变量之间存在的关系。

在本系统中,选中回归预测功能后,按照屏幕提示依次选择数据库名称、年份、自变量X、Y的字段名,然后按“确定”键,系统计算后即可显示出线性回归方程式,以及相应的标准误差和相关系数。在回归方程式的基础上,用户只需在对话框的“已知的X值”中输入自变量的

数值,系统即可由回归方程式 $y=a+bx$ 计算并输出相应的Y值。用户也可以按下“图形分析”按钮来观察上述预测的直观图形。

4.4 环境超标检查模型

环境超标检查是城市环境管理的一项常规工作,在CEM-DSS系统中,实现该功能的数学模型主要依据国家环境保护局发布的“城市空气质量预报规定”。

4.5 自然语言接口模型

在CEM-DSS系统中,自然语言接口用于环境数据库的检索模块。由于人类自然语言句子千变万化,要理解它需要大量的知识和经验,以及借助于语言环境和上下文,因而是一个至今尚未完全解决的智能化问题。然而,建立在关系数据库系统上的环境管理领域专一性特征使得其检索语句的词汇、范围和句型都具有较强的限制,大大减少了自然语言句子的模糊性和多义性,这就为建造自然语言接口创造了有利条件。

目前的自然语言理解系统大多基于有限状态机模型,用户的自然语言受较严格的语法限制,理解过程中易发生

中断或混乱。CEM-DSS系统中采用了“干扰处理模型”,这是上下文无关分析器模型的一个改进,它仅对自然语句中与数据库检索有关的信息感兴趣,而把其余内容都当作干扰置之不理,因此较大程度降低了对用户的语法限制,提高了模型的实用性^[3]。

在该模型中,对自然检索语句的理解、转换过程分为词法分析、句法分析、形式语言框架填写,以及SQL查询语句生成等4个阶段。模型的具体描述请参考文献[3]。

参考文献

- 1 陈文伟, 决策支持系统及其开发, 清华大学出版社, 广西科学技术出版社, 1994
- 2 张剑平, 考虑指标均衡度影响和专家人数不一致因素的信息系统综合评价模型, 系统工程理论与实践, 1997, (17) 10, p53
- 3 张剑平, 用于管理信息系统检索的自然语言接口模型, 小型微型计算机系统, 1994, (15) 8, p31