

模糊评价在环境数据分析系统中的应用

张中昱¹ 赵政²

(1. 中华人民共和国天津海关, 天津 300457 2. 天津大学 电子信息工程学院, 天津 300072)

摘要: 介绍了模糊评价方法结合计算机技术运用于环境质量测评的典型实例——农业部环境数据分析系统, 模糊评价的步骤和模糊评价在农业部环境数据分析系统中的实现情况, 并且对环境数据分析系统的功能、结构和创新点进行了描述。

关键词: 模糊评价 环境质量评估 环境数据分析系统 动态选择 Web 3.0 +

中图分类号: P631 文献标识码: A 文章编号: 1000-8918(2006)05-0463-05

模糊评价是一种非常有效的分析方法。近年来, 该方法在环境监测方面发挥的作用日益显著, 其强大的分析功能也日益为人们所重视。笔者介绍的环境数据分析系统就是以模糊评价为理论基础开发出的环境监测软件。主要围绕2个问题展开论述: ①利用模糊评价方法对环境质量进行分析, 具体的说, 就是根据全国各地土壤、空气、灌溉水的监测资料, 利用模糊评价方法得出各地区土壤、空气、灌溉水的污染等级, 并找出对各地区的土壤、空气、灌溉水的质量影响最大的污染物; ②是模糊评价过程在环境数据分析系统中的具体实现。为了叙述方便, 在以下的篇幅中, 将土壤、空气、灌溉水等因素称为环境要素或评价对象。

1 基本步骤

这里主要介绍利用模糊评价方法对单个环境要素的质量进行评估的过程。假定环境质量可以划分为 m 个等级。在对单个环境要素的污染状况进行分析时, 模糊评价一般包含以下3个步骤。

(1) 计算环境要素所包含的各种污染物的隶属度, 得出污染物的隶属度矩阵。

隶属度是描述污染物的含量与各污染等级之间的相关程度的参数。根据污染物的实测值和各级评价标准就可以计算出污染物相对于各污染等级的隶属度。在计算污染物的隶属度时, 需要选择一个隶属度函数。常用的隶属度函数包括降半阶隶属度函数、高斯隶属度函数、三角隶属度函数等等。在这里采用的是降半阶梯形隶属度函数。用 j 表示污染的等级 $j = 1, 2, \dots, m$; 用 x_i 表示环境要素的第 i

种污染物的实测值; 用 S_{ij} 表示第 i 种污染物的第 j 级标准; 用 r_{ij} 表示第 i 种污染物对第 j 级的隶属度。则隶属度的计算公式如下:

当 $j = 1$ 时

$$r_{ij} = \begin{cases} 0, & x_i \geq S_{\chi(j+1)}; \\ \frac{S_{\chi(j+1)} - x_i}{S_{\chi(j+1)} - S_{ij}}, & S_{ij} \leq x_i \leq S_{\chi(j+1)}; \\ 1, & x_i \leq S_{ij}。 \end{cases}$$

当 $j = 2, 3, \dots, m-1$ 时

$$r_{ij} = \begin{cases} 0, & x_i \leq S_{\chi(j-1)} \text{ 或 } x_i \geq S_{\chi(j+1)}; \\ \frac{x_i - S_{\chi(j-1)}}{S_{ij} - S_{\chi(j-1)}}, & S_{\chi(j-1)} \leq x_i \leq S_{ij}; \\ \frac{S_{\chi(j+1)} - x_i}{S_{\chi(j+1)} - S_{ij}}, & S_{ij} \leq x_i \leq S_{\chi(j+1)}。 \end{cases}$$

当 $j = m$ 时

$$r_{ij} = \begin{cases} 0, & x_i \leq S_{\chi(j-1)}; \\ \frac{x_i - S_{\chi(j-1)}}{S_{ij} - S_{\chi(j-1)}}, & S_{\chi(j-1)} \leq x_i \leq S_{ij}; \\ \frac{S_{\chi(j+1)} - x_i}{S_{\chi(j+1)} - S_{ij}}, & x_i \geq S_{ij}。 \end{cases}$$

(2) 计算环境要素的各种污染物的权值, 并进行归一化, 得出污染物的归一化权值矩阵。

计算污染物的权值实际上就是根据污染物的超标情况对其赋权。污染物的超标情况越严重, 它的权值就越大。用 x_i 表示环境要素的第 i 种污染物的实测值, 用 S_{i3} 表示第 i 种污染物的第3级标准, 用 W_i 表示第 i 种污染物的权值, 则环境要素的第 i 种污染物的权值计算公式为

$$W_i = x_i / S_{i3}。$$

当各种污染物的权值都计算完毕之后,需要对污染物的权值

$$W'_i = x_i / \sum_{k=1}^n W_k$$

进行归一化处理。其中, $\sum_{k=1}^n W_k$ 表示环境要素所包含的各种污染物的权值总和, W'_i 表示环境要素的第 i 种污染物的归一化权值。

(3)对隶属度矩阵和归一化权值矩阵进行模糊矩阵复合运算,得出环境要素的模糊评价结果矩阵,并根据模糊评价结果矩阵判断出环境要素的污染等级。

采用 2 种模糊算子进行模糊矩阵复合运算,一种是“ \vee, \wedge ”算子,另一种是“ \cdot, \vee ”算子。首先利用“ \vee, \wedge ”算子进行模糊矩阵复合运算,得出模糊评价结果矩阵。模糊评价结果矩阵实际上是一个一维向量,它包含 m 个元素,形如 (b_1, b_2, \dots, b_n) 。依据最大隶属度原则可以由结果矩阵得出评价对象的污染等级,即结果矩阵的 m 个元素与 m 个污染等级一一对应,结果矩阵的 m 个元素中哪一个元素的数值最大,评价对象的污染等级就是哪一级。但是,“ \vee, \wedge ”算子的清晰域较小,采用这种算子得出的评价结果可能会比较模糊。所谓“模糊”是指结果矩阵的诸元素中有若干个元素的数值非常接近,以至于无法根据结果矩阵判断出评价对象的污染等级。如果“ \vee, \wedge ”算子得出了模糊的结果,就要采用“ \cdot, \vee ”算子重新进行模糊矩阵复合运算,以便获得比较清晰的结果矩阵。将“ \vee, \wedge ”; “ \cdot, \vee ”这 2 种算子相结合,可以准确得出评价对象的污染等级,从而对评价对象做出较好的描述。

在实际的工作中,将环境质量划分为 5 个等级,并将这 5 个污染等级依次命名为清洁、尚清洁、轻污染、中污染、重污染。

2 农业部环境数据分析系统简介

农业部环境数据分析系统是基于微软公司的 NET 技术搭建的 MIS 系统,该系统采用 Browser-Server 结构实现,主要开发工具是 ASP.NET,并使用 Visual C++ 作为网页内嵌的脚本语言,后台数据库采用的是 Microsoft Access 2000。当系统安装到 web 服务器上之后,用户在客户机上 Microsoft IE 浏览器就可以对系统进行访问。这个系统是天津大学计算机系与农业部环境监测总站的合作项目,该项目由天津大学计算机系开发,项目中用到的监测数据和环保资料均由农业部环境监测总站提供。

环境数据分析系统的功能主要有以下 3 项:

(1)对环境质量进行模糊评价。这个系统主要通过土壤、空气、灌溉水对环境质量进行评价。具体的说,就是根据各地区土壤、空气、灌溉水的监测数据,利用模糊评价方法得出各地区土壤、空气、灌溉水的污染等级,并找出各地区土壤、空气、灌溉水的主要污染物。这是系统的核心功能。

(2)环境数据查询的功能。用户可以按照所在地区、污染物的含量、污染等级等多个条件对数据库中土壤、空气、灌溉水的监测数据进行查询。例如,用户可以按照以下条件对数据库中土壤的监测数据进行查询:所在地区为北京市密云县,铅含量低于 43.3 mg/kg,污染等级为尚清洁。

(3)用户权限管理的功能。管理员可以添加和删除用户,一般用户可以修改自己的密码等。

从功能上来说,此环境数据分析系统可以分为用于实现模糊评价、用于实现环境数据查询、用于实现用户权限管理部分。笔者主要介绍系统的模糊评价部分。

3 功能的实现

农业部环境数据分析系统的模糊评价部分可以划分为土壤模糊评价模块、空气模糊评价模块和灌溉水模糊评价模块,分别用于对土壤、空气和灌溉水的质量进行评估。这 3 个模块的内部结构基本相同,而且用于实现模糊评价的核心代码也是相同的。

模糊评价的核心代码是一个模糊评价类,这个类是用 C++ 语言编写的,其理论依据是文章第一部分介绍的模糊评价方法。模糊评价类是一个独立的模块,外部代码通过调用这个类的代码来实现模糊评价的功能。模糊评价类主要包含以下几个功能模块:

(1)初始化模块。这是一个公共模块,是外部代码跟模糊评价类进行通信的一个接口。外部代码通过这个模块将模糊评价所需要的参数传递给模糊评价类。模糊评价所需要的参数主要有:参加模糊评价的污染因子的数目、名称、单项评价标准等等。此外,在这个模块当中还要对模糊评价类的各成员变量进行初始化。

(2)隶属度运算模块。其功能是计算评价对象包含的各种污染物的隶属度。计算完毕后,这个模块会以二维数组的形式返回评价对象的隶属度矩阵。下面列出了计算第 i 种污染物的第 1 级隶属度的 C++ 代码。

//在本段代码中,数组 RelativeMatrix 用于存放

评价对象的隶属度矩阵,数组 PollutantValue 用于存放

//污染物实测值,数组 PollutantStandard 用于存放污染物的各级评价标准

```

if( j = 0 ){
    if( PollutantValue[ i ] > = PollutantStandard
[ i j + 1 ])RelativeMatrix[ i j ]=0 ;
    else if( PollutantValue[ i ] < = Pollutant-
Standard[ i j ])RelativeMatrix[ i j ]=1 ;
    else
        RelativeMatrix[ i j ]=( PollutantStandard
[ i j + 1 ] - PollutantValue[ i ])/
        ( PollutantStandard[ i j + 1 ] - PollutantStan-
dard[ i j ]);
}

```

(3)权值运算模块。这个模块的作用是计算评价对象包含的各种污染物的归一化权值,并找出评价对象的主要污染物和超标污染物。获取评价对象主要污染物的方法就是对评价对象包含的各种污染物的权值大小进行比较,权值最大的污染物就是评价对象的主要污染物。判断污染物是否超标的方法是用污染物的实测值与污染物单项评价标准的第三级进行比较。如果某种污染物的实测值达到或超过了其单项评价标准的第三级,就认为该污染物的含量超标。计算完毕之后,这个模块会返回评价对象的归一化权值矩阵,并确定评价对象的主要污染物和超标污染物的名称。下面列出的是计算各污染物的归一化权值的 C++ 代码。

//在下列代码中,数组 PollutantWeight 用于存放污染物的归一化权值矩阵,数组 PollutantValue 用于存放

//各种污染物的实测值,数组 PollutantStandard 用于存放污染物的各级评价标准,变量 Pollutant-Num

```

//表示参加模糊评价的污染物的数目
weightsum = 0.0 ;
for( i = 0 ; i < PollutantNum ; i + + ){ //
PollutantStandard[ i 2 ]表示第 i 种污染物的第三级
标准
    PollutantWeight[ i ]= PollutantValue[ i ]/ Pol-
lutantStandard[ i 2 ]; //计算各种污染物的权值
    weightsum = weightsum + PollutantWeight
[ i ];
}
for( i = 0 ; i < PollutantNum ; i + + ){ //对

```

污染物的权值进行归一化

```

PollutantWeight[ i ] = PollutantWeight[ i ]/
weightsum ;
}

```

(4)模糊运算模块。其功能是对隶属度矩阵和归一化权值矩阵进行模糊矩阵复合运算,得出评价对象的模糊评价结果矩阵,并根据结果矩阵确定评价对象的污染等级。模糊矩阵复合运算是通过“ \vee ”、“ \wedge ”算子和“ \cdot ”、“ \vee ”算子来实现的。

下面列出了利用“ \vee ”、“ \wedge ”算子进行模糊运算的主要代码。

//在下列代码中,变量 PollutantNum 表示污染物的数目,变量 GradeNum 表示污染等级的数目

//数组 PollutantWeight 用于存放污染物的归一化权值矩阵,数组 RelativeMatrix 用于存放污染物

//的隶属度矩阵,数组 FResult 用于存放评价对象的结果矩阵

```

for( j = 0 ; j < GradeNum ; j + + ){
    for( i = 0 ; i < PollutantNum ; i + + ) //首先
进行  $\wedge$  模糊运算,获取每 2 个数之中的较小者
        tmp[ i ] = PollutantWeight[ i ] < RelativeMa-
trix[ i j ]? PollutantWeight[ i ]:RelativeMatrix[ i j ];
        tmpmax = tmp[ 0 ];
    for( i = 1 ; i < PollutantNum ; i + + ){ //然后
进行  $\vee$  模糊运算,获取每组数之中的最大者
        if( tmpmax < = tmp[ i ])tmpmax = tmp
[ i ];
    }
    FResult[ j ] = tmpmax ;
}

```

下面列出的则是采用“ \cdot ”、“ \vee ”算子进行模糊运算的主要代码,代码中变量的含义同上。

```

for( j = 0 ; j < GradeNum ; j + + ){ //首先进
行  $\cdot$  模糊运算,计算每对数的乘积
    for( i = 0 ; i < PollutantNum ; i + + )
        tmp[ i ] = PollutantWeight[ i ] * RelativeMa-
trix[ i j ];
    tmpmax = tmp[ 0 ];
    for( i = 1 ; i < PollutantNum ; i + + )
{ //然后进行  $\vee$  模糊运算,获取每组数之中的
最大者
        if( tmpmax < = tmp[ i ])tmpmax = tmp[ i ];
    }
    FResult[ j ] = tmpmax ;
}

```

下列代码的功能则是根据结果矩阵确定评价对象的污染等级。

//在下列代码中,变量 tmpmax 用于记录结果矩阵的诸元素中数值最大的元素,变量 maxindex 用于记录

//结果矩阵的最大元素的下标值,变量 PollutionGrade 用于记录评价对象的污染等级

fuzzysum = 0.0 ;

for(j = 0 ; j < GradeNum ; j + +) //对结果矩阵的所有项求和

fuzzysum = fuzzysum + FResult [j] ;

for(j = 0 ; j < GradeNum ; j + +) //对结果矩阵进行归一化

FResult [j] = FResult [j] / fuzzysum ;

tmpmax = FResult [0] ; maxindex = 0 ;

for(j = 1 ; j < GradeNum ; j + +){ //找出结果矩阵的数值最大的元素

if(tmpmax < = FResult [j]){

tmpmax = FResult [j] ;

maxindex = j ;

}

}

switch(maxindex){ //根据结果矩阵的最大元素的下标值确定评价对象的污染等级

case 0 :PollutantGrade = " 清洁 " ;break ;

case 1 :PollutantGrade = " 尚清洁 " ;break ;

case 2 :PollutantGrade = " 轻污染 " ;break ;

case 3 :PollutantGrade = " 中污染 " ;break ;

case 4 :PollutantGrade = " 重污染 " ;break ;

}

隶属度运算模块、权值运算模块和模糊运算模块都是模糊评价类的私有成员,外部代码不能直接访问它们。

(5)外部接口模块。这个模块既是一个公共模块,也是外部代码跟模糊评价类进行通信的接口。外部代码通过调用这个模块来实现模糊评价的功能。具体的过程如下:①外部代码将评价对象的污染物实测数据传送给外部接口模块;②外部接口模块调用隶属度运算模块、权值运算模块和模糊运算模块来对评价对象的污染等级进行评估;③评价完毕之后,外部接口模块将评价的结果回送给外部代码。模糊评价的结果包括评价对象的污染等级、主要污染物和超标污染物。

在进行模糊评价的时候,程序按照如下的顺序执行:①从数据库中读取参加模糊评价的污染物的

单项评价标准;②创建模糊评价类的一个实例,调用模糊评价类的初始化模块、污染因子的数目、种类、单项评价标准等信息传递给模糊评价类;③在对以地区为单位进行环境质量评价时,程序首先从数据库中读取该地区的污染物实测值,然后调用模糊评价类的外部接口模块,对该地区的土壤、空气或灌溉水的质量进行评价,再将评价的结果写入数据库中,并显示在 web 页面上。

4 环境数据分析系统的创新点

灵活性差是传统的环境模糊评价系统的一大弊端。在传统的环境测评系统中,参加模糊评价的污染因子的种类和数目在系统开发时就已经固定。因此,传统的环境测评系统只能根据固定种类和数目的污染因子对各环境要素的污染等级进行评估。但是,实际的监测数据所包含的污染因子的种类和数目往往并不确定。如果监测数据包含的污染因子的种类或数目与现有系统的设定值不相符,现有系统就无法根据监测数据对环境质量进行评价。这样,就不得不舍弃现有的系统,转而开发新的系统,从而造成时间和经济上的浪费。

为了解决上述问题,农业部环境数据分析系统引入了动态选择污染因子的机制。动态选择污染因子是这个环境数据分析系统的主要创新点。所谓动态选择污染因子是指:用户在对环境质量进行评估时,可以从系统指定的污染物中任意选取一种或多种来进行分析,而不必拘泥于固定的污染因子。有了这种机制,用户就可以根据各地区的监测数据实际包含的污染物来选择参加模糊评价的污染因子。无论监测数据包含的污染物的数目和种类如何变化,只要不超出系统规定的最大范围,系统就能够对其进行分析。这就使得系统能够适应复杂多变的实际条件,从而大大提高了系统的灵活性。

5 结束语

天津大学计算机系开发的环境数据分析系统是将模糊评价方法和计算机技术应用于环境质量测评的典型实例。将模糊评价方法应用于环境质量测评,可以综合考虑多个因素的影响,进而对环境质量作出科学的分析。计算机技术的引入则使得环境测评工作更加准确、快捷、高效。此外,与传统的环境测评系统相比,这个系统有着显著的优越性:它允许用户动态选择模糊评价的污染因子,因而大大提高了系统的灵活性。这个环境数据分析系统标志着环境测评工作由主观向着客观迈出了重要的一步,是

近年来环境测评系统中的成功典范。

参考文献：

[1] 张广普,赵景国,周德兴. 总体环境质量的二级模糊综合评价

[J]. 中国环境监测,1993,9(6):49.

[2] 贺仲雄. 模糊数学及其应用[M]. 天津:天津科技出版社,1983.

THE APPLICATION OF FUZZY EVALUATION TO THE ENVIRONMENTAL DATA ANALYTICAL SYSTEM

ZHANG Zhong-yu, ZHAO Zheng

(1. Tianjin Customs District of People's Republic of China, Tianjin 300457, China 2. College of Electronic and Information Engineering, Tianjin University, Tianjin 300072, China)

Abstract: This paper describes a typical example illustrating the application of fuzzy evaluation method and computer technology to the field of environmental quality evaluation, i. e., the Environmental Data Analytical System for Ministry of Agriculture, with the emphasis placed on the procedures of fuzzy evaluation and the realization of fuzzy evaluation in the Environmental Data Analytical System. The functions, structure, and innovation of that system are also discussed in this paper.

Key words: fuzzy evaluation; environmental quality evaluation; Environmental Data Analytical System; dynamic selection; Web; C++

作者简介: 张中昱(1981-)男,内蒙古呼和浩特人,硕士,2006年毕业于天津大学电子信息工程学院,主要研究方向:数据库,数据挖掘。

面波、反射波处理软件综合技术服务

核工业北京地质研究院物化探中心多年来一直从事浅层地震方法研究、地震数据采集系统开发及工程检测技术服务,并能够紧跟工程市场及一些特殊需要,开发合适的产品。

1. 多道瞬态瑞利面波处理软件包(Win XP 版)

随着工程勘查的发展及一些特殊工程评价的需要,近几年迅速发展起来的瞬态瑞利面波方法在工程勘查领域发挥越来越重要的作用。核工业北京地质研究院是最早开发瞬态瑞利面波处理软件的单位之一,该软件已被国内外仪器厂家采用,在许多工程中发挥重要作用,到目前为止,已从原 DOS 版(FK-SWS)发展到了界面十分友好的 Windows 版(Sws-view)(版权专有),为适应最新操作系统的要求,于 2006 年初推出 Win XP 版处理软件(版权专有),使用更加方便。同时,为了满足教学的需要,还推出了 Win XP 网络版,方便了学生实习。

2. CSP 地震浅反处理软件包

CSP 地震浅反处理软件,自推出以来,得到了用户的广泛使用和支持,并被国内许多地震仪厂家采用。该软件已从原来的 3.0 版升级到 5.0 版,深受用户好评。继为适应高档微机的要求,推出了 CSP5.1A(版权专有)后,2006 年初将推出功能更加强大的 CSP6.1(版权专有)浅反处理软件,以满足新老用户的需要。

上述软件,物化探中心负责培训、咨询及不断升级,竭诚为广大客户服务。欢迎来电、来信咨询!

联系人:徐贵来 梅汝吾
单位地址:北京安外小关 邮编:100029
单位:核工业北京地质研究院物化探研究中心
Tel: (010) 64962690 64921115 ;13601272455
E-mail: guilaixu@163bj.com