

## 模糊数据库技术在高速公路养护系统中的应用

杨丽丽<sup>1</sup> 丁军<sup>2</sup>

(1. 中国农业大学 信息与电气工程学院, 北京 100083; 2. 北京科技大学 数学力学系, 北京 100083)

**摘要** 为解决目前高速公路养护系统模糊数据的处理问题,在BS模式高速公路养护系统中,利用模糊法则,考虑路况取样对几种不同情况的隶属度,并将其定义为连续、平滑的隶属函数。将其中的模糊数据整合到ORACLE数据库中,利用加权平均法对收集的每km路段各种模糊数据进行处理,给出该路段状态量化数值。建立数据模型,在ORACLE数据库中对模糊对象的输入、判别和处理进行了研究,并以实例说明重心法、最大隶属度法、系数加权平均法和隶属度限幅元素平均法等模糊判决方法的计算过程及其SQL查询的实现,以及查询和分析模糊数据的技巧,同时给出对应的部分Java实现代码。在高速公路养护系统中使用模糊数据对象的数据库,提高了数据的安全性和封装性,处理过程也不复杂,此处理方法可以使用到类似MIS系统中。

**关键词** 模糊数据库; 隶属函数; SQL; Java

**中图分类号** TP 311.134.1

**文章编号** 1007-4333(2005)06-0066-04

**文献标识码** A

## Research on application of fuzzy database to expressway maintaining system

Yang Lili, Ding Jun

(1. College of Information and Electrical Engineering, China Agricultural University, Beijing 100083, China;

2. Department of Mathematics and Mechanics, University of Science Technology Beijing, Beijing 100083, China)

**Abstract** To enable the fuzzy data from an expressway maintaining system to be processed the fuzzy data collected from each kilometer expressway were dealt with and the quantificational value of the road status was given by the weighted mean method, in which some kind membership grade of different road conditions were considered, a continuous smoothing subordinate function was defined, and the fuzzy data were integrated into the Oracle database. The ways to set up a corresponding fuzzy data model by a fuzzy database system under the subjection function and to query and analyze the fuzzy data were described. The processing procedure is simple and can be applied to the similar MIS systems.

**Key words** fuzzy database; subordinate function; SQL; Java

目前我国已开始采用高科技手段对高速公路养护进行科学管理和有效监控。公路养护站采集的原始数据信息种类繁多,且多为模糊数据,如高速公路养护质量指数(MQI)计算牵涉到的路面状况、行驶质量、路面强度、路面抗滑等数据,以及横坡、路肩、边坡、排水系统、桥涵、隧道等结构物的完好性,标志标线、安全设施的完好性,甚至绿化是否美观协调<sup>[4]</sup>等数据。这些数据很难有合理的量化标准,大多只能给出优、良、中、差等判断,因此这些模糊数据的处理成为目前高速公路养护管理系统亟待解决的

问题。

目前国内外开发的一些高速公路养护管理系统对数据采集技术具有很高要求,需配套激光断面仪、路面雷达、桥梁激光挠度仪、瑞利波测试仪等先进的自动化数据采集设备对检测路面有关数据进行全覆盖采集。采集的数据以量化的静态数据为主,结合关系数据库进行处理,没有应用模糊数据库处理其中的模糊数据<sup>[5-6]</sup>。很多有关模糊数据库的研究,仅为对其模型的理论研究,没有实际应用背景<sup>[7-8]</sup>,一些类似的信息管理系统使用了模糊判别方法,但

收稿日期: 2005-04-06

作者简介: 杨丽丽, 讲师, 主要从事计算机网络技术应用、数据库理论的研究。

多数涉及的数据很少,只需编写一个函数来判别,并不需数据库管理。个别算法使用了模糊数据库,但只是将模糊数据的每个隶属函数值当成一个字段,没有体现出模糊对象数据库的优势,过多的数据表字段也使程序较为复杂<sup>[9]</sup>。

为解决上述问题,笔者研究建立了 BS 模式高速公路养护系统,为方便模糊对象的实现,选用 ORACLE 数据库,结合模糊数据库理论和模糊逻辑原理,将 BS 模式高速公路养护系统中的模糊数据整合到 ORACLE 数据库中,并对其在 ORACLE 数据库中的输入、判别和处理进行了研究。

## 1 高速公路数据的模糊逻辑

### 1.1 模糊集合

经典集合可用亚里士多德排中律公式给予定义,即  $x$  属于集合  $A$  或属于集合非  $A$ ,两者之中必居其一,且仅居其一。与这种观点相反,模糊集合是经典集合的推广,对任何情况都要考虑事物的从属程度,比如路面状况集合可以是极好、很好、良好、一般、有点差、很差、极差等,而且不一定就是这 7 种情况之一。不同的人对相同路况的判断会不一样,可能得出路况良好、很好,或介于二者之间的判断。这样就需要利用模糊法则,考虑路况取样对这 7 种情况的隶属度,并允许把这些隶属度定义为连续、平滑的。

### 1.2 隶属函数

对于普通集合,任一元素是否属于此集合,通常分别用 0 和 1 表示不属于和属于。对于模糊集合  $A$ ,从区间  $[0, 1]$  中取一个数值描述元素  $u$  隶属于模糊集  $A$  的程度,此函数记为  $\mu(u)$ ,即为模糊集  $A$  的隶属函数,而  $\mu(u)$  即为  $u$  对  $A$  的隶属度。常用的隶属函数可依据统计指标的变化趋势和评价要求选用。如按百分制给路况打分,良好和极好的隶属函数(三角形类型)为

$$\text{良好} \begin{cases} x/15 - 4 & 60 & x & 75 \\ 6 - x/15 & 75 & x & 90 \\ 0 & & & \text{其他} \end{cases}$$

$$\text{极好} \begin{cases} 1 & 95 & x & 100 \\ (x - 85)/10 & 85 & x & 95 \\ 0 & & & \text{其他} \end{cases}$$

其他隶属函数类似。所需模糊数据可由各个属性的隶属函数值来确定,若路况极好、很好、良好、一般、有点差、很差、极差 7 种属性的隶属函数值分别为

0、0、0.4、0.8、0.1、0、0,则路况的模糊数据可用此 7 个数值组成的数组  $\{0, 0, 0.4, 0.8, 0.1, 0, 0\}$  来表示。每种属性的隶属函数可保留在数据字典中。数据字典无法表示 0 至 100 中所有点的隶属函数,可将其离散化。在 0 至 100 中设置  $m$  个采样点  $x_i (1 \leq i \leq m)$ ,按扎德的隶属函数表示方法  $x_i$  的隶属函数值  $\mu(x_i)$  可表示为  $\mu(x_1)/x_1 + \mu(x_2)/x_2 + \dots + \mu(x_m)/x_m$ 。

## 2 数据模型的建立

以路况为例建立模糊路况字典 mhlk(表 1)和路况实测表 lksc(表 2)。路况实测表的 SQL 语句实现(以 Oracle 数据库为例)如下:

```
CREATE TYPE 采样点 AS VARRAY(21) of
INTEGER;
```

采样点为 21 个整数数组

```
CREATE TYPE 隶属函数 AS VARRAY(21)
of NUMBER(10,8);
```

隶属函数为 21 个浮点数数组,小数点后取 8 位

```
CREATE TABLE mhlk(路况 VARCHAR(4)
check(路况 in('极好','很好','良好','一般','有点差','很差','极差')),x 采样点,y 隶属函数);
```

生成路况字典表

```
CREATE TABLE lksc(测量时间 time,路况加权分 smallint check(路况加权分 <= 100));
```

生成路况实测表

表 1 模糊路况字典

Table 1 Fuzzy highway status dictionary

模糊路况 (mhlk)	采样点 $x_i$	$\mu(x_i)$	状态代表值
极好	{0,5,10, ..., 95,100}	{...}	98
很好	{0,5,10, ..., 95,100}	{0,0, ..., 0.5,1, 0.5,0,0,0,}	88
良好	{0,5,10, ..., 95,100}	{0,0, ..., 0.5,1, 0.5,0,0,0,0,}	75
...	...	...	

表 2 路况实测表

Table 2 Measured data of highway condition

测量时间	加权分
时间 1	分数 1
时间 2	分数 2
...	...

### 3 模糊数据的判决

通过模糊推理得到的结果是一个模糊集合或隶属函数,但在实际使用中,特别是在模糊逻辑控制中,必须用一个确定的值去控制伺服机构。在推理得到的模糊集合中取一个相对最能代表这个模糊集合的单值的过程,称作模糊判决或解模糊。

模糊判决可以采用不同的方法,但不同方法得到的结果不同。理论上用重心法比较合理,但计算比较复杂,因而在实时性要求较高的系统通常不采用这种方法。最简单的方法是最大隶属度方法,这种方法取所有模糊集合或隶属函数中隶属度最大的值作为输出,但这种方法未考虑隶属度较小的值的影响,代表性不好,所以往往用于比较简单的系统。介于这两者之间的还有几种平均法,如加权平均法、隶属度限幅(-cut)元素平均法等。下面介绍各种模糊判决方法,并以“路况良好”为例,说明不同方法的计算过程及其 SQL 查询的实现。

这里假设“路况良好”的离散型隶属函数为

$$\mu(x_i) = 0/0 + \dots + 0/60 + 0.33/65 + 0.67/70 + 1/75 + 0.67/80 + 0.33/85 + 0/90 + 0/95 + 0/100$$

1) 重心法。所谓重心法就是取模糊隶属函数曲线与横坐标轴围成的面积的重心作为代表点。理论上应该计算输出该面积范围内一系列连续点的重心,即  $\mu = \frac{\sum_{i=1}^m x_i \mu(x_i)}{\sum_{i=1}^m \mu(x_i)}$ ,但实际上是计算输出范围内整个采样点(即若干离散值)的重心。这样,可在较短时间内,用足够小的取样间隔提供所需精度,这是一种最好的折衷方案,即

$$\mu = \frac{\sum_{i=1}^m x_i \mu(x_i)}{\sum_{i=1}^m \mu(x_i)} = \frac{0.33 \times 65 + 0.67 \times 70 + 1 \times 75 + 0.67 \times 80 + 0.33 \times 85}{0.33 + 0.67 + 1 + 0.67 + 0.33} = 75$$

在隶属函数对称的情况下,其输出的代表值是中点值 75,但在隶属函数不对称的情况下,重心可能不在中点,比如说在偏高一点 77.8,但模糊集合中没有 77.8,那么就选取最靠近的一个取样点值 80 输出。若隶属函数  $\mu(x)$  为连续函数,可用积分计算其重心,即

$$\mu = \frac{\int x \mu(x) dx}{\int \mu(x) dx}$$

若  $\mu(x)$  仍为本文 1.2 中的三角形函数,重心仍为 75,不管隶属函数是连续的还是离散的,重心(状态代表值)可以先计算出存储在数据字典中,方便以后

查询和计算。这里需要说明,模糊数据库中的数据输出值(即状态代表值)和最原始的输入值可能不一样。

2) 最大隶属度法。这种方法最简单,只要在推理结论的模糊集合中取隶属度最大的元素作为输出量即可,但要求其隶属函数曲线一定是正规凸模糊集合(即其曲线只能是单峰曲线)。如果该曲线是梯形平顶的,那么具有最大隶属度的元素就可能不止一个,这时就要对所有取最大隶属度的元素求平均值。例如,对于“路况极好”的隶属函数,加权分在 95 至 100 取 1,其他的均小于 1,按最大隶属度原则,有 2 个元素 95 和 100 具有最大隶属度 1.0,那就要对取最大隶属度的元素 95 和 100 求平均值,即路况极好状态代表值应取 97.5;而“路况良好”最大隶属度在 75 一点取到,其状态代表值就取 75。

3) 系数加权平均法。系数加权平均法的输出执行量由  $u = \sum w_i x_i$  决定,其中系数  $w_i$  为非负数,且  $\sum w_i = 1$ 。 $w_i$  的选择要根据实际情况而定,不同的系统有不同的响应特性。当  $w_i = \mu(x_i)$  时,为重心法。在模糊逻辑控制中,可以通过选择和调整该系数来改善系统的响应特性,因而这种方法具有灵活性。本系统采用此方式。将各系数写入数据字典,也可以用 XML 写成配置文件,方便程序调用。

4) 隶属度限幅元素平均法。用所确定的隶属度值对隶属度函数曲线进行切割,再对切割后等于该隶属度的所有元素进行平均,用这个平均值作为状态代表值。取  $\alpha = 1.0$  即为最大隶属度法。当  $\alpha = 0.5$  时,表示“大概隶属”关系,在“路况良好”的离散型模型中,切割隶属度函数曲线后,70、75、80 对应的隶属度值都包含在其中,求其平均值得到输出代表量  $u = 75$ 。在“路况极好”的连续型模型中,切割隶属度函数曲线后,90 至 100 全部包括在其中,求其平均值得到输出代表量  $u = 95$ 。

例:用重心法通过 SQL 语言查询何时路况良好。

```
java 程序代码查出路况良好的状态代表值
int[] x;  采样点
int[] y;  隶属函数
try {
    ... 连接数据库部分省略
    ResultSet resultSet = stmt.executeQuery
(" SELECT * FROM mhlk where 路况 = '良好'");
    if(resultSet.next())
```



```

{
    oracle.sql.ARRAY array1 = ((oracle.jdbc.
driver.OracleResultSet) resultSet).getARRAY(2);
    oracle.sql.ARRAY array2 = ((oracle.jdbc.
driver.OracleResultSet) resultSet).getARRAY(3);
    java.math.BigDecimal[] values = (java.
math.BigDecimal[]) array1. getArray();
    int[] x = new int[ values.length];
    for(int i = 0; i < x.length; i++) x[i] = val-
ues[i].intValue();
    values = (java.math.BigDecimal[]) array2.
getArray();
    double[] y = new double[ values.length];
    for(int i = 0; i < y.length; i++) y[i] = val-
ues[i].doubleValue();
}
else { ...}
resultSet.close();
    计算出代表值 alpha
    double alpha = 0, sum = 0;
    for(int i = 0; i < y.length; i++)
    { alpha += x[i] * y[i]; sum += y[i];}
    alpha/ = sum;
    resultSet = stmt.executeQuery(" select 测量时-
间, 测量路段 from lksc where 加权分 between " +
(alpha - 2.5) + "and " + (alpha + 2.5));
    alpha - 2.5 和 alpha + 2.5 为允许的误差范-
围
    while(resultSet.next())
    {
        ... 输出或对查询数据处理部分省略
    }
} catch (ClassNotFoundException e) { ...}
    catch (SQLException e) { ...}
    ... 其他部分省略

```

#### 4 高速公路养护质量指数的计算

高速公路养护质量指数MQI牵涉到很多指标,一般高速公路养护质量根据MQI的计算结果分为优、良、中、次、差5个等级(表3)。MQI实际上也是

模糊数据,计算方法简单地说,在收集每km公路各种模糊数据后,利用加权平均法给出该km路段状态量化数值,用各种状态指标计算出MQI,计算过程按照《高速公路养护质量检评方法(试行)》(交公路发[2002]572号)<sup>[4]</sup>进行,或仍能给各计算指标一个加权系数,加权系数具体数值可由上级部门比较各指标的重要性,使用层次分析法得出。

表3 高速公路养护质量评价等级

Table 3 Quality appraisal ranks of highway maintenance					
评价等级	优	良	中	次	差
MQI	90	80, < 90	70, < 80	60, < 70	< 60

#### 5 结束语

在高速公路养护系统中使用模糊数据对象的数据库,提高了数据的安全性和封装性,处理过程也不复杂,此处理方法可以应用于类似的MIS系统中。

#### 参 考 文 献

- [1] 蒋泽军. 模糊数学教程[M]. 北京:国防工业出版社, 2004
- [2] 谢季坚,刘承平. 模糊数学方法及其应用[M]. 武汉:华中理工大学出版社, 2000
- [3] 何新贵. 模糊数据库系统[M]. 北京:清华大学出版社, 1994
- [4] 马观宇. 高速公路养护质量检评与新技术规范应用手册[M]. 北京:光明日报出版社, 2003
- [5] 刘晓军,丁玲. 江苏省公路养护管理系统开发设计[A]. 中国交通运输协会. 国际运输与物流学术论文集[C]. 成都:西南交通大学出版社, 2004
- [6] 吉祖勤,黄卫. 高速公路养护管理系统数据库的设计[J]. 东南大学学报(自然科学版), 2001, 31(3): 73-75
- [7] Umamo M, Hatono I, Tamura H. Fuzzy database systems[A]. International Joint Conference of the Fourth IEEE International Conference on Fuzzy Systems and The Second International Fuzzy Engineering Symposium [C]. New York: Springer-Verlag, 1995. 35-36
- [8] Yazici, Adnan, George, et al. Fuzzy Database Modeling [M]. New York: Heidelberg Physica-Verlag, 1999
- [9] 李鸿吉. 模糊数学基础及实用算法[M]. 北京:科学出版社, 2005