

文章编号: 0451-0712(2005)02-0061-05

中图分类号: U416.06

文献标识码: A

路段变长划分的模糊聚类方法

蒋红妍

(西安建筑科技大学土木工程学院 西安市 710055)

摘 要: 路段的合理划分是开展路面养护管理的基本前提。对通常采用的定长1 km 的做法进行了分析,指出了其不足;进而引进了模糊聚类方法,阐述了其应用思路,给出了模糊相似系数的构造方法,据此利用编网法建立了路段变长划分方法,并对聚类水平 α 给以解释;最后论述了该法意义,还进行了实例验证。

关键词: 路面管理系统; 路段划分; 变长; 模糊聚类

路段是指具有相同路面属性的道路段落,又称为均匀路段,是以里程桩定位参照系统建立的路面管理系统中的最小管理单元。系统中的路况数据、评价、分析、预测和决策结果等大部分数据,都是按照路段这个最小长度单位来进行存储和管理的。路段的合理划分直接影响到诸如基本数据的存储、调用、养护对策等各项养护管理工作,必须建立一种适用且易于操作的划分方法。一般来讲,路段划分主要采用等长分段法和变长分段法。目前,我国所建立的各个实际系统中通常取1 km 为路段长度,且以里程桩为界划分路段。

1 路段1 km 定长做法的分析

考察以各1 km 定长路段单位给出的各项路况指标,只需对指标的测定过程、计算方法稍加分析(见《公路路基路面现场测试规程》JTJ059-95),易见:各路段的诸项指标,其实质是在所测定1 km 的

长度上,若干个不同测点、测定区间或测定断面实测数据经有关简单处理后的一个代表值。

1.1 定长路段指标的测定

文献[5]中的路况采集,是以每100 m 路长为测定数据时的最小调查单元。对于每个1 km 的评价路段,各单项使用性能指标的测试评定方法如下:

百米最大裂缝率 CR 指标共有10个测定区间,经人工目测、计算整理得到了10个相应的裂缝率,从其中选取了最大的一个作为该1 km 高速公路路段的路面破损指标之一;

最大车辙深度 RD 指标用梁式横断面仪测定,共计有10个测定断面,每个测定断面可测得该断面的一个最大车辙深度,再求取这10个断面最大车辙深度测定值的均值作为该1 km 高速公路路段的另一个路面破损指标;

强度系数 SSI 是采用贝克曼梁测定代表弯沉,共有10个测定区间,每个测定区间内根据有关方法

收稿日期:2004-10-27

technology question in the expressway construction. Nearly all kinds of early damage to asphalt pavements result from the wrong construction method or the poor management system. Thus, it is very important to do research on the total quality management system of asphalt concrete pavement construction. It must have a wide future and it is also helpful to build our own expressway quality management system of asphalt pavement construction. A method which is tried to build a total quality management system of asphalt construction on about 400 km expressway is discussed in this paper. The model and the approach to build the total quality management system of asphalt construction are also discussed.

Key words: asphalt concrete pavement; total quality management system; detection method; evaluation method

确定若干个测点,实测各点弯沉值,经统计计算得到一个能够表现该测定区间的代表弯沉值,接着求取这 10 个区间代表弯沉值的均值作为该 1 km 路段的实测代表弯沉值,从而得到其强度系数 SSI ;

抗滑系数 BPN 采用 BM 型摆式摩擦仪测定,基本同强度系数 SSI 的情况相同;

路面平整度 σ 采用连续式平整度测试仪测定,可以很方便地由仪器直接给出 1 km 路段的测定值 (mm),但其实际上也是 10 个测定区间标准差 σ 的均值,而有关每个测定区间的更具体的实测信息则由仪器直接读取并处理。

1.2 定长路段划分的特点

1.2.1 定长 1 km 划分路段的理由

路段的定长划分,即通常采用的 1 km,与各种测试、评定规程中保持一致,并在多年的实践工作中为广大使用者所接纳并熟悉。其主要贡献在于,以里程桩为界的 1 km 定长使所研究的一条路得以细化,同时使得实际检测工作规范化、便于操作。

较小的路段划分虽然原则上更符合路况变化,但可操作性却非常差,仅从线型构筑物长度上较突出这个特点来考虑,路段划分不宜太小。因而,定长划分路段时,现广泛采用的 1 km 已是比较合理的长度单位。

1.2.2 定长 1 km 路段划分存在的问题

由以上每 1 km 路段指标值的测定、计算过程可以看出,原始的实测数据是比较详细的,随着有关测试手段的进一步完善和改进,各实测信息还可细化,更好地满足如实反映道路路面状况的需要。但是,由于最小路段长度 1 km 的要求,对上述各具体实测数据所做的相应简单处理在一定程度上削弱了原始实测工作的具体性和细致性。

这是因为,每个路段中的 10 个原始数据对于该 1 km 长度道路状况的评价所起的作用是不一样的,简单平均的做法比较适用于各个单元变化不大的情况,而这并不符合路面的实际;求取百米裂缝率最大值来表征该 1 km 长度的道路,则显然忽略了另外 9 个原始数据对于该路段的信息传达。

对于能够获得的具体信息无法较好地加以利用,不能不说是定长 1 km 路段划分的一个缺陷。欲对此有所改进,似乎只需将路段长度再设定的短一些,比如 100 m 为最小单位,则可完全利用上述具体信息。一般来说,原始数据的测定单元长度越小,则路况信息越充分。尽管目前养管工作力度不断加大、

先进检测仪器不断问世,但是无论如何缩短定长路段的长度依然无法满足需求;并且,过小的路段划分对于数据的存储和使用都是非常不利的。

2 路段变长划分的模糊聚类方法

2.1 变长路段划分的提出

由于路况在一定长度范围内的变化是连续的,从道路养管角度出发,在一条道路上,会有分布在不同位置的不同路段特性相近——原始数据的测定长度即为该考虑路段的长度,这些路段划归为一段是比较合适的;同时,各特性相近路段的相接处并不总发生在里程桩处,应根据实际路况变化具体进行确定。路段的变长划分可以较好地解决这个问题。

2.2 模糊聚类分析概述

聚类分析是一种用数学方法定量地确定样品亲疏关系,从而客观地分型划类的多元分析方法。它是在没有标准模式的前提下,将事物按各自的特征进行分类。模糊数学是用精确化的手段研究客观实际中带有模糊性的现象和活动。所谓模糊性,既不同于普遍性也不同于随机性,其表达的现象和活动本身就是不明确的。由于客观事物之间在很多情况下并没有一个截然区别的界限,又由于分类时所依据的数据指标的变化也大多是连续的,因此用模糊数学观点解决聚类分析问题,必然会更符合于实际情况。

常用的模糊聚类方法有:利用模糊等价关系 α —截集做等价类划分、利用模糊相似关系通过编网法或正交法或采用传递闭包法实现集合 U 的模糊聚类分析、基于模糊图上的最大生成树法等。本文考虑到实际问题的具体需求,选择编网法进行路段状况的模糊聚类。

2.3 基于编网法模糊聚类的变长路段划分

2.3.1 应用聚类方法划分变长路段的思路

如前所述,所要分析的对象是,研究路段上原始数据测定时的一定长度的若干个调查单元,其长度取决于实际测试工作,可以小至满足信息充分的要求;所要完成的工作是对上述按调查单元获得了相应测试数据的高速公路路面进行路段划分,将路况相近的某些调查单元划归一类,即通过聚类将其处理为一个子路段,其长度取决于该类中的调查单元数。实际工作中,路况的变化是连续的,对于不同水平的会有不同的类别划分,各个类别会在不同的位置出现,各类别中所包含的调查单元数目不同,从而实现了变长路段划分。见图 1 所示。

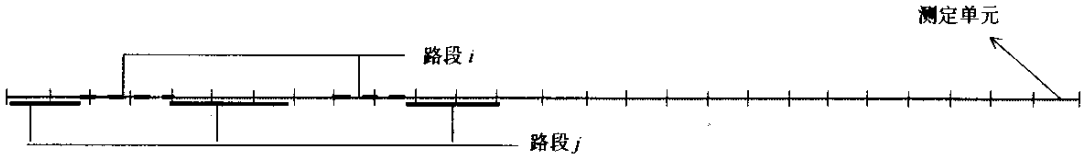


图 1 模糊聚类变长路段示意

2.3.2 编网法模糊聚类

文献[7]中指出,集合 U 的自身直接积 $U \times U$ 的模糊子集 R 为 U 上的一个模糊关系。当 U 是有限集(即我们所讨论的 U 中包含 n 个元素)时,模糊关系 R 可用一个矩阵来表示:

$$\begin{matrix} & u_1 & u_2 & \cdots & u_n \\ \begin{matrix} u_1 \\ u_2 \\ \vdots \\ u_n \end{matrix} & \begin{bmatrix} u_{11} & u_{12} & \cdots & u_{1n} \\ u_{21} & u_{22} & \cdots & u_{2n} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ u_{n1} & u_{n2} & \cdots & u_{nn} \end{bmatrix} \end{matrix}$$

矩阵中的每个元素称为隶属度,刻画的是 U 中的元素彼此之间相关的程度。

若模糊关系 R 是自反的,即 $r_{ii}=1$;又是对称的,即 $r_{ij}=r_{ji}=1$,则模糊关系 R 就是模糊相似关系。文献[8]基于直接聚类原则,即 i 和 j 在 α 水平上同类等价于在模糊相似关系 R 图中存在一条权重不低于 α 的路连接 i 和 j ,提出了一种能直接利用集合 U 上的模糊相似关系进行聚类分析的实用方法——编网法。

其做法是:从 U 上的模糊相似关系的矩阵出发,设 $R=(r_{ij})_{n \times n}$,把矩阵 R 改为编网图,由对称性只取 $R=1$ 的主对角线下面的一半元素;首先把对角线上的“1”改写成对应元素的序号,对给定的水平 α ,当矩阵 R 的元素 $r_{ij} \geq \alpha$ 时,用“*”号取代元素 r_{ij} ,而当 $r_{ij} < \alpha$ 时,则抹去 r_{ij} ,它的位置变为空格;把画“*”的位置称为结点,由各结点向矩阵的主对角线引竖直的经线和水平的纬线,构成网络;经、纬线路沟通在一起的元素编成一片网,相应的元素聚为一类;同一类元素间必有线路沟通,不同类元素间必无线路沟通;这样就直接利用模糊相似关系对集合 U 的元素进行了客观地分型归类。

2.3.3 基于编网法模糊聚类的变长路段划分

我们所研究的集合 $U=\{u_1, u_2, \cdots, u_n\}$ 是评定路段上的所有 n 个调查单元的有限集合。对于高速公路路面而言,根据文献[5],每个调查单元分别采用了百米最大裂缝率 CR 、最大车辙深度 RD 、强度系数

SSI 、抗滑系数 BPN 、路面平整度 σ 等 $m=5$ 个指标来刻画,即 $u_i=(x_{i1}, x_{i2}, \cdots, x_{im}), i=1, 2, \cdots, n$ 。则在集合 U 上可建立“特性相似”这一模糊关系 R ,它的模糊矩阵 $R=(r_{ij})_{n \times n}$ 的元素 r_{ij} 是调查单元 u_i 和 u_j 的“相似系数”。对于任意两个测试单元的相似系数拟采用最大最小法来计算。该法中对对象 u_i 和 u_j 的“相似系数” r_{ij} 由式(1)计算:

$$r_{ij} = \frac{\sum_{k=1}^m \min\{x_{ik}, x_{jk}\}}{\sum_{k=1}^m \max\{x_{ik}, x_{jk}\}} \quad (1)$$

$i, j=1, 2, \cdots, n$

分析式(1)可知,当 2 个比较对象的诸项指标满足:(1)比较原则相同,即都是越大越好或越小越好,我们可以称其为同向指标;(2)数量级相同,即相差不是很悬殊(否则某些绝对值小的指标对两对象关系的贡献会被掩盖)时,如上算法反映了这样一个事实,即两对象越接近,所对比得到的各相应指标最小、最大值及其之和的差异就越小, r_{ij} 值就越大。因而据此建立起来的集合 U 上的模糊关系 R ,能够反映 U 中的各测试单元彼此相似的程度,可以作为路段划分的依据。

进一步,由公式可判知, $r_{ii}=1, r_{ij}=r_{ji}=1$,即该模糊关系是自反的、对称的,是一种模糊相似关系。可以直接利用编网法进行变长路段划分的模糊聚类。

2.3.4 需要说明的问题

2.3.4.1 关于水平 α

水平 α 取的越高,分类越细,类别数目越多,路段的长度也就越短。因而,实际应用时,可依次选用不同水平的 α ,根据形成的类别数目,确定最终选用的 α 值。该 α 值还可为后续的路况评价提供一定信息。

2.3.4.2 编网法的改进

采用编网法直接进行聚类,计算量不大,当需要聚类的单元不太多时,便于人工操作但需要作图。文献[9]中对此提出了与编网法等价的正交法。后者更易于在计算机上实现,是复杂实际问题更为方便的

算法。考虑到一条路线某管理处所辖的路面常为几十 km,这样测试单元的数目一般均较大,因而宜采用正交法处理。

2.3.5 模糊聚类变长路段划分的意义

根据模糊聚类对各测试单元做了分类后,特性相近的若干测试单元归为一个路段,在这个通过归类得到的路段内,各单元情况变化不大,因而采用其均值作为该路段的表征指标,是比较适宜的。可见,模糊聚类变长路段划分,既充分利用了能够获得的详尽原始实测数据,又没有增大数据存储空间。这种处理方式比较合理,更易于和实际养管工作结合,弥补了定长划分的缺陷。

3 实例应用

文献[5]中给出了29段1 km 长路面的上述5项指标值。不妨借用其中8段数据,并把它们就看作前述的在一定路段上、按照测定单元长度所获得的实测数据。见表1所示。

表1 各测试单元的实测数据

原路段 (里程/km)	测定单元 (100 m)序号	CR/%	RD/mm	SSI 设计/实测	BPn	σ /mm
19~20	1	4.03	4.1	2.985	29	1.68
23~24	2	6.34	3.4	2.24	26	1.88
36~37	3	2.02	9.4	2.419	34	1.725
38~39	4	2.3	10	1.91	32	1.8
57~58	5	2.88	5.9	0.995	36	2.29
69~70	6	8.14	5.9	1.095	31	1.73
71~72	7	2.95	3.7	1.08	30	2.14
73~74	8	2.3	8.3	1.09	29	2.553
	理想边界	5	0.03	0.01	52	0.01

对上述各项数据,根据文献[6]中所述方法,首先正向化,将值越小越好的百米最大裂缝率CR、最大车辙深度RD、路面平整度 σ 等3项指标通过取倒数进行转化;接着通过与理想边界值相比来消除量纲不同的影响;最后为消除计算误差,再对各项无量纲化后的正向指标分别乘以1 000、1 000、10、10、1 000,得到如表2所示的计算数据。

根据表2各测定单元的计算数据,作图观察其彼此之间的接近程度;可知用经过处理后的计算数据根据式(1)构造调查单元 u_i 和 u_j 的“相似系数” r_{ij} 值、再形成模糊关系矩阵 R 是满足聚类要求的。模糊关系矩阵 R 为:

表2 各测定单元的计算数据

序号	CR	RD	SSI	BPn	σ
1	8.18	2.44	19.91	5.57	5.69
2	5.20	2.94	14.94	5.00	5.32
3	16.34	1.06	16.13	6.53	5.80
4	14.35	1.00	12.74	6.14	5.56
5	11.46	1.70	6.64	6.91	4.37
6	4.06	1.70	7.31	5.95	5.79
7	11.19	2.70	7.20	5.76	7.67
8	14.4	1.21	7.27	5.57	3.92

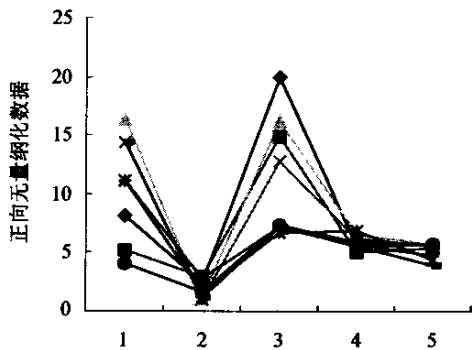


图2 各测定单元接近情况示意

$$R = \begin{bmatrix} 1 & & & & & & & \\ 0.78 & 1 & & & & & & \\ 0.72 & 0.66 & 1 & & & & & \\ 0.68 & 0.67 & 0.87 & 1 & & & & \\ 0.57 & 0.56 & 0.64 & 0.72 & 1 & & & \\ 0.58 & 0.67 & 0.52 & 0.59 & 0.68 & 1 & & \\ 0.62 & 0.62 & 0.63 & 0.72 & 0.90 & 0.71 & 1 & \\ 0.55 & 0.52 & 0.70 & 0.80 & 0.83 & 0.63 & 0.84 & 1 \end{bmatrix}$$

注:矩阵主对角线以上部分为对称数据,略去未写。

对该模糊相似矩阵分别取水平 $\alpha=0.85$ 、0.80、0.75,得如下3个编网图。见图3。

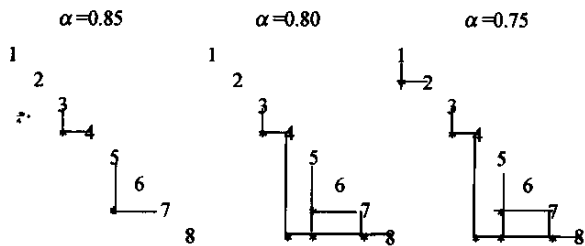


图3

由图3分析可知,当 $\alpha=0.85$ 时,3、4单元同属一类,5、7单元同属一类,其他各单元各成一类,即

这 8 个测试单元可分为 6 类 $\{1\}$ 、 $\{2\}$ 、 $\{3,4\}$ 、 $\{5,7\}$ 、 $\{6\}$ 、 $\{8\}$;当 $\alpha=0.80$ 时,3、4、5、7、8 单元同属一类,其他各单元各成一类,即这 8 个测试单元可分 4 类 $\{1\}$ 、 $\{2\}$ 、 $\{3,4,5,7,8\}$ 、 $\{6\}$;当 $\alpha=0.75$ 时,1、2 单元同属一类,3、4、5、7、8 单元同属一类,6 单元自成一类,即这 8 个测试单元可分为 3 类 $\{1,2\}$ 、 $\{3,4,5,7,8\}$ 、 $\{6\}$ 。这样,在一定的水平之下,所有实际测试单元按其特性相近的程度分别归类,属于同一类别的视为一个研究路段——该路段的长度不定,分布于路线的不同测试单元处。

4 结语

如何合理划分路段长度是路面管理系统关键问题之一。本文将模糊聚类应用于路段的变长划分,在保持与现有各种测试仪器及方法衔接的同时,在一定程度上较好地利用了测试单元的原始信息,是对定长做法改进的有益尝试。

参考文献:

[1] 潘玉利. 路面管理系统原理[M]. 北京:人民交通出版社,1998.

[2] JTJ 073.2 — 2001,公路沥青路面养护技术规范[S].

[3] JTJ 059-95,公路路基路面现场测试规程[S].

[4] 胡昌斌,周蓝玉. 沈大高速公路沥青路面使用性能及特点分析[J]. 沈阳建筑工程学院学报,1999,15(4).

[5] 王茵,胡昌斌,等. 高速公路沥青路面使用性能综合评价指标[J]. 沈阳建筑工程学院学报,2000,16(10).

[6] 蒋红妍,戴经梁. 公路网技术性能的综合评价[J]. 东北公路. 2003,(4).

[7] 刘林. 应用模糊数学[M]. 西安:陕西科学技术出版社,1996.

[8] 赵汝怀. 模糊聚类的编网法[J]. 西安交通大学学报,1980,(4).

[9] 杨泮池. 模糊聚类正交方法[J]. 西安冶金建筑学院学报,1991,(2).

Method of Fuzzy-Clustering for Pavements Sectionalized with Units in Different Lengths

JIANG Hong-yan

(School of Civil Eng. ,Xi'an Univ. of Arch. &Tech. , Xi' an 710055,China)

Abstract: The reasonable section of pavement units is the basic presupposition of maintenance and management. According to the analysis of the usual practice of units in same lengths of 1km, its shortcomings are put forward. Then the method of fuzzy-clustering is introduced and its application is explained. With the formative way of the fuzzy factor, the method of fuzzy-clustering for pavements sectionalized with units in different lengths is built up, and the clustering level α is explained. Finally, the significance of this method is discussed, and an example shows its practicality.

Key words: pavement management system; pavements section; units in different lengths; fuzzy-clustering

江西提出“268”奋斗目标

江西交通部门认真贯彻全国交通工作会议精神,积极推进交通工作全面、协调和可持续发展,提出到2007年,全力实现“268”的奋斗目标,建成2 000 km 高速公路,实现60%的村通水泥路,力争规费收入80 亿元。2004 年,江西以高速公路建设为重点的交通基础设施建设取得突出成绩,高速公路总里程突破1 400 km。2005 年,结合全国交通工作会议精神和《国家高速公路网规划》,江西省交通厅进一步加快以高速公路为重点的交通建设步伐,今年计划开工兴建5 条高速公路:东营—香港公路景德镇至鹰潭段、阿荣旗—深圳公路武宁至吉安段、景德镇绕城高速公路湘湖至丽阳段、南昌绕城公路乐化至生米段、厦昆线隘岭(赣闽界)至瑞金段。根据规划,江西高速公路总里程将在2007 年突破2 000 km,2010 年突破3 000 km。到2020 年,江西将形成“三纵四横”的高速公路网。