

系统工程理论与应用

——贵州省系统工程学会第五届学术年会论文集

4

SYSTEMS
ENGINEERING

THEORY AND APPLICATION

IV

王红蕾 陈建中 © 主 编

贵州省系统工程学会

系统工程理论与应用

——贵州省系统工程学会第五届学术年会论文集

4

SYSTEMS ENGINEERING THEORY AND APPLICATION

IV

王红蕾 陈建中 © 主 编

贵州省系统工程学会

图书在版编目 (C I P) 数据

系统工程理论与应用. 4 / 王红蕾, 陈建中主编. --

贵阳: 贵州大学出版社, 2014.10

ISBN 978-7-81126-736-5

I. ①系… II. ①王… ②陈… III. ①系统工程 - 文

集 IV. ① N945-53

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2014) 第 231516 号

系统工程理论与应用4

主 编: 王红蕾 陈建中

责任编辑: 滕 芸

出版发行: 贵州大学出版社

印 刷: 贵阳海印印刷有限公司

开 本: 787 毫米 × 1092 毫米 1/16

印 张: 15.25

字 数: 280 千

版 次: 2014 年 10 月 第 1 版

印 次: 2014 年 10 月 第 1 次印刷

书 号: ISBN 978-7-81126-736-5

定 价: 45.00 元

版权所有 侵权必究

本书若出现印装质量问题, 请与出版社联系调换

电话: 0851-5981027

序 言

2014 年是贵州省系统工程学会成立五周年的日子。学会成立以来，一直弘扬学术活动，致力于宣传和推广系统工程基本原理和方法论，一直坚持每年召开学术研讨会和学术年会。因为系统工程理论与方法还要继续深入研究，尤其是“物理—事理—人理（WSR）系统方法论”，涉及到行为科学，包括数学模型与求解方法，可能要用到较高深的数学知识；另一方面，已有的系统工程基本原理与方法论已经可以解决许多问题，关键在于联系实际，加以宣传、普及与应用。于是由贵州高等商业专科学校举办第五届学术年会，继续由贵州大学资助出版学术年会论文集。在投稿的论文中精选出 28 篇有代表性的学术成果集辑出版，呈现给读者，回报给社会。

系统工程与改革开放在中国同时起步，这说明系统工程在中国受到高层领导的高度重视，这是社会工程的中国特色之一，也是系统工程在中国大发展的重要原因之一。三十多年的实践证明：改革开放需要系统工程。改革开放有了系统工程则如虎添翼，系统工程为改革开放中遇到的许多问题出谋划策。今天，系统工程中国学派——钱学森学派——已经屹立于世界。现在，中国正处于经济结构的转型时期和社会矛盾的凸显时期，仍然需要深化改革释放生产力来解决在发展中遇到的突出问题，这离不开组织管理的技术——系统工程（钱学森、许国志、王寿云）。在某种意义上说，人类社会当今处在系统工程时代（孙东川等）！这对于贵州省系统工程学会来说，肩上的担子很重，不仅领导干部或者一般干部，甚至是群众，若都能自觉运用系统工程的方法处理问题或安排自己的人生目标和实现路径，则“中国梦”可以早日实现！令人高兴的是，论文集的内容涉及诸多领域，作者皆能运用系统综合与系统评价方法进行决策

分析，这就是或大或小的系统工程，有很强的普适性。

今后，系统工程学会仍将继续组织出版学术论文集，为志同道合者提供一个舞台，展露他们的才华和成果，结合社会经济发展中遇到的问题，自觉的运用系统工程理论与方法来寻求解决的办法。我们希望通过学会所做的工作，更多的人能汇聚在这个舞台上，能用系统工程方法思考问题，成为一种思维定势，成为一种习惯。这既是学会的责任，也是学会的使命！

由于编者水平所限，在组织编排方面难免有不妥之处，欢迎读者提出宝贵意见，以利今后改进。

王红蕾

2014 年 10 月

目 录

理论篇

基于 FCM 聚类的多路段城市道路车流数据分析及其应用

.....	王旭琴, 湛业文, 胡尧	3
主成分在多路段城市道路车流数据分析中的应用.....	邓春霞, 李丽, 胡尧	14
大数据背景下管理科学发展前沿动态	吴楠, 王红蕾	22
基于视频图像序列的运动目标检测方法研究.....	张明贵, 杨文帮, 黄成泉, 王林	29
基于最优工作点的风系统与水系统协调控制方法.....	李少波, 杨观赐, 黄培龙	35
基于损失规避行为的风险投资组合选择模型.....	李志霞, 胡支军	41
基于混合高斯模型的背景提取方法研究	杨东, 容红, 黄成泉	50
轨道交通智能节能监控技术.....	杨观赐, 李少波, 黄培龙	57
一种基于视频分析的快速车牌定位方法	杨恒, 杨文帮, 张儒良, 王林	63
基于广义线性模型的车险分类费率厘定	陈莉, 黄介武	69
基于 MRPII 的大型单件制造资源能力模型	徐建萍	79
基于引入虚拟决策单元 CCR 模型的供应商评价	徐晨原	87
物流系统视角下的精益物流改进实例	常江, 杨洋, 冷晓霞	94
基于改进混合高斯模型的运动目标检测算法.....	蒋庆林, 王林	101
电力市场发电侧竞争策略前沿动态	蒋岚翔, 王红蕾	106

应用篇

贵州省“三化”联动发展研究	万箭	117
固定资产投资、政府消费及居民消费对贵州经济增长的影响研究		
——基于 VAR 模型的实证分析	马鸽, 陈建中	127
Analysis on the Dynamic Mechanism of Karst District Urbanization in Guizhou Province	Liu Jun, Yuan Jing, Luo Yulan, Hu Yang, Xiang Jieli, Wen Yi	135
基于因子分析的贵阳经济与环境协调发展研究	张旭迎, 吕萍, 姬少剑	141
我国开放式基金选股择时能力的研究		
——基于半参数变系数模型的实证	陈凡, 杨华蔚	149
荔波县国家重点生态功能区山地现代农业空间格局与发展研究		
.....	周忠发, 刘肇军, 谢雅婷, 陈全	158
旅游小城镇, 贵州乡村经济发展的路径依赖与创造	罗正雄	164
我国省份经济周期波动的实证研究	陕振沛, 马德山, 郁钟铭, 郭树勤	173
贵州城镇化与多山国家瑞士城镇化发展比较研究	夏雅	180
贵州房地产开发投资与经济增长	夏刚, 邓曼	193
基于面板数据的经济因素对贵州省卷烟需求量影响分析	袁剑锋, 黄东兵	208
基于 ArcGIS Engine 的喀斯特山地现代农业产业园区三维 GIS 开发与应用		
.....	黄智灵, 周忠发, 陈圣子, 袁旭	221
基于主成分回归分析的武汉市 $PM_{2.5}$ 研究	蒲虎, 张再军, 吴兴玲, 田应福	229

理论篇

基于 FCM 聚类的多路段城市道路 车流数据分析及其应用^{*}

王旭琴, 谌业文, 胡尧

(贵州大学理学院, 贵州 贵阳 550025)

【摘要】为了验证模糊 C-均值 (FCM) 聚类算法对于分析城市道路交通状态的有效性, 本文对贵阳市中心城区 18 条路段的实际路网连续一周混合车流数据集进行研究, 具体将该算法应用于混合交通流数据的路段、车型与时段的聚类分析。研究表明, FCM 聚类算法能够快速有效地对城市交通流状况进行分类判别, 为动态交通拥堵预警和交通疏导策略的制定提供决策依据。

【关键词】城市主干道; FCM 聚类; 交通流数据; 多车型

引言

城市道路交通状况往往采用多路段多路口的交通车流运行状况来表征, 而城市区域各路段路口的车流常常不单一: 公交、小型轿车及各种中型巴士、面包车、公务车与小型货车渗透其中, 有的城市较大型货车也时有出现, 其城市道路交通混合车流状态是一个高维复杂空间中的多元多向量。在复杂多维空间中, 难以对城市道路混合复杂交通流数据进行直观的观察、分析、研究与预测^[1]。因此需要一种能够将复杂高维数据映射到低维简单空间, 同时能最大限度地保留车流数据本身所反映的变量或样本分布及路段相对关系等信息的方法。

聚类分析^{[2]-[4]}就是一种对城市道路混合交通车流数据进行分类的较好方法。聚类的目的在于将高维多元车流数据化简为低维单一简单数据组, 从而对复杂交通流进行简洁描述。传统的聚类分析是一种硬分类^{[5][6]}, 将每个变量或样本数据严格地划分为

^{*} 基金项目: 贵州省科技计划 (黔科合 SY[2010]3002 号); 贵州省科学自然科学基金 (黔科合 J 字 [2014]2058 号)。

某类，界限分明，非彼即此。然而交通车流量分类对象之间往往没有明确的界限，分类时所依据的指标数据通常是一个连续的过程。因此，用模糊聚类方法对城市道路复杂交通车流数据进行判别分析更符合实际，该方法得到的结果指标变量或样本在某置信度上属于某一类。所以，利用模糊聚类方法进行城市道路多路段多车型复杂车流数据研究是比较合理的。例如，王曦和祝付玲^[7]通过对速度变量的聚类分析来判别道路交通状态，陈力^[8]用聚类分析的方法来筛掉冗余和错误的交通数据。

在模糊聚类的众多算法中，模糊 C-均值（FCM：fuzzy C-means）算法是应用最为广泛的一种，它能准确反映样本或变量的实际分布，获得丰富的聚类信息，其收敛性已得到证明^[5]。本文针对贵阳市中心城区 18 条主干道路段双向多车型复杂混合车流数据，分别以路段、车型、时间段变量进行研究，FCM 聚类结果对有关部门的交通管理进行了指导，满足了交通管理与控制的实际需求。

1. 数据准备

为了能够对中心城区主干道交通状态进行正确分类，所采集的数据应该覆盖各种交通运行状态（畅通、拥堵及堵塞等状态），交通流数据变化应跨越各种运行状态的整个范围。本文所研究的数据来源于与贵阳市交警支队合作课题项目，针对贵阳市中心城区人口密度大、路段间距短、路口多、主次干道较分明等交通特性^{[9][10]}，加上由于因短期交通车流数据无法准确把握城市道路交通状态的共性特点，为此本文对长时间大流量数据做了充分准备。

表 1 延安东路一周流量统计表（采集点：外文书店）

	方向 1（师大）							方向 2（喷水池）						
	公交	面包	大货	小货	轿车	合计	标准	公交	面包	大货	小货	轿车	合计	标准
15:30-16:00	44	43	0	10	600	697	750	54	39	0	3	554	650	712
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
19:00-19:30	49	33	0	2	587	671	727	53	37	0	2	543	635	695

表 2 贵阳市主干道交通流量调查汇总表 (2 月 16 日)

路段	调查地点	方向	公交	面包	大货	小货	轿车	合计	标准
中华北路	云岩广场	喷水池	623	595	0	0	5794	6256	7037
		六广门	693	440	0	0	5123	7012	7754
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
都司路	市一医	次南门	530	438	3	119	5933	7023	7644
		中华南路	427	452	0	150	2660	3689	4206

注: 1. 表格的 0 数据有两种可能: 一是该路段禁止某车型通过, 如中华路; 二是该车型计入其他车型, 如小货计入轿车系列。2. 合计与标准列统计方法如表 1。

文中所处理数据间隔为 30min, 连续统计贵阳市中心城区 18 条主干道 (数据采集点): 中华北路 (云岩广场)、中华中路 (龙港百盛)、中华南路 (市场路口)、文昌北路 (莲花坡)、公园路 (市府灯饰广场)、瑞金中路 (八中)、瑞金南路 (河滨公园)、中山东路 (星光影院)、中山西路 (老市委)、延安东路 (外文书店)、延安中路 (城基路口)、北京路 (博物馆)、富水路 (北京华联)、浣纱路 (烟厂)、枣山路 (铁五局)、宝山北路 (相宝山)、遵义路 (朝阳桥)、都司路 (市一医), 双向五种车型 (公交、面包、大货、小货与小轿车) 一周交通流量数据, 时间从 2009 年 2 月 13 日至 2009 年 2 月 19 日, 由于贵阳市的车流特性, 晚高峰车流明显高于早高峰, 故本文数据截取了每天下午 15:30—19:30 部分, 该数据覆盖了各种交通运行状态, 跨越了车流数据变化的整个范围, 保证了数据的完整性。各路段 (以延安东路路段为例) 车流数据结构见表 1。

表 1 为每天 15:30—19:30, 间隔 30min 共计一周流量数据, 合计共 56 组。其中“合计”原始数据为“自然车辆”, 是五种车型之和, “标准”为“标准车辆 pcu”, 即按标准车辆转换所得, 按标准取其转换公式为“ $2 \times \text{公交} + 1.2 \times \text{面包} + 2 \times \text{大货} + 1 \times \text{小货} + 1 \times \text{轿车}$ ”。由于空间上相近, 各路段、各种车型彼此之间具有很强的关联性, 因此各状态向量即各路段彼此间具有高相关性, 便于聚类, 将各路段诸如表 1 形式的数据进行汇总, 部分数据表格见表 2。从实测双向合计标准车流数据关于 18 条路段、五种车型与 8 个 30min 统计时间段的散点图 (见图 1—图 3) 可以看出, 车流数据的强模糊性状态。

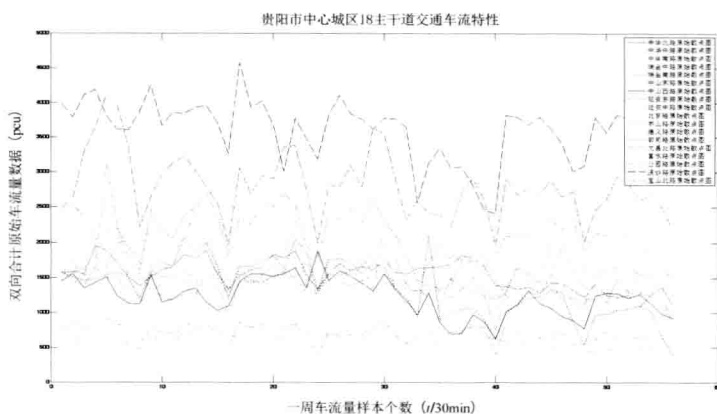


图1 中心城区主干道一周实测双向标准交通车流量数据关于路段的散点图

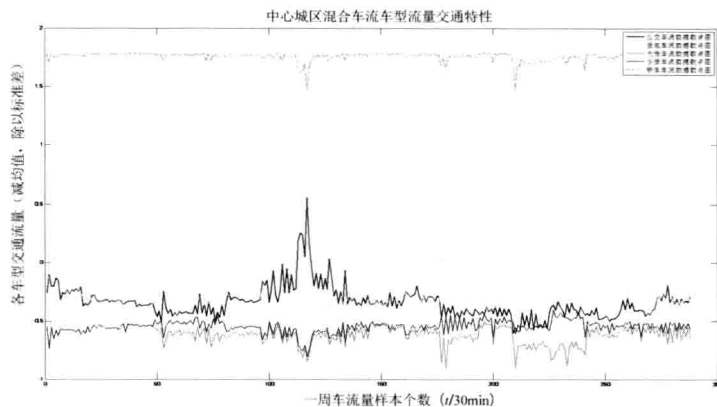


图2 中心城区主干道一周实测双向标准交通车流量数据关于车型的散点图

2.FCM 聚类算法

借助于 L.A.Zadeh20 世纪 60 年代中期提出的模糊集理论, Ruspini 提出了模糊聚类概念,再之后 Bezdek 于 1981 年提出了模糊 C-均值(FCM : fuzzy C-means) 聚类算法,该算法用隶属度表示变量或样本数据点隶属于某聚类的程度,用于将多维数据空间分布的数据点或样本或变量分成特定数目的类。

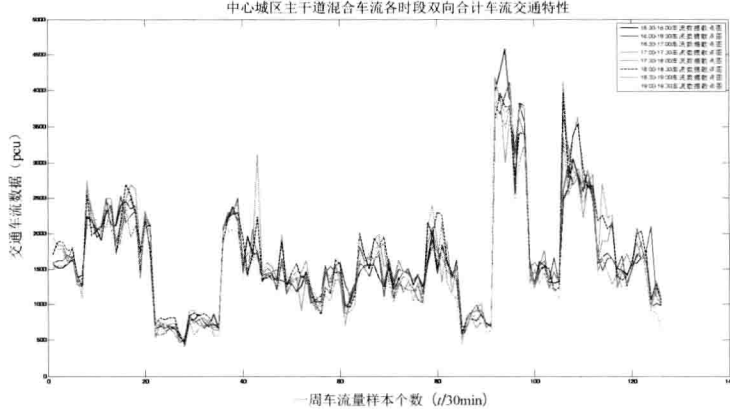


图3 中心城区主干道一周实测双向标准交通车流量数据关于时间段的散点图

2.1 相关聚类知识

设观测数据矩阵为

$$\mathbf{Y} = \begin{pmatrix} \mathbf{y}_1 \\ \mathbf{y}_2 \\ \vdots \\ \mathbf{y}_n \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} y_{11} & y_{12} & \cdots & y_{1p} \\ y_{21} & y_{22} & \cdots & y_{2p} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ y_{n1} & y_{n2} & \cdots & y_{np} \end{pmatrix}$$

y_{ij} 表示第 i 个样本第 j 个变量的观测值, 即 $\mathbf{Y}$ 是由 n 个样本 $(\mathbf{y}_1, \mathbf{y}_2, \dots, \mathbf{y}_n)'$ 的 p 个变量构成的矩阵。计算样本对 $(\mathbf{y}_i, \mathbf{y}_j)$ 的距离向量 $\mathbf{x} = (x_1, x_2, \dots, x_{n(n-1)/2})$ 与初次并类距离向量 $\mathbf{d} = (d_1, d_2, \dots, d_{n(n-1)/2})$, 两向量元素依次为样本对 $(\mathbf{y}_2, \mathbf{y}_1), \dots, (\mathbf{y}_n, \mathbf{y}_1), (\mathbf{y}_3, \mathbf{y}_2), \dots, (\mathbf{y}_n, \mathbf{y}_{n-1})$ 的距离与首次并类的 Cophenetic 距离, Cophenetic 相关系数为

$$c = \frac{\sum_{i=1}^{n(n-1)/2} (x_i - \bar{x})(d_i - \bar{d})}{\sqrt{[\sum_{i=1}^{n(n-1)/2} (x_i - \bar{x})^2][\sum_{i=1}^{n(n-1)/2} (d_i - \bar{d})^2]}}, \quad \bar{x} = \frac{2}{n(n-1)} \sum_{i=1}^{n(n-1)/2} x_i, \quad \bar{d} = \frac{2}{n(n-1)} \sum_{i=1}^{n(n-1)/2} d_i$$

Cophenetic 相关系数 c 反映聚类效果, c 越接近于 1, 说明聚类效果越好, 下面用此系数评价对路段、数据采集时间与混合车型等聚类的好坏。

假定将 n 个样本分为 k 类: $G_1, G_2, \dots, G_k$, 记 $\bar{\mathbf{Y}}^{(i)}$ 、 $\mathbf{Y}_{(i)}^{(i)}$ 分别表示 G_i 的重心与 G_i 中的第 i 个样本, $\bar{\mathbf{Y}}$ 表示所有样本的重心, 则 G_i 类中 n_i 个样本的离差平方和

$$W_t = \sum_{i=1}^{n_t} (\mathbf{Y}_{(i)}^{(t)} - \overline{\mathbf{Y}}^{(t)})' (\mathbf{Y}_{(i)}^{(t)} - \overline{\mathbf{Y}}^{(t)}) \quad , \quad t = 1, 2, \dots, k \quad , \quad \sum_{t=1}^k n_t = n$$

总离差平方和为

$$T = \sum_{t=1}^k \sum_{i=1}^{n_t} (\mathbf{Y}_{(i)}^{(t)} - \overline{\mathbf{Y}}^{(t)})' (\mathbf{Y}_{(i)}^{(t)} - \overline{\mathbf{Y}}^{(t)}) = \sum_{t=1}^k W_t + \sum_{t=1}^k n_t (\mathbf{Y}_{(i)}^{(t)} - \overline{\mathbf{Y}}^{(t)})' (\mathbf{Y}_{(i)}^{(t)} - \overline{\mathbf{Y}}^{(t)}) \triangleq P_k + B_k$$

则不一致相关系数 $R_k^2 = \frac{B_k}{T} = 1 - \frac{P_k}{T}$ ，该统计量用于评价聚为 k 类时的效果， R_k^2 越

大，聚类效果越好，参照不一致系数 R_k^2 的变化，确定最终对路段、车型与时间段的分类个数 k 。

2.2 模糊 C 均值聚类法

模糊聚类就是将 n 个样本划分成 k 类，类中心为 $\mathbf{V} = \{\mathbf{v}_1, \mathbf{v}_2, \dots, \mathbf{v}_k\}$ ，其中 $\mathbf{v}_i = (v_{i1}, v_{i2}, \dots, v_{ip})$ 。在模糊划分中，每一个样本不是严格地划分为某一类，而是以一定的隶属度归属于某一类。

令 u_{ij} 表示第 j 个样本 $\mathbf{x}_j$ 属于第 i 类的隶属度，定义目标函数

$$J(\mathbf{U}, \mathbf{V}) = \sum_{j=1}^n \sum_{i=1}^k u_{ij}^m d_{ij}^2 \quad (\text{约束条件 } 0 \leq u_{ij} \leq 1 \quad \sum_{i=1}^k u_{ij} = 1)$$

$\mathbf{U} = (u_{ij})_{k \times n}$ 为隶属度矩阵， $d_{ij} = \|\mathbf{x}_j - \mathbf{v}_i\|$ 为 $\mathbf{v}_i$ 与 $\mathbf{x}_j$ 的距离。显然 $J(\mathbf{U}, \mathbf{V})$ 表示每一类中样本到聚类中心的加权平方距离之和，权重是样本 $\mathbf{x}_j$ 属于第 i 类的隶属度的 $m(m > 1)$ 次方。模糊 C-均值聚类法的聚类准则是求 $\mathbf{U}$ 与 $\mathbf{V}$ ，使得 $J(\mathbf{U}, \mathbf{V})$ 取得最小值。模糊 C-均值聚类法的具体算法步骤如下：

Step 1 赋初值：类数 k 、幂指数 m 和隶属度矩阵 $\mathbf{U}^{(0)} = (u_{ik}^{(0)})_{c \times n}$ ，令 $l=1$ ；

Step 2 计算第 l 步的聚类中心 $\mathbf{V}^{(l)}$ 与隶属矩阵 $\mathbf{U}^{(l)}$

$$\mathbf{v}_i^{(l)} = \frac{\sum_{j=1}^n (u_{ij}^{(l-1)})^m \mathbf{x}_j}{\sum_{j=1}^n (u_{ij}^{(l-1)})^m} \quad u_{ij}^{(l)} = \frac{1}{\sum_{t=1}^k (d_{ij}^{(l)} / d_{ij}^{(l-1)})^{\frac{2}{m-1}}} \quad i=1, 2, \dots, k$$

Step 3 计算目标函数 $J^{(l)}$

$$J^{(l)}(\mathbf{U}^{(l)}, \mathbf{V}^{(l)}) = \sum_{j=1}^n \sum_{i=1}^k (u_{ij}^{(l)})^m (d_{ij}^{(l)})^2 \quad d_{ij}^{(l)} = \|\mathbf{x}_j - \mathbf{v}_i^{(l)}\|$$

Step 4 给定终止容限 $\varepsilon_u > 0$ （或 $\varepsilon_j > 0$ ，或 $L_{\max}$ ），当 $\max\{|u_{ik}^{(l)} - u_{ik}^{(l-1)}|\} < \varepsilon_u$ （或 $|J^{(l)} - J^{(l-1)}| < \varepsilon_j$ ，或 $l \geq L_{\max}$ ）时，停止迭代，否则 $l = l + 1$ ，然后转入 Step 2。

通过上述算法求得 U 与 V , 使得 $J(U,V)$ 达到最小, 当 $u_{ij} = \max_{1 \leq i \leq k} \{u_{ij}\}$ 时, 可将样本 x_j 归为第 i 类。

3.FCM 案例

利用前述 FCM 算法进行模糊聚类, 分别对贵阳市中心城区 18 条主干道路段名称、混合车辆类型与时间段进行 FCM 聚类分析。

3.1 FCM 路段聚类

对表 2 及一周流量数据汇总, 分别以双向合计自然车辆与双向合计标准车辆两种单变量对路段进行 FCM 聚类、五种车型 (公交、面包车、大货、小货、轿车) 5 个变量及五种车型、单向合计 (自然、标准) 车辆数 7 个多变量对主干道路段名称进行 FCM 聚类。FCM 聚类过程中, 终止容限与幂指数分别取 10^{-6} 与 3, 初始隶属度矩阵由均匀随机分布产生, 类数 k 值通过上节不一致系数 R_k^2 确定, 利用前述 FCM 分别聚类如下。

单变量 (自然合计车辆数) FCM 聚为四类, 分别为: 浣纱路与宝山北路两路段为一类; 文昌北路、公园路与富水路三主干道为一类; 中华中路、中华南路及瑞金中路为另一类; 其余路段 (中华北路、瑞金南路、中山东路、中山西路、延安东路、延安中路、北京路、枣山路、遵义路、都司路) 划分为一类, 该 FCM 聚类与经典聚类一致, 见聚类树图 4。而单变量 (标准合计 pcu 数) 聚类结果则为: 文昌北路、公园路、富水路 (第一类), 中华中路、中华南路、瑞金中路、中华北路、瑞金南路、中山东路、中山西路、延安东路、延安中路、北京路、枣山路、遵义路、都司路 (第二类) 与浣纱路、宝山北路等三类。上述双向合计路段 FCM 聚类划分能反映路段的服务水平。

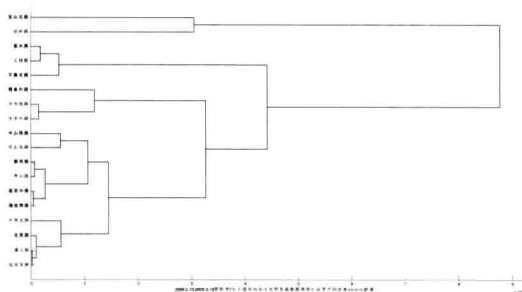


图 4 以自然合计车辆数为单变量的传统聚类树

以五种车型多变量对 18 条主干道双向即“36 个样本”进行的 FCM 聚类结果为：第一类“中华北路方向 1（喷水池）、中华北路方向 2（六广门）、中华中路方向 1（大十字）、中华中路方向 2（喷水池）、中华南路方向 1（大南门）、中华南路方向 2（大十字）、瑞金中路方向 1（大西门）、瑞金中路方向 2（紫林庵）、宝山北路方向 1（大营坡）、宝山北路方向 2（师大）”；第二类“浣纱路方向 1（浣纱桥）、浣纱路方向 2（花果园）”；第三类“文昌北路方向 1（东门）、文昌北路方向 2（友谊路）、公园路方向 1（都司路）、公园路方向 2（合群路）、富水路方向 1（陕西路口）、富水路方向 2（小十字）”；第四类“瑞金南路方向 1（大西门）、瑞金南路方向 2（新路口）、中山东路方向 1（大南门）、中山东路方向 2（大十字）、中山西路方向 1（大十字）、中山西路方向 2（大西门）、延安东路方向 1（师大）、延安东路方向 2（喷水池）、延安中路方向 1（喷水池）、延安中路方向 2（紫林庵）、北京路方向 1（交际处）、北京路方向 2（黔灵山）、枣山路方向 1（北京路）、枣山路方向 2（客车站）、遵义路方向 1（火车站）、遵义路方向 2（邮电大楼）、都司路方向 1（次南门）、都司路方向 2（中华南路）”。结合实际与传统聚类方法（聚类树形如图 5 所示）相比，FCM 聚类法更具有实用性，且尽管同一路段被分成两个方向，但从 FCM 聚类来看，不同方向的同一路段均被 FCM 聚为同一类，同时说明同一路段车流不同方向较为均衡。对于五种车型加自然车流与标准车流合计的七变量 FCM 聚类，对于主干道的整体而言与单变或多变量的聚类是一致的。

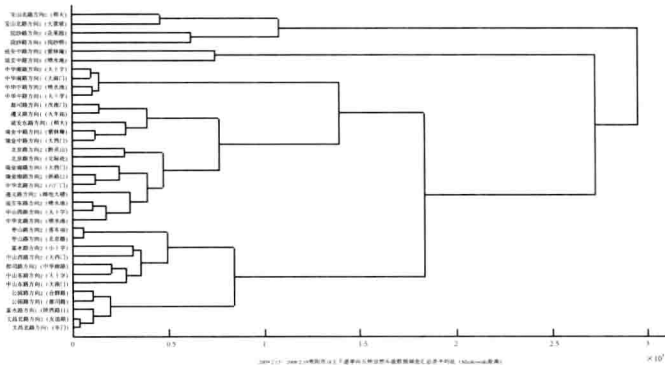


图 5 以单向五种车型车流数据为多变量的聚类树

3.2 FCM 混合车流车型聚类

中心城区主干道 18 条 36 个方向被视为“变量”，对“样本”混合交通流中的五种车型（公交、面包、大货、小货、轿车）进行聚类，相关 FCM 聚类初始参数的取值同