

上海市中心城干路功能分类研究

韩胜风

【摘要】城市道路功能分类是最基本也是最重要的工作，目前国内对其研究甚少，尚未有一套完整的功能分类方法。本文尝试用多元统计的方法，对上海市干路进行功能分类。

本文选取“道路系统延伸的服务范围”、“平均交叉口间距”等三大类共 10 个变量作为影响道路功能的因素，通过因子分析法，找到“通达性因子”、“断面因子”和“区位因子”作为影响道路功能的三个独立的因子，且对因子进行了解释。通过各路段的因子得分进行聚类分析，将上海市干路分为 5 级 6 类。

【关键词】城市道路；功能分类；因子分析；聚类分析

城市道路网络是城市布局的骨架，也是城市四大功能（居住、工作、游憩和交通）的载体，1933 年的《雅典宪章》明确指出，“城市道路功能不分是城市交通面临的重要问题，街道需要进行功能分类，其中车辆的行驶速度是道路功能分类的依据”。目前国内道路网络存在的普遍问题是与高密度的人口和高强度的土地开发不相适应，除长期存在的供应能力不足外，还表现为道路功能混杂，因此，明晰不同城市道路在城市道路系统中担负的不同的功能，就一直是我国城市交通中需要解决的热点、难点、焦点问题。以往对城市道路功能等级的划分都是从检讨历史及现行规范开始，并参照国内外的实践经验，作积极的探索，本文试图从另外一个角度，从寻找并分析影响道路的因素开始，运用数理统计的方法对道路功能分类进行有益的尝试。

1 研究的必要性

道路分类的必要性与城市规模有直接的关系，可以通过出行时间预算（TTB）来解释。

出行时间预算是指平均每人每日用于交通出行时间的总和，不论处在何种经济条件、文化背景以及地理条件下，平均而言，人均每天花在出行上的时间都是相对固定的^[1]。据国内外调查研究，平均每日出行时间预算约为 1.1 小时，上海居民平均日出行时间稳定在 0.93~0.94 小时，按每日出行 1.95 次计算^[2]，那么每次出行时间预算约为 29 分钟。

当城市规模较小，出行距离较短时，即使以较低的速度出行，其时间预算也可以控制在 1.1 小时内，出行对道路所提供的速度不敏感；随着城市规模的扩大，长距离出行所占的比重越来越大，为了满足出行时间预算，出行对道路速度就变得敏感起来。

图 1 为 2002 年调查的中心城内每次出行距离频率分布^[3]，以出行时间预算为约束条件，

计算出行对速度要求的频率分布，如图 2 所示。

由图 1.2 可以看出，上海市中心城内出行速度需求在 10km/h 以下的占 17%，在 13~23km/h 之间的占 29%，其余为 27km/h 以上，车速是道路功能的重要指标，出行速度需求的多元化，就要求有多元化的道路来满足，即需要对道路进行分类。

因此如何促进上海市道路交通运输功能的正常发挥，深入细致的对上海市道路功能分类的研究已是迫在眉睫。

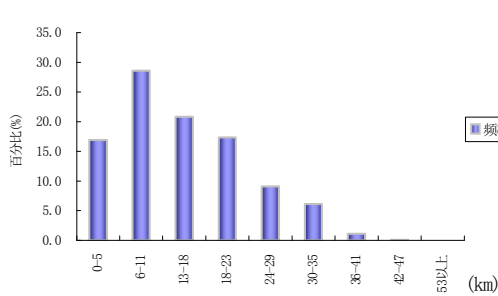


图 1 中心城出行距离分布

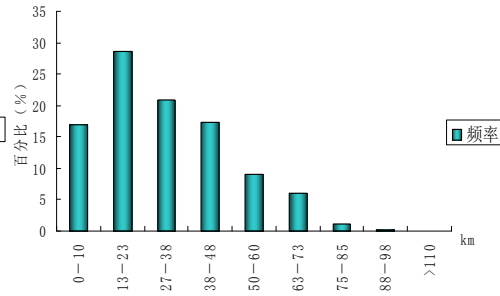


图 2 中心城出行速度要求分布

2 城市道路功能分类方法回顾

通过查阅相关文献，可以看出目前道路功能分类有以下两种方法

2.1 以“四阶段模型”为基础的道路功能分类法

该方法主要是运用传统的“四阶段模型(出行发生—出行分布—方式划分—交通量分配)的概念来对道路功能进行分类。”即首先确定道路所连接区域的范围，找出出行产生与吸引的原因，如区域人口或社会经济条件，比较各种区域的差异（如人口数），从而计算出出行产生和吸引总量，再将其分配在路网上，利用路网中道路的特性（如交通量、平均出行长度）差异，就可将其划分为不同的种类。目前国内外的道路功能划分多采用此法，其优点是不仅能够对现状道路功能加以评价分类，而且能预测未来交通需求，对未来道路功能加以分类，其缺点是对现状影响道路功能的因素考虑不够全面，结果不能完全适应城市区域道路交通多样化的特点，而且分析过程不够直观，数据获取难度大。

2.2 以“道路所提供的服务功能”为出发点的多元统计分类法

该方法首先找出影响道路功能的因素（如高峰小时流量、行程车速等），运用多元统计分析的方法，找出影响道路功能的公共因素，通过公共因素量化道路的功能，将具有相近值的道路归类。该法的优点是能较全面的考虑影响道路功能的因素，避免分类结果与现状不符，通过量化分析，使分析过程直观明了，缺点是对于未来的预测该法较为困难。目前该方法只在我国台湾地区有所应用。

以上两种方法各具优缺点，比较理想的方式是将两种方法结合使用，但考虑到未来资料预测的难度和可靠度，本文只对上海市现状道路进行功能分类，选用第二种方法。

3 影响道路功能的因素与分类理论框架

3.1 影响道路功能的因素

城市道路的结构是一种网状结构，由纵横交错的道路连贯而成一个大系统，众多的道路又分为几个不同层次的子系统，每一子系统的性质不同，那么其功能就不同，所承担的任务就有异，譬如说快速路系统主要承担城市组团间大容量、快速的交通；而次干路的主要任务则是集散交通，起衔接作用的支路与主干路又不同。

对上海市的道路进行功能分类，界定每一条道路所属的子系统，就需从道路的性质入手，考虑影响道路性质的各个因素，本文将这些影响因素分为三大类共 11 个变量，分别为道路因素、交通因素和环境因素，选择的主要变量包括：道路宽度、机动车车道数、道路断面形式、道路系统服务的延伸范围和平均交叉口间距、高峰小时行程车速、高峰小时流量和道路设计车速、距市中心之时间距离、道路两侧土使用状况和、道路所处区域路网密度共 11 个变量。

3.2 分类理论框架

影响道路功能的因素众多且又无法从直观的方式来判断其影响程度。多元统计分析方法是从经典统计学中发展起来的一个分支，是一种综合分析方法，它能够在多个对象和多个指标互相关联的情况下分析他们的统计规律，所以本文采用多元统计的分析方法来处理这些变量，采用的理论方法主要有：因子分析法理论和聚类分析法理论，以下详细介绍。

因子分析法理论就是用少数几个因子去描述许多指标或因素之间的联系，即将相关比较密切的几个变量归在同一类中，每一类变量就成为一个因子（之所以称其为因子，是因为它是不可观测的，即不是具体的变量），以较少的几个因子反映原资料的大部分信息。使用因子分析检验数据，可以剔除相关性很大的变量。

聚类分析法理论是根据“物以类聚”的道理，对样品或指标进行分类的一种多元统计分析方法。聚类分析的基本程序是，首先根据一批样品的多个观测指标，具体地找出一些能够度量样品或指标之间相似程度的统计量，然后利用统计量将样品或指标进行归类，具体进行聚类时，由于目的、要求不同，因而产生各种不同的聚类方法，主要为系统聚类法。

本研究采用 SPSS 12.0 作为统计分析研究的工具，SPSS 有两个功能模块，一个是基本功能模块，这是 SPSS 的核心，包括数据定义与操作、统计分析、文件编辑操作、软件编辑等功能，另一个是扩展功能模块，包括高级统计程序，表格程序，绘图专用程序，数据输入

程序，趋势分析程序，地图处理程序，本研究用到的因子分析与聚类分析就属于该模块。

4 干路功能分类

4.1 因子分析

4.1.1 处理过程

首先进行变量的因子分析，以提取公共因子（Common factor）。公共因子的个数较少，且相互独立，这就使得通过公共因子来说明道路的功能并对其归类成为可能。

本研究抽取上海市中心城浦西内的 62 个路段，分别收集影响其功能的 11 个因素，将这些变量资料，放入 SPSS 软件进行因子分析。

经分析“道路两侧发展强度”变量的共同度不高，只有 0.37（50%以下），这主要是因为该变量可获得的样本数不够，因此将该变量剔除后，再将其余 10 个变量输入 SPSS 软件中，各变量的共同度值均大于 50%，可以进行因子分析。经 KMO 检验和球形检验，KMO 统计量为 0.643，偏相关性较弱，适宜因子分析，球形检验 $p < 0.001$ ，拒绝单位相关阵的原假设，适宜因子分析。

表 1 为各因子的特征值及方差贡献率表，由该表可以看出，因子 1、因子 2 和因子 3 的累积方差贡献率为 79.73%，已具有相当程度的解释力。其中因子 1 可解释 37.86% 的变量，因子 2 可解释 23.86% 的变量，因子 3 可解释 18.51% 的变量。

表1 因子的特征值及方差贡献率

因子变量	初始因子			提取因子			因子旋转后		
	特征值	贡献率%	累积贡献率%	特征值	贡献率%	累积贡献率%	特征值	贡献率%	累积贡献率%
1	3.79	37.86	37.86	3.79	37.86	37.86	3.71	37.12	37.12
2	2.34	23.36	61.22	2.34	23.36	61.22	2.34	23.37	60.48
3	1.85	18.51	79.73	1.85	18.51	79.73	1.92	19.24	79.73
4	0.84	8.43	88.16						
5	0.32	3.15	91.31						
6	0.27	2.70	94.01						
7	0.24	2.37	96.38						
8	0.18	1.76	98.14						
9	0.13	1.31	99.46						
10	0.06	0.55	100.00						

为了方便观测与分析，在找到公共因子后，通常要做因子轴的旋转，表2为在做了因子轴旋转后，公共因子的负荷矩阵。

表2 Rotated Component Matrix

编号	变量	Component		
		因子1	因子2	因子3
1	道路宽度 (m)	-0.205	0.911	0.024
2	车道数	0.346	0.701	-0.047
3	断面形式	-0.011	0.888	0.069
4	道路系统服务延伸的范围 (km)	0.711	0.233	-0.079
5	平均交叉口长度 (m)	0.897	-0.203	0.255
6	道路所处区域路网密度 (km/km ²)	-0.061	-0.026	-0.935
7	高峰小时流量 (pcu)	0.885	-0.020	-0.178
8	高峰小时行程车速 (km/h)	0.842	-0.239	0.245
9	自由流速度 (km/h)	0.862	0.269	0.083
10	距市中心的时间距离(分钟)	0.045	0.030	0.934

4.1.2 结果解释

因子1的贡献率为37.12%，其中道路系统延伸的服务范围(4)、平均交叉口间距(5)、高峰小时流量(7)、高峰小时行程车速(8)和设计车速(9)在该因子上的负荷较大，说明该因子与这几个变量关系较密切。平均交叉口间距的大小决定了车流受干扰的程度，间距越小，受干扰的程度越大，车流畅行行使难度就越大，但相应的进出两侧土地就越便利，高架道路不受交叉口信号灯的影响，能比较连续通畅的行驶，但进出两侧土地的便利程度是最低的；行程车速和设计车速是反映交通流能否畅通行驶的直观指标；同样，道路延伸范围的大小，是交通流畅通行驶的前提。因此定义该变量为交通流行驶的通畅程度以及进出道路两侧土地便利的程度，即为通达性因子。

因子2的贡献率为23.37%，由因子负荷量比较大的道路宽度(1)、机动车车道数(2)和道路断面形式(3)组成，这三个变量均与道路的几何特性有关，而且如果确定了这三个变量，那么道路的横断面即大致确定，因此定义该因子为断面因子。断面因子能比较客观地反映道路容量，该因子越大，那么道路宽度就越大，机动车道数就多，提供的道路容量就大，断面形式也影响道路的容量的大小。

因子3的贡献率为19.24%，其中道路所处区域路网密度(6)、道路中心距市中心的时间距离(10)在该因子上的负荷较大。上海市的发展是由中心向外围不断蔓延的过程，至今

区域之间社会经济发展不平衡仍十分明显，造成道路状况和交通需求区域间差别较大，该因子能反映道路所处区域差别这一特性，因此定义该因子为区位因子。

4.2 聚类分析

将上节所得各样本的因子得分作为变量进行聚类分析，仍用 SPSS 软件的聚类分析模块对其进行分析，图 3 为用树状图表示的聚类结果，该图显示了在不同距离基准的情况下各类的融合情况。经过比较，6 类划分法结果比较合理，易于解释，划分结果见图 4 所示，第 1 类有 13 个路段，占总数的 21%，第 2 类有 14 个路段，占总数的 23%，第 3 类有 7 个路段，占总数的 12%，第 4 类有 9 个路段，占总数的 15%，第 5 类有 9 个路段，占总数的 15%，第 6 类有 9 个路段，占总数的 15%。

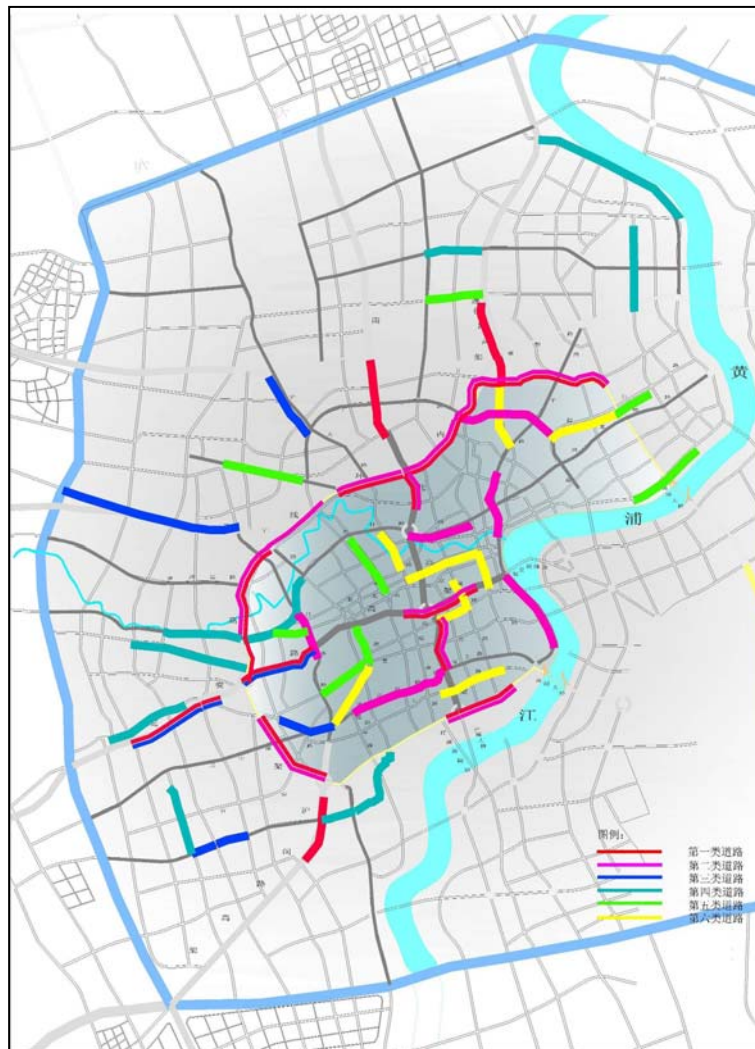


图 4 三个因子聚类道路功能分类

5 分类结果分析

经过上节的因子分析与聚类分析，将所研究道路分成六类，各类道路因子平均得分如表

3 所示。若考虑因子的特性以及相对大小，可以整理出表 4 所示的分类特性表，结合图 4，对各类道路特性分析如下：

表 3 各分类因子平均得分

类别	通达性因子	断面因子	区位因子
第一类	1.72	-0.64	-0.07
第二类	-0.02	1.01	-0.64
第三类	-0.04	1.46	0.78
第四类	-0.45	-0.16	1.12
第五类	-0.94	-1.25	0.22
第六类	-0.98	-0.37	-0.98

表 4 分类特性

类别	通达性	断面	区位（距市中心）
第一类	高	小	较近
第二类	较高	较大	近
第三类	较高	大	较远
第四类	较低	较小	远
第五类	低	最小	较近
第六类	低	小	近

5.1 第一类道路—高架快速路（I 级）

该类道路包括内环高架、南北高架及延伸和延安路高架及延伸，均为高架快速路，反映在因子得分上，其通达性因子得分是六类中最高的，因为是机动车专用，所有断面类型不大，高架快速路呈“申”字形布局，构成上海市路网的骨架，内环是中心区的外壳，南北高架及延安路高架穿越市区而过，其区位距市中心较近。

5.2 第二类道路—一般性主干路（II 级）

该类道路均位于内环内，主要包括：内环高架地面道路、南北高架地面道路、延安路高架地面道路和部分“三纵三横”主干路，反映在因子得分上，道路的通过性相对较高，断面类型较大，所处区位距市中心较近。

该类道路构成城市的骨架，但与其骨架作用不相称的是通过性绝对值不高，因此未来提高其通过性是为必须。

5.3 第三类道路—对外型主干路（II 级）

该类道路大多位于内环外，主要包括与公路相衔接的射线性道路，如沪太路、武宁路等，

反映在因子得分上，通过性相对较高，断面类型是六类道路中最大的，道路所处区位据市中心较远。

该类道路是城市与外部联系的主要通道，承担长距离、大容量的交通，要求有极高的通过性，但该类道路与第二类道路相类似，通过性绝对值不高，因此未来提高其通过性是为必须。

5.4 第四类道路—交通性次干路（Ⅲ级）

该类道路大多位于内环外，包括现行分类的部分主干路（如长宁路、保德路、军工路等）和部分次干路（如天山路、中原路、龙华路等），反映在因子得分上，其通达性因子间于第三类道路和第五类道路之间，断面因子不大，区位距市中心最远。

从因子得分上很难鉴定该类道路是属于主干路还是次干路，考虑该类道路在所有道路中所占的百分比以及其服务的交通量，可知该类道路划作次干路比较合适。

5.5 第五类道路—一般性次干路（Ⅳ级）

该类道路在内环内外均有分布，内环内主要有：江宁路、常熟路、杨树浦路等，内环外主要有：场中路、交通路等，反映在因子得分上，可达性与第六类道路相近，是最大的，断面因子最小，区位距市中心较近。

该类道路是区域内部出行的主要通道，另外还起到分流平行干路流量的作用，与第六类道路相比交通功能略强，但其断面要小很多，因此对该类道路断面进行优化，以增加道路容量，适当提高其通过性。

5.6 第六类道路—集散性次干路（Ⅴ级）

该类道路均位于内环内，主要包括衡山路、北京路、河南路等，反映在因子得分上，道路通过性是最底的，可达性最高，断面类型小，区位距市中心最近。该类道路两侧开发强度高，沿途与其相交的支路众多，具有集散的性质，即低等级道路的车流由此类道路集合起来，然后进入主干路或快速路；或通过该类道路将主干路快速路的交通流分散在低等级道路上。

考察各分类内各个变量的平均大小，可以得到各分类的技术指标，如表 5 所示。

6 结语

以往对道路功能等级的划分主要是运用传统的“四阶段模型”的概念来对道路功能进行分类，其缺点是对影响道路功能的因素考虑不全，本文以“道路所提供的服务功能”为出发点进行分类研究，能较全面的考虑影响道路功能的因素，数据分析贯穿研究的全过程，保证了结果的客观性，易于指导实践。

表 5 道路功能分类技术指标要求

			I	II	II	III	IV	V	
			高架快速路	对外主干路	一般主干路	次干路	次干路	集散道路	
因子类别	通达性因子	交叉口间距 (m)	—	1000~1500	800	500	300	200	
		高峰小时行程车速 (km/h)	60	大于 30	30	25	20	15	
		设计车速 (km/h)	60~80	60	50	30	30	30	
	断面因子	道路宽度 (m)	18, 26	38~50	25~50	36	27~36	27~36	
		车道数	4, 6	6~8	4~8	4	2~4	2~4	
		断面形式	2	2	2	1, 3	1	3	
	区位因子	道路位置	内环内外	内环外为主	内环内	内环外为主	内环内外	内环内	
	道路服务量	占全部道路百分比 (%)		15%		17%		5%~10%	
		承担交通量百分比 (%)		50%~70%		25%~30%		5%~10%	

【参考文献】

- [1] Y.Zahavi&J.M.Ryan, Stability of travel time and money expenditures.Transportation Research Record 1980
- [2] 陈小鸿, 都市圈域公路网规划若干问题研究.同济大学博士学位论文 2003
- [3] 辛飞, 私用小汽车使用特性特征研究.同济大学硕士学位论文 2004
- [4] 《上海市城市交通发展白皮书》, 上海市人民政府, 2001
- [5] 《上海中心城道路专业规划》, 同济大学交通运输工程学院, 2003
- [6] 徐源, 我国大城市道路网络规划研究.东南大学硕士学位论文 2001
- [7] 2001 年台湾地区公里容量手册.台湾交通部运输研究所.中华民国九十年
- [8] 城市道路交通规划设计规划 (GB50220-95), 中华人民共和国建设部, 1995
- [9] 曾繁钟, 台湾南部地区道路功能分类之研究.台湾大学硕士学位论文
- [10] 李朝阳等, 关于我国城市道路功能分类的思考.城市规划汇刊 1999[4]:39~42
- [11] 《临港新城道路专业规划》, 同济大学交通运输工程学院, 2003
- [12] 上海市中心城城市道路数据库, 上海市市政工程管理处, 2005
- [13] 多元统计分析, 袁志发著.科学出版社 2002
- [14] SPSS10.0 统计软件应用教程, 陈平雁等著.人民军医出版社 2002

【作者简介】

韩胜风, 男, 研究生, 同济大学建筑设计研究院(集团)有限公司, 主任, 工程师。电子邮箱: hansf1977@163.com