

武汉理工大学

硕士学位论文

基于多方法组合的城市交通指数评价研究

姓名：贾珊珊

申请学位级别：硕士

专业：国际贸易学

指导教师：傅新平

20080401

摘 要

在现代工业社会,资源会向少数大城市集中,以取得“规模经济效应”。由此,“大城市病”也就不可避免。近年来,汽车保有量的急剧增长,使城市道路交通资源的发展相形见绌,形成了交通瓶颈,城市交通问题成为“大城市病”最集中的体现。本论文源于国家 973 项目“现代城市‘病’的系统识别理论和生态调控机理”,意在充分地利用现有的交通信息资源,将城市的交通系统的综合状况指标量化,并简化成一个相对数——交通指数,不但对政府部门、交通管理人员、车辆驾驶人员了解交通的总体态势具有积极的意义,而且有利于社会公众对交通信息的掌握。目前,国内对于城市交通系统的综合评价的研究还处于初级阶段,交通指数方面的研究更少。所以本论文对我国交通指数编制的理论和方法进行研究和探讨,试图以交通指数来评价城市交通系统的综合状况。

本论文首先对已有的交通指数研究成果进行了分析总结,提炼出了本文编制交通指数可以借鉴的思想和方法。然后对系统的综合评价方法和不同指数的计算模型进行研究,选择出适用于城市交通系统评价的综合评价方法——层次分析法和与之相对应的指数模型——线性加权法。

在编制城市交通指标体系的过程中,以“畅通工程”中的指标为依据,并且根据指标体系选取的原则,将城市交通指标体系分为目标层、准则层和指标层三层,目标层为城市交通综合状态评价,准则层分为交通管理设施、道路基础设施、交通安全、交通秩序等十个评价子系统,指标层有 52 个指标,其中定量指标为 43 个,定性指标为 9 个,并且对每个指标进行了详细的解析。

在确定指标层对准则层的权重时采用了层次分析法,由专家填写判断矩阵表格,使用和积法计算相对权重,最后使用矩阵乘法求出各指标的绝对权重。同时,在确定准则层对目标层的权重时使用了变异系数法。主客观相结合的赋权方法使权值更加精确。

本论文以武汉市为实例,通过《2006 武汉交通年度发展报告》和《2006 武汉统计年鉴》收集各指标的数据,参照各指标对应指数的分级表,利用广义函数法将各指标值无量纲化,再使用线性加权法得出最终的城市交通指数。最后对城市交通指数的实用性进行评估。

关键字: 城市交通, 综合评价, 指数方法

Abstract

During modern industrial society, resources have been concentrated to a small number of large cities, in order to get "economy of scale". Because of this, "big city malaise" will be unavoidable. In recent years, the rapid growth of the total number of cars make transport resources develop slowly, and form a traffic bottle-neck, urban traffic problems have become the most concentrated expression of "big city malaise". This paper originates from 973 project of country "system identification theory and ecological control mechanism of modern city 'malaise' ", the paper uses the existing traffic information fully, quantizes the indicators of city transportation system's integrative state and makes a relative number- traffic index. It not only makes the government departments, traffic management person, divers understand the overall state , but also useful for the public getting hold of information on traffic conditions. At present, the research about the comprehensive evaluation of domestic urban transport system is still in its initial stage, the research about traffic index is less. Therefore, this paper puts emphasis on the research about the theory and compute methods of traffic index. We try to use transport index to evaluate the development of the urban transport system.

Firstly, This paper analyses and summarizes the existing study results of traffic index, we extracted some ideas and methods from those study results that can be used in this paper. Then we studied the comprehensive evaluation of the system and the different methods of calculation model, we choose comprehensive evaluation method - AHP and the exponential model - linear weighted method applicable to the evaluation of city transportation.

In the process of compiling the traffic index, we selected indicators based on "unimpeded projects" and principles of choosing indicators. The urban transportation system will be divided into target tier, criterion tier and index tier, and the target tier is evaluation of integrated urban transport, the criterion tier is divided into ten subsystems, these are traffic management facilities, road infrastructure, traffic safety, traffic order and so on. The index tier has 52 indicators, these indicators are made of

43 quantitative indicators and 9 qualitative indicators. We carried out a detailed analysis for each indicator.

We used AHP in determining the weights of index tier to criterion tier , judgment matrix forms will be filled out by experts, then use sum-multiply method to calculate relative weight, Finally using the matrix multiplication to obtain the absolute weight. At the same time, we use coefficient of differentiation method in determining the weights of criterion tier to target tier. The combination of objective and subjective methods can make the weights more precise.

Take Wuhan City for example, we collect the data of indicators from 《2006 Annual Development Report of Wuhan Traffic》 and 《2006 Wuhan Statistics Yearbook》 , we make indicators non-dimensional referencing to generalized function and classification table. We use linear weighted method to calculate urban transport index. Finally, we assess the applicability of urban transport index.

Key Words: City transportation, Overall evaluation, Index Method

独创性声明

本人声明，所提交的论文是我个人在导师指导下进行的研究工作及取得的研究成果。据我所知，除了文中特别加以标注和致谢的地方外，论文中不包含其他人已经发表或撰写过的研究成果，也不包含为获得武汉理工大学或其它教育机构的学位或证书而使用过的材料。与我一同工作的同志对本研究所做的任何贡献均已论文中作了明确的说明并表示了谢意。

研究生（签名）：贾珊珊 日期 2008.4.8

关于论文使用授权的说明

本人完全了解武汉理工大学有关保留、使用学位论文的规定，即：学校有权保留送交论文的复印件，允许论文被查阅和借阅；学校可以公布论文的全部或部分内容，可以采用影印、缩印或其他复制手段保存论文。

(保密的论文在解密后应遵守此规定)

研究生（签名）：贾珊珊 导师（签名）：何志毅 日期 2008.4.8

第1章 绪论

1.1 研究的目的是和意义

指数作为一种相对数，能把一种复杂的现象简单化，人们可以通过指数看到这个现象在总体上的变化方向和程度。当今社会生活中的许多方面，都借助指数衡量其变化和发展。如幸福指数、消费指数、气象指数、医疗指数、娱乐指数等等。在交通领域，关积珍提出了城市交通综合指数和交通出行指数这两个概念，这个想法一经提出，立即引起了广大专家学者们的兴趣^[3]。本论文试图将指数的概念应用到交通领域^[1]，通过编制城市交通指数来评价城市交通的总体态势^[2]。

首先，交通指数的构建将城市庞大的交通系统的状况简化成了一个相对数，通过这个指数可以掌握城市交通总体上的程度和变化方向^[4]。随着交通信息化的发展，大量的交通信息资源为交通管理提供了重要的科学决策依据，提升了交通管理现代化水平，而我国的交通信息资源在获取、管理、分析、发布、共享和综合有效利用方面均存在不足，这种资源使用不充分的现象造成了巨大的浪费。交通指数的构建皆在对这些现有的交通信息资源进行最大程度的综合利用，用一个数来简明地体现综合的交通信息。其次，城市交通指数可以确定城市综合交通状况的优良度，它将衡量一个交通行业乃至整个交通运输系统运行状况^[5]。它对于车辆驾驶员、政府有关部门和交通管理人员了解交通总体态势具有参考意义。最后，通过对城市交通指数的构建，可以使交通信息像天气信息一样，及时地提供给居民，服务于居民。针对社会公众关注程度极高的交通热点问题，及时地从总体上向公众提供城市综合交通态势的量化指标，有利于社会公众对交通信息的掌握和正确理解，提升和满足公众对交通的知情权，也是交通管理部门信息公开、社会服务意识的重要体现^[6]。交通指数通过一个量化指标对城市居民或旅行者提供出行指导参考，为城市交通发展、人们出行带来新的变革。

1.2 国内外研究现状

目前，国内对于城市可持续发展交通系统的综合评价的指标体系以及评价

方法的研究多一些^[7]，但是对于用指数来评价城市交通系统的研究尚处于初级阶段^[8]。上海从 2002 年开始推出“道路交通指数”。它参照其他国际大都市的做法，运用“道路交通指数”来综合评价申城的交通运行质量，根据机动车运行速度与道路饱和度等指标综合计算而成，指数越大表明交通运行质量越好、道路资源利用率越高、交通安全性越好。理论上达到 1000 点，交通综合服务状况最好^[9]。

在“2005 中国交通科技与管理高层论坛上”上，关积珍提出城市交通综合指数和交通出行指数的概念和模型，其中交通综合指数可以确定城市综合交通状况的优良度，对于车辆驾驶员、政府有关部门和交通管理人员了解交通总体态势具有参考意义。交通出行指数则通过一个量化指标对城市居民或旅行者提供出行指导参考^[10]。

上海市环境科学院的陈长虹和景启国等人，以上海市交通的可持续发展为出发点，参照国际上“以经济—社会—环境为发展目标，以压力—状态—响应为功能区别”的模式，采用层次分析法构建了上海市交通可持续发展指标体系，并采用层次分析法、隶属函数及线性加权法对各类指标进行权重和综合指数的计算，从而对上海市交通可持续发展状况进行评价^[11]。

山东省交通厅交通科学研究所等单位构建了一个能表征交通发展状态的数——交通发展指数来描述交通的发展情况。通过选取 25 个指标作为“交通特征量”，利用主成分分析法科学地组合出能包含交通特征量绝大部分信息的一个“数”，对这个“数”进行标准化处理就得到了“交通发展指数”^[12]。

国外关于交通可持续发展的理论研究比较多，对交通可持续发展提出了各自的指标体系和评价方法^[13]。在交通指数方面，国外大多研究的是交通服务指数以及交通运输价格指数^[14]。而在城市交通的综合指数方面的研究是微乎其微。在上个世纪，一些国家针对交通运输行业开发了一些指数用以监测瞬息万变的交通运输行业，如果按照应用的范围和实施过程进行细分，可以分为反映单一领域发展变化的指数，以个人经验为基础的交通行业服务满意度指数和反映交通运输服务综合发展状态的综合指数^[15]。知名的单项指数有欧洲国际航运指数 BFI，美国和欧洲的航空票价指数，道路堵塞指数等。知名的交通服务业满意度指数有美国全国顾客满意度指数（ACSI），典型的兼顾客与货运的综合性指数有美国国家交通服务指数 TSI，这是由美国政府开发、反映美国交通服务情况的月度指数，被誉为交通行业发展的晴雨表，主要以测量公路、铁路运输乘客和

货物的变化和内河航运和天然气石油管道运送的货物量等计算指标。

1.3 研究内容和方法

本课题主要采用综合评价的原理和方法，定量指标和定性指标相结合的方法，以畅通工程评价指标为依据，构造出一套合理的、完整的、适用的城市交通评价的指标体系，并对每个指标进行分析和数据收集，使用广义函数法将这些指标无量纲化，得出每个指标的指数值；再通过层次分析法和变异系数法相结合的方法给城市交通系统的各个指标赋权重；最后采用线性加权的模型计算出城市交通的综合指数。

以武汉城市交通为实例，对指标的数据进行了采集和处理，计算出了武汉城市交通综合指数，并根据该指数对武汉城市交通状态进行了评级，最后对该指数的实用性进行了评估。

1.4 技术路线

本课题在总体上沿着提出问题、分析问题、解决问题的路线进行探讨，将理论研究、实证研究完整地融合在一起，做到了理论联系实际。城市交通指数编制过程中所采用的技术路线如图 1-1 所示。

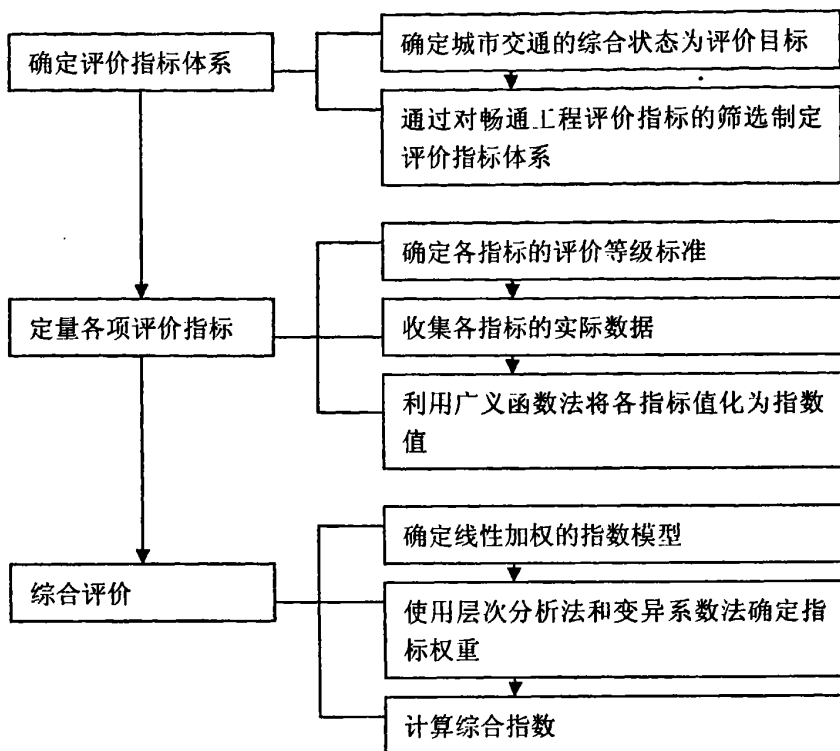


图 1-1 城市交通指数编制的技术路线

第 2 章 已有交通指数研究成果的借鉴

2.1 可持续交通发展指数

可持续发展是一种将社会发展概念从单纯经济增长拓展到经济、社会、环境协调发展的新发展模式。城市交通的可持续发展在整个发展体系中占据着重要地位。目前大城市普遍面临着交通压力和经济、交通与环境系统的复杂性。上海市环境科学研究院通过构建经济—交通—环境间的压力与响应关系，建立了城市交通可持续发展指标体系^[16]；采用隶属函数对单项指标进行标准化处理，对城市交通可持续发展综合指数的评价；采用层次分析法确定各指标的权重；在指标标准化的基础上，对各单项指标按各自的权重进行线性加权而获得的指数，也就是交通可持续发展综合指数，它是可持续发展交通体系总体发展水平的集中体现。

2.1.1 城市交通可持续发展指标体系框架

城市交通可持续发展指标体系分为 3 部分：经济发展指标体系、交通发展指标体系及环境指标体系。根据驱动力—状态—响应模式，借鉴国内外可持续发展指标体系的研究框架，针对交通以及环境质量实际情况，建立城市交通可持续发展指标体系递阶层次结构框架，即“驱动力层—要素层—状态层—系统层—目标层”的金字塔结构。其中，驱动力层是影响经济、交通、环境的基础要素，包括 108 个基础指标；要素层是驱动力层指标直接引起变化的要素，共包括 38 个要素指标；状态层是要素层所引起的状态变化，共包括 11 个状态，由 11 个状态分别构成城市综合发展、道路设施发展、交通运输能力、环境质量状况 4 大系统；目标层为城市交通可持续发展水平^[17]。

2.1.2 确定评价指标

根据 4 个层次的评价要素和评价对象的需要，使用者可以自主选择其中的某些指标，构建自己的指标体系进行系统评价，一般包括目标层、系统层、状态层和要素层 4 个层次。

2.1.3 隶属度计算

采用隶属函数对单项指标进行标准化处理。各单项指标可分为两类：正效指标和负效指标。正效指标越大，越有利于系统的可持续性发展；负效指标越小，则越有利于可持续性发展。单项指标计算公式为

$$\text{正效指标 } I_j(i) = \begin{cases} 1 & x_i \geq a_i \\ \frac{x_i - b_i}{a_i - b_i} & b_i < x_i < a_i \\ 0 & x_i \leq b_i \end{cases} \quad \text{公式 (2-1)}$$

$$\text{负效指标 } I_j(i) = \begin{cases} 1 & x_i \leq b_i \\ \frac{x_i - a_i}{b_i - a_i} & b_i < x_i < a_i \\ 0 & x_i \geq a_i \end{cases} \quad \text{公式 (2-2)}$$

式中 $I_j(i)$ 为 i 指标第 j 年的隶属度（指数值）， x_i 为 i 指标第 j 年的实际数值， a_i 和 b_i 分别为 i 指标的上、下限。

指标的下限选取上海市历年最恶劣值；上限根据上海市综合交通规划，通过国内外指标对比加以确定。

2.1.4 权重计算

采用层次分析法来确定各指标的权重。层次分析法是一个用来评估具有多重选择及指标的多属性决策分析工具。通过“成对比较”及矩阵代数法来最终确定在一项决策中具有重要作用的指标，并给出权重。

2.1.5 综合指数及分级

在指标标准化的基础上对各单项指标，按各自的权重进行线性加权，获得交通可持续发展综合指数。其计算公式为

$$C_j = \sum_{i=1}^n W_i I_j(i) \quad \text{公式 (2-3)}$$

式中 W_i 为各单项指标的权重， $I_j(i)$ 为 i 指标第 j 年的隶属度， C_j 为第 j 年的综

合评价指数。

不同的综合指数值，表示城市交通环境可持续发展状况处于不同的水平。根据上海市综合指数的计算结果，结合城市发展状况，将交通环境可持续发展水平分为 5 个等级，见表 2-1。

表 2-1 交通环境可持续发展水平分级表

分级	指数值	描述
1	80~100	强可持续性
2	60~80	中等可持续性
3	40~60	弱可持续性
4	20~40	准可持续性
5	<20	可持续性发展受阻

2.2 交通发展指数

山东省交通科学研究所研究构建了交通发展指数，它既可以反映交通发展状态，又可以反映交通发展的历史进程。通过它，既能方便交通行业自身的比较和鉴别，也便于国民经济及其它经济部门进行比较和鉴别，从而能迅速有效地了解和发现交通和社会经济中存在的问题，及时决策和调控，以保持交通和社会经济发展的适应性。

其研究的技术路线为（1）选择交通特征量；（2）收集交通特征量的原始数据，并对原始数据进行同性和标准化处理；（3）运用国际上通用的 SAS 软件对交通特征量进行主成分分析；（4）科学地组合出能包含交通特征量绝大部分信息的一个“数”；（5）对上述的“数”进行标准化处理，建立以 1980 年为基准的“交通发展指数”^[16]。

2.2.1 选择交通特征量

首先，依据《中国统计年鉴》、《中国交通年鉴》、《山东统计年鉴》、《山东地方交通统计资料》，选择 25 个指标作为“交通特征量”，这些交通特征量分别为公路网当量总里程、二级以上公路总里程、通达率、铺面率、好路率、绿化率、民用汽车拥有量、沿海港口吞吐量、内河港口吞吐量、民用船总吨位、内

河航道通航里程、综合运输客运量、公路客运量、水路客运量、综合运输客运周转量、公路客运周转量、水路客运周转量、综合运输货运量、公路货运量、水路货运量、综合运输货运周转量、公路货运周转量、水路货运周转量、每车安全人数、每千吨位船安全人数。并且收集这 25 个交通特征量的 1980~2000 年的全部历史数据，形成交通特征量原始数据矩阵。

2.2.2 原始数据的同性化、标准化处理

(1) 同性化处理

同性化处理是针对参数的不同极性取向而言的。极性取向分为正极性和负极性，通俗的讲，随着量值增大指标性质趋优的为正极性，反之为负极性。同性化处理就是通过对指标意义的调整，使所有指标的极性均为正极性。在所选的“交通特征量”中，原来反映道路运输和海上运输安全的两个指标，即“每万车死亡人数”和“每万吨位船死亡人数”是负极性的，为了保证交通特征量全部为正极性，将其转化为“每万车安全人数”和“每万吨船安全人数”。

(2) 标准化处理

标准化处理包含两个内容：其一是无量纲处理，这是进行数据分析前必须的处理环节；其二是形成指数，即让所有年份的值都转变为以某年为起点的相对数。针对上述要求，通过对每一个参数都除以某一基准年的值的方法来解决。最后以 1980 为基准年的标准化处理结果。

2.2.3 主成分分析

主成分分析又称主分量分析，其突出作用有两个：其一，在实证问题研究中，我们尽可能用多个指标来全面地分析问题，这些指标也称作变量。不同的指标之间有一定的相关性，因此所得的统计数据所反映的信息在一定程度上有重叠，势必增加了分析问题的复杂性。主成分分析法即设法将原来的指标重新合成一组新的互相无关的同等数量的几个综合指标来代替原来的指标。每一个新的综合指标被称为“主成分或主分量”；其二是虽然生成的主分量在数量上和原变量一样多，但实际上第一主成分就包含了原数据中尽可能多的变量信息，通常，前两个或三个就几乎包含了原数据 90% 以上的信息。我们可以根据需要选取前几个主成分，通过它们各自的特征值加权成为一个综合的数值，所以主成分分析可把高维的复杂变量简化为低维的简单变量，最后概括为一个变量。

首先,在主成分分析之前,对 25 个特征向量从 1980~2000 年的全部历史数据进行标准化处理,使之形成以 1980 年为基准的 25×21 的矩阵。然后对这个矩阵进行相关分析,把一些高度相关的特征向量剔除掉,将 25 个交通特征量变成 18 个变量。于是这 18×21 的新矩阵就成了主成分分析的输入数据。

接下来使用国际上通用的 SAS 软件对这个 18×21 的新矩阵进行主成分分析。即计算这个相关矩阵的特征值、主成分的贡献率以及累计贡献率。在构建“山东交通发展指数”这个例子当中,为了使结果更加精确,我们选取了前 1~8 个主成分,这 8 个主成分的累计贡献率已达到 99%,即这 8 个主成分就反映了之前 18 个交通特征量 99%的信息率。

最后,计算出前 8 个主成分的特征值所对应的特征向量,作为 18 个交通特征量线性组合的结构系数。这时,将 1980 年 18 个交通特征量的原始数据代入 8 个主成分的线性组合式,求出 8 个主成分量。由这 18 个交通特征量线性组合成 8 个互相无关的综合指标即主成分来反映 18 个指标的信息。然后,再用 8 个主成分的权重即贡献率(信息包含率)和 8 个主成分量加权相加,就是山东省在 1980 年的交通发展指数。用同样的方法可以求出 1981-2000 年的交通发展指数。这个量不但反映了每一年的交通的发展信息,而且是可比的,为了使这种比较更加直观,再作一次标准化处理,即把后续的每一年都除以 1980 年的值,即得到一系列新的指数,将其命名为各年的以 1980 年为基准的“山东省交通发展指数”。

2.3 城市交通综合指数

“2005 中国交通科技与管理高层论坛”上,智能交通系统集成领域著名专家关积珍首次公开提出城市交通综合指数和交通出行指数的概念和模型,引起了很多人的兴趣和关注。关积珍表示,国内交通信息资源不对外公布,仅限于管理系统内部使用,而且使用也不充分,造成巨大浪费。外界应该推动改变这一现状,使得交通信息像天气信息一样,能及时地提供给居民,服务于居民。

在关积珍的研究中,城市交通状况的好坏在总的决定因素作用下又具体反映在给定时间内的交通流量、平均车速、交通密度和交通延误之中。这些因素从时间轴上呈现出周期性,例如,道路的交通流呈现出季节性变化、高峰平峰有显著差异等特点。因此可以通过历史交通数据并考虑具体环境、政策等因素

对城市未来交通状况给出一个合理的预测。通过对历史年度、季度、月、周、日的交通状况及其它相关因素(如气象因素、政策因素)的综合分析,建立基本符合实际的经验模型。经计算机的数值计算取得同期的交通状况总体态势的综合评价指标,称之为交通综合指数。

城市交通综合指数主要描述给定时间内的城市综合交通状况的优良度,其直接影响因素是交通流量、平均车速、交通密度和交通延误;间接影响因素有交通事故、交通秩序好坏、气象因素、政策因素、环境因素、城市车辆保有量、各类车辆出行比例和数量。城市交通综合指数从地域范围可以有全市范围的指数也可以有特定区域内的指数;从时间范围可以是日指数,也可以是周指数、月度指数、年度指数。城市交通综合指数是总体评价性指数。其模型为:

$$T_{total} = \frac{\sum_{i=1}^N \omega_i T_i}{\sum_{i=1}^N \omega_i} \quad \text{公式 (2-4)}$$

其中 T_{total} ——交通综合指数; T_i ——主干道、快速道交通指数; ω_i ——决策指数加权因子; N ——决策路网主干道、快速道总量。

对于主干道、快速道,道路综合指数模型为:

$$T_{road} = \begin{cases} \frac{\omega_v \left(1 - \frac{\tau V}{V_f}\right) + \frac{\omega_k \mu K}{K_j} + \frac{\omega_q \eta Q}{Q_m} + \frac{\omega_d \kappa D}{D_m} + \frac{\omega_a \eta A}{A_m}}{(\omega_v + \omega_k + \omega_q + \omega_d + \omega_a)} & K < K_m \\ \frac{\omega_v \left(1 - \frac{\tau V}{V_f}\right) + \frac{\omega_k \mu K}{K_j} + \omega_q \rho e^{-\frac{\tau^2 Q^2}{Q_m^2}} + \frac{\omega_d \kappa D}{D_m} + \frac{\omega_a \eta A}{A_m}}{(\omega_v + \omega_k + \omega_q + \omega_d + \omega_a)} & K \geq K_m \end{cases} \quad \text{公式 (2-5)}$$

其中 T_{road} ——道路综合指数; V_f ——道路畅通速度; K_j ——道路最坏交通流密度; K_m ——道路最大交通流密度; K ——道路交通流密度; Q_m ——道路最大交通流量; Q ——道路交通流量; D_m ——道路最大交通延误时间; D ——道路交通延误时间; A ——道路事故次数; A_m ——同类型道路历史事故最大次

数； τ ——气象因素、环境因素、交通秩序、政策因素等对于速度的调控因子；
 μ ——气象因素、环境因素、交通秩序、政策因素等对交通密流度的调控因子；
 γ ——气象因素、环境因素、交通秩序、政策因素等对于交通流量的调控因子；
 k ——气象因素、环境因素、交通秩序、政策因素等对于交通延误的调控因子；
 η ——气象因素、环境因素、交通秩序、政策因素等对于交通事故的调控因子；
 ρ ——交通流影响常数因子； $\omega_v, \omega_k, \omega_q, \omega_d, \omega_a$ ——各因素权重因子

2.4 交通出行指数

上面所提到的城市交通综合指数对于车辆驾驶员、政府有关部门和交通管理人员了解交通总体态势具有参考意义，但对于城市居民出行还需要考虑气象因素和环境因素，因为城市交通综合指数并不能完全说明是否适合于出行。例如，在环境恶劣的天气下出行，其交通状况并不一定不好。为此，我们提出交通出行指数概念。

交通出行指数是综合考虑气象因素、环境因素和城市交通状况得出的量化指标。其意义在于通过一个量化指标对城市居民或旅行者提供出行指导参考。交通出行指数一般以日指数为宜，且是预报性指数。一般来说，对于交通出行指数以 1~10 进行度量，与穿衣指数等人们已经习惯的生活类指数的度量相似，易于为大众所认识和接受。另外，交通出行指数的计算模型的参量和权数需要通过大量的采样数据进行分析评估方能确定，模型同样需要采样数据检验其合理性与正确性。交通出行指数模型为：

$$T_{travel} = \frac{\omega_i T_i + \omega_w T_w + \omega_e T_e}{\omega_i + \omega_w + \omega_e} \quad \text{公式 (2-6)}$$

其中 T_{travel} ——交通出行指数； T_i ——交通综合指数； T_w ——气象指数； T_e ——环境指数； $\omega_i, \omega_w, \omega_e$ ——因素加权因子。

由于交通系统的复杂性，关积珍所提出的城市交通综合指数和交通出行指数的建模和计算确定还需要解决大量实际的问题，这些模型只是起到了一个抛砖引玉的作用，其具体的计算还有待于进一步地深化研究。

第 3 章 城市交通的综合评价方法

综合评价是指对多属性体系结构描述的系统做出全局性、整体性的评价，即对评价对象的全体，根据所给的条件，采用一定的方法给每个评价对象赋予一个评价值（又称评价指数）^[19]。一般的方法是选择能反映被评价现象各方面的单项指标，把各指标的大小进行评价比较。这里，一个指标对指标体系中其它指标的影响大小是衡量该指标相对重要程度的依据。影响权重就是据此而求得的衡量多指标互相影响大小的一个参数，它从另一个侧面反映了综合评价各指标的相对重要程度。

3.1 综合评价的原则

(1) 客观性原则

评价的目的是为了决策，而评价的质量直接影响着决策的正确性。因此，要保证系统评价的客观性，进行评价依据的资料要全面、可靠、准确，同时，要防止评价人员的倾向性，其组成也要有代表性^[20]。

(2) 系统性原则

评价指标体系是由若干单项指标组成的整体，它应当包括系统目标所涉及的一切方面，而且对定性的问题要有适当的定量评价指标，以保证评价的全面性^[20]。

(3) 适用性原则

评价方法根据评价对象的具体要求不同而有所不同，总的来说，要按照系统目的和系统分析的结果，评价效果等方面来选择适用的系统评价的方法。

3.2 综合评价方法

3.2.1 层次分析法

(1) 基本原理

层次分析法模型是运筹学模型中的一种，其基本原理是根据具有递阶结构的目标、子目标、约束条件等对方案进行评价，用两两比较的方法确定判断矩

阵，将判断矩阵的最大特征根对应的特征向量的分量作为相应的系数，最后综合出各方案的权重。该方法作为一种定性与定量相结合的工具，在教育计划、产业规划、资源配置等方面得到了广泛的应用，并取得了较好的效果^[21]。

(2) 步骤

1) 构建层次结构模型

层次结构最基本的模型是三层次结构，其中第一级是目标层，表示决策者所要达到的目标；第二级是准则层，表示衡量是否达到目标的判断准则；第三级是方案层，表示可供选择的方案。其结构如图 3-1 所示。对于复杂的决策问题，其目标可能不止一个，这时可将目标层扩展成两层，第一层为总目标，第二层为并列的分目标；其准则也可能不止一层，须划分为准则层和子准则层，其层次结构就相对来说复杂一些，而不仅是三层。

2) 建立判断矩阵群

从第二层开始，针对上一层某个元素，对下一层与之相关的元素，进行两两对比，并按其重要性程度评定等级。记 a_{ij} 为 i 元素比 j 元素的重要性等级，按两两比较的结果构成的矩阵 $A = [a_{ij}]$ 就构成了判断矩阵^[22]，如表 3-1 所示。

表 3-1 判断矩阵的一般形式

	A_1	A_2	...	A_n
A_1	a_{11}	a_{12}	...	a_{1n}
A_2	a_{21}	a_{22}	...	a_{2n}
...	
A_n	a_{n1}	a_{n2}	...	a_{nn}

其中，在两两的重要性比较当中采用的是九级标度法，如表 3-2 所示。

表 3-2 九级标度法

相对比值	含义
1	两评价指标同等重要
3	一评价指标比另一评价指标稍微重要
5	一评价指标比另一评价指标明显重要
7	一评价指标比另一评价指标更重要
9	一评价指标比另一评价指标绝对重要
2, 4, 6, 8	处于两相邻判断的中值
倒数	评价指标 e_i 与 e_j 相比等于 a_{ij} , 则 e_j 与 e_i 相比为 $1/a_{ij}$

3) 层次单排序及一致性检验

① 计算层次单排序权值

一般地讲, 在层次分析法中计算最大特征值和特征向量, 并不需要非常高的精度, 用近似计算即可, 如和积法。

a 将判断矩阵 A 的每一列元素作归一化处理, 其元素的一般项为

$$\bar{a}_{ij} = \frac{a_{ij}}{\sum_{k=1}^n a_{kj}} \quad (i, j = 1, 2, 3 \dots n) \quad \text{公式 (3-1)}$$

b 将每一列经归一化处理后的判断矩阵按行相加为

$$\bar{w}_i = \sum_{j=1}^n \bar{a}_{ij} \quad (i = 1, 2 \dots n) \quad \text{公式 (3-2)}$$

c 对向量 $\bar{w} = (\bar{w}_1, \bar{w}_2 \dots \bar{w}_n)^T$ 归一化处理:

$$w_i = \frac{\bar{w}_i}{\sum_{j=1}^n \bar{w}_j} \quad (i = 1, 2 \dots n) \quad \text{公式 (3-3)}$$

即为所求的特征向量的近似解。

d 计算 A 的最大特征值 λ_{\max}

$$\lambda_{\max} = \sum_{i=1}^n \frac{(AW)_i}{nW_i} \quad \text{公式 (3-4)}$$

② 一致性检验

若要检验判断矩阵 A 是否具有—致性，必须引入—致性指标 CI，它是衡量判断矩阵 A 偏离—致性程度的指标。

$$CI = \frac{\lambda_{\max} - n}{n - 1} (n > 1) \quad \text{公式 (3-5)}$$

显然，对于任意判断矩阵 A，都有 $CI > 0$ ，当且仅当 $CI = 0$ 时 A 是完全—致性矩阵。CI 值越小，则 A 的—致性程度越高；CI 值越大，则 A 的—致性程度就越低。因此，Saaty 引入了随机—致性指标 RI，如表 3-3 所示。

表 3-3 平均随机—致性指标 RI 值

n	3	4	5	6	7	8	9	10
RI	0.62	0.89	1.12	1.26	1.36	1.41	1.46	1.49

对于 2 阶判断矩阵，RI 只是形式上的，因为 2 阶判断矩阵总是具有—致性。当阶数大于 2 时，将判断矩阵的—致性指标 CI 与同阶平均—致性指标 RI 之比称为随机—致性比率并记为 CR，当 $CR = \frac{CI}{RI} < 0.1$ 时，认为判断矩阵具有满意的—致性；否则，就认为初步建立的判断矩阵是不能令人满意的，需要重新赋值，仔细修正，直到—致性检验通过为止。

4) 层次总排序及—致性检验

① 计算层次总排序权值

通过—致性检验后，便可将按归—化处理过的特征向量作为某—层次对上一层次某因素相对重要的排序加权值，得出层次总排序。总排序的权值的计算公式为：

$$\sum_{j=1}^n \sum_{i=1}^m a_i b_j^i = 1 \quad \text{公式 (3-6)}$$

式中， a_i 为准则层的权值， b_j^i 为方案层的权值。层次总排序仍然是归—化正规向量。

② —致性检验

为了评价层次总排序的—致性检验，需要进行与单排序类似的检验，称为

层次总排序一次性检验。 CI 为层次总排序一致性指标, RI 为层次总排序平均随即一致性指标, CR 为层次总排序平均随机一致性比率。其表达式分别为:

$$CI = \sum_{i=1}^m a_i CI_i; RI = \sum_{i=1}^m a_i RI_i; CR = \frac{CI}{RI} \quad \text{公式 (3-7)}$$

类似的, 当 $CR < 0.1$ 时, 认为层次总排序结果具有满意的一致性, 否则需要重新调整判断矩阵的元素取值。

3.2.2 主成分分析法

(1) 主成分分析法的基本原理

主成分分析是借助一个正交变换 T , 将其分量相关的原随机向量转化成分量不相关的新随机向量, 再把多个变量划分为少数几个综合指标的多元统计方法, 其工作目标就是对高维变量空间进行降维处理, 以使原来的多个变量达到最佳综合简化。也就是说, 在保证数据信息损失最小的前提下, 经线性变换和舍弃一小部分信息, 以少数的综合变量取代原始采用的多维变量。然后通过构造适当的价值函数, 进一步把低维系统转化为一维系统^[23]。

设 P 个进行综合评价的原始指标: $x_1, x_2, x_3, \dots, x_p$, 并假定这些指标在 n 个单位之间进行比较, 则共有 np 个数据, 主成分分析的初始目标是要将这些原始指标组合成新的相互独立的综合指标 $y_1, y_2 \dots y_p$, 这些综合指标表现为原始指标的线性函数:

$$\begin{cases} y_1 = l_{11}x_1 + l_{12}x_2 + \dots + l_{1p}x_p \\ y_2 = l_{21}x_1 + l_{22}x_2 + \dots + l_{2p}x_p \\ \dots \\ y_p = l_{p1}x_1 + l_{p2}x_2 + \dots + l_{pp}x_p \end{cases}$$

可简记为: $y_i = \sum I_{ij}x_j$ ($i=1,2,\dots,p$) 式中, 指标 y_i 互不相关。因为每个指标 y_i 都是原始指标的线性组合, 都是一个新指标。实际上, 主成分分析是将 p 个原始指标的总方差分解为 p 个不相关的综合指标 y_i 的方差之和 $\lambda_1 + \lambda_2 + \dots + \lambda_p$ 而且使第一个综合指标 y_1 的方差达到最大 (贡献率最大); 第二个综合指标 y_2 的方差达到第二大, 以此类推, 一般前面几个综合指标 $y_1, y_2 \dots y_r$ ($r < p$), 即可包

括总方差中的绝大部分信息^[24]。我们称它们为原始指标的第一、第二、...第 r 个主成分。即：主成分分析法可以使原始指标的大部分方差“集中”于少数几个主成分上，通过对这几个主成分的分析，实现对总体的综合评价^[25]。

(2) 主成分分析法的步骤

1) 采集 p 维随机向量 $x = (x_1, x_2, \dots, x_p)^T$ 的 n 个样品 $x_i = (x_{i1}, x_{i2}, \dots, x_{ip})^T$, $i = 1, 2, \dots, n, n > p$, 构造样本矩阵

$$X = \begin{bmatrix} x_1^T \\ x_2^T \\ \vdots \\ x_n^T \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} x_{11} & x_{12} & \cdots & x_{1p} \\ x_{21} & x_{22} & \cdots & x_{2p} \\ \cdots & \cdots & \cdots & \cdots \\ x_{n1} & x_{n2} & \cdots & x_{np} \end{bmatrix} \quad \text{公式 (3-8)}$$

2) 对样本矩阵 X 中元进行如下变换

$$y_{ij} = \begin{cases} x_{ij}, & \text{对正指标} \\ -x_{ij}, & \text{对逆指标} \end{cases} \quad \text{公式 (3-9)}$$

得 $Y = [y_{ij}]_{n \times p}$

3) 对 Y 阵中元进行如下标准变换

$$z_{ij} = \frac{y_{ij} - \bar{y}_j}{s_j} \quad (i = 1, 2, \dots, n; j = 1, 2, \dots, p) \quad \text{公式 (3-10)}$$

其中: $\bar{y}_j = \frac{\sum_{i=1}^n y_{ij}}{n}$ 为第 j 个指标数值的平均值; $s_j^2 = \frac{\sum_{i=1}^n (y_{ij} - \bar{y}_j)^2}{n-1}$ 为第 j 个

指标数值的样本标准差。得标准化矩阵

$$Z = \begin{bmatrix} z_1^T \\ z_2^T \\ \vdots \\ z_n^T \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} z_{11} & z_{12} & \cdots & z_{1p} \\ z_{21} & z_{22} & \cdots & z_{2p} \\ \cdots & \cdots & \cdots & \cdots \\ z_{n1} & z_{n2} & \cdots & z_{np} \end{bmatrix}$$

4) 计算数据表 $(z_{ij})_{n \times p}$ 的相关矩阵 R (可以用 SAS、EXCEL 软件求解相关矩阵)

$$R = [r_{ij}]_{p \times p} = \frac{Z^T Z}{n-1} \quad \text{公式 (3-11)}$$

$$\text{其中 } r_{ij} = \frac{\sum_{k=1}^n z_{kj} \cdot z_{ki}}{n-1} \quad (i, j = 1, 2, \dots, p)$$

5) 求样本相关系数阵 R 的特征方程

$$|R - \lambda I_p| = 0 \quad \text{公式 (3-12)}$$

得 p 个特征值即每个主成分的方差 $\lambda_1 \geq \lambda_2 \geq \dots \geq \lambda_p \geq 0$ ，以及对应的特征向量 U_1, U_2, \dots, U_p 。

6) 计算主分量：

主分量个数 m 可通过累计贡献率 E 来确定， $E = \frac{\sum_{j=1}^m \lambda_j}{\sum_{j=1}^p \lambda_j} \geq 85\%$ 以上。对每

个 $\lambda_j, j = 1, 2, \dots, m$ ，我们对 m 个主成分进行综合分析，得到主分量^[26]：

$$V_k = \sum_{j=1}^p U_{kj} X_j \quad (j = 1, 2, \dots, p; k = 1, 2, \dots, m) \quad \text{公式 (3-13)}$$

式中 U_{kj} 为特征向量 U_k 的第 j 个分量。

7) 求主成分权重 e_k 。（即每个主分量的贡献率）

$$e_k = \frac{\lambda_k}{\sum_{j=1}^p \lambda_j}, k = 1, 2, \dots, m; j = 1, 2, \dots, p \quad \text{公式 (3-14)}$$

8) 综合评价指数 V

$$V = \sum_{k=1}^m e_k V_k \quad \text{公式 (3-15)}$$

3.2.3 模糊综合评价法

(1) 基本原理

模糊综合评价 (FCE) 模型是一种用于设计模糊因素的对象系统的模型。由评价对象集、评价指标集和各评价对象的隶属函数，得到模糊综合评价矩阵 (隶

属度矩阵), 然后利用矩阵的模糊复合运算得到结果集。FCE 方法由于可以较好地解决综合评价中的模糊性, 因而该方法在许多领域得到了极为广泛的应用^[27]。优点是可对涉及模糊因素的对象系统进行综合评价, 而且更加适用于评价因素多、结构层次多的对象系统; 不足之处是 FCE 过程本身并不能解决评价指标间相关造成的评价信息重复问题, 隶属函数的确定还没有系统的方法, 而且其中有些函数关系还有待进一步探讨^[28]。

(2) 模糊综合评价的步骤

我们可以将模糊综合评价数学模型的思路和层次分析法确定因素集的模糊权重向量结合起来, 形成模糊层次综合评价方法^[29], 其主要步骤如下:

1) 因素集的建立

按照评价主体的不同, 将评价指标划分为多个子集 $U = \{U_1, U_2, \dots, U_n\}$, 而每一个子集又可以划分为不同的下一级子集 $U_i = \{U_{i1}, U_{i2}, \dots, U_{im}\}$ ($i = 1, 2, \dots, n$)

2) 评价集的建立

建立评级集 $V = \{V_1, V_2, V_3, V_4, V_5\} = \{\text{很差, 差, 一般, 好, 很好}\}$ 。

3) 用层次分析法建立权重集

按评价层次的不同, 建立不同层次的权重。如第一层权重向量 $A = \{a_1, a_2, \dots, a_n\}$, 第二层权重向量 $A_i = \{a_{i1}, a_{i2}, \dots, a_{im}\}$ ($i = 1, 2, \dots, n$)。

4) 确定评价矩阵

可以通过经验法、社会调查、专家咨询等调研形式或者确定隶属函数的方法(模糊分布、模糊统计法)来确定评价矩阵 $R = \{r_{ij}\}_{n \times m}$, 其中 r_{ij} 表示单因素 U_{ij} 被评为 V_i 的隶属度。

5) 综合评价

进行复合运算 $B = A \circ R$ 可得到综合评价结果, 计算评价对象的综合评价分值, 根据分值来评价对象的优劣。

第 4 章 基于多方法的城市交通指数评价模型

4.1 指数计算模型

在计算城市交通指数的时候首先要收集各评价指标的统计值，对评价指标统计值进行标准化处理形成单项指标的指数值。然而，这些单项指标的指数值并不能代表城市交通的总体情况。城市交通指数是一个总体性的指数。指数计算模型是运用一定的计算方法将这些单项指标的指数值与各单项指标的权重结合起来得出一个总的数，即城市交通的总指数。常用的合成方法的指数模型有以下三种：1、线性加权综合法（“加法”合成法）；2、非线性加权合成法（“乘法”合成法）；3、理想点法。

4.1.1 线性加权综合法

所谓线性加权综合法是指应用线性模型

$$y = \sum_{j=1}^m \omega_j x_j \quad \text{公式 (4-1)}$$

来进行综合评价的。式中 y 为系统的综合评价值， ω_j 是与评价指标 x_j 相应的权重系数（ $0 \leq \omega_j \leq 1 (j=1,2,\dots,m), \sum_{j=1}^m \omega_j = 1$ ）。

线性加权综合法具有以下特征^[30]：

(1) 线性加权综合法适用于各评价指标间互相独立的场合，此时各评价指标对综合评价水平的贡献彼此是没有什么影响的。由于“合成”运算采用“和”的方式，其现实关系应是“部分之和等于总体”，若各评价指标间不独立，“和”的结果必然是信息的重复，也就难以反映客观实际。

(2) 线性加权综合法可使各评价指标间得以线性地补偿。即某些指标值的下降，可以由另一指标值的上升来补偿，任一指标值的增加都会导致综合评价值的上升。任一指标值的减少都可以用另一些指标值的相应增量来维持综合评价水平的不变。

(3) 线性加权综合法中权重系数的作用比在其他“合成”法中更明显些，且突出了指标值或指标权重较大者的作用。

(4) 线性加权综合法容易计算、便于推广普及。

4.1.2 非线性加权综合法

所谓非线性加权综合法是指应用非线性模型

$$y = \prod_{j=1}^m x_j^{\omega_j} \quad \text{公式 (4-2)}$$

来进行综合评价的。其中 ω_j 为权重系数， $x_j \geq 1$ 。

非线性加权综合法具有以下特征^[31]：

- (1) 非线性加权综合法适用于各指标间有较强关联的场合。
- (2) 非线性加权综合法强调的是各备选方案（无量纲）指标值大小的一致性。即这种方法是突出评价指标中较小者的作用，这是由乘积运算的性质所决定的。
- (3) 在非线性加权综合法中，指标权重系数的作用不如线性加权综合法那样明显。
- (4) 非线性加权综合法对指标值的数据要求较高，即要求无量纲指标值均大于或等于 1。
- (5) 与线性加权综合法相比，非线性加权综合法在计算上要复杂些。

4.1.3 理想点法

有一类综合评价问题实质上是多元统计分析中的判别问题。例如，要从青年的身高、肺活量等体征以及 100 米跑的成绩、跳高、跳远等成绩，来综合判断这个青年的发育、健康状况是很好、好、中等、差、很差。评价的目标是十分明确，就是为了区别不同类型的青年，区分是从发育、健康方面着眼分析的。这类综合评价问题就是要有一种合理的分类标准。即设定一个理想的系统或样本点为 $(x_1^*, x_2^*, \dots, x_m^*)$ ，如果被评价对象 $(x_{11}, x_{12}, \dots, x_{1m})$ 与理想系统 $(x_1^*, x_2^*, \dots, x_m^*)$ 在某种意义上非常接近，则称系统 $(x_{11}, x_{12}, \dots, x_{1m})$ 是最优的。基于这种思想所得出的综合评价方法，称为逼近样本点或理想点的排序方法，简称为理想点法。

被评价对象 $(x_{i1}, x_{i2}, \dots, x_{im})$ 与理想系统 $(x_1^*, x_2^*, \dots, x_m^*)$ 之间的加权距离定义为

$$y_i = \sum_{j=1}^m \omega_j f(x_{ij}, x_j^*), i = 1, 2, \dots, n \quad \text{公式 (4-3)}$$

式中 ω_j 为权重系数, $f(x_{ij}, x_j^*)$ 为分量 x_{ij} 与 x_j^* 之间的某种距离。通常取欧氏(加权)距离, 即取

$$y_i = \sum_{j=1}^m \omega_j (x_{ij} - x_j^*)^2, i = 1, 2, \dots, n \quad \text{公式 (4-4)}$$

作为评价函数的。这时, 即可按 y_i 的值(显然 y_i 的值越小越好, 特别地, 当 $y_i = 0$ 时, s_i 即达到或成为理想点 s^*) 大小对各被评价对象进行排序。

4.2 与综合方法对应的城市交通指数模型

城市交通多指标综合评价就是运用一定的指数模型将多个评价指标值合成为一个整体性的综合评价值。城市交通指数模型应根据反映城市交通指标的性质以及上述三种模型不同的特点和适用范围来选取合适的指数模型。线性加权综合法是应用线性模型来进行综合评价的, 适用于各评价指标间相互独立的场合, 可使各评价指标间得以线性的补偿; 权重系数的作用要比其他合成法中更明显, 突出了指标之间指标权重较大者的作用; 对于指标数据没有特定的要求, 计算容易, 所以便于推广普及。非线性加权综合法是应用非线性模型来进行综合评价的, 适用于各评价指标间有较强关联的场合, 强调的是各备选方案指标值大小的一致性; 权重系数的作用不如线性加权综合法那样明显, 对指标变动的反应比线性加权综合法更明显; 对数据要求较高, 计算较复杂。理想点法的出发点就是找到一个点, 使之尽量接近理想点。这种计算方法简单, 但是准确性较差, 适用于一些小企业的财务指标的综合评价。因为城市交通评价体系中各评价指标间是相互独立的, 不满足非线性加权综合法的适用条件, 所以选用了线性加权法作为计算城市交通指数的指数模型。

将层次分析综合评价方法和线性加权的城市交通指数模型相结合的数学方法是本论文的重点思路。层次分析法模型是运筹学模型中的一种, 其基本原理

是根据具有递阶结构的目标、子目标、约束条件等进行评价，用两两比较的方法确定判断矩阵，将判断矩阵的最大特征根对应的特征向量的分量作为相应的系数，最后综合出各指标的权重。该方法作为一种定性与定量相结合的工具，在很多方面都得到了广泛应用。城市交通的指标体系就是具有递阶结构的多指标的复杂体系，其中包括定量指标和定性指标。所以层次分析法是分析城市交通指标体系的一个很好的方法，它可以确定出各指标的相对权重。此外，此次选取的指标主要是定量指标，而模糊综合评价方法更适用于定性指标的评价。主成分分析法中评价指标的基础数据主要来源于实际统计或调查结果，对数据的质量要求较高，对数据的依赖性太强，因此缺乏足够的样本值来进行降维处理。所以这两种综合评价方法都不实用于本论文。线性加权法计算简单，可操作性强，其公式为 $U = \sum w_i u_i$ ，其中 w_i 为城市交通指标体系中各指标的权重， u_i 则是城市交通指标体系中各指标的指数值。线性加权法将单个指标的指标值和权重结合在一起，很好地解决了从评价对象一个特定的方面到对评价对象进行全面综合考察的一个过渡^[92]，经过线性加权后的指数值就是城市交通系统评价的综合指数值，从而可以根据这个综合指数值来评价城市交通系统的优劣。

第5章 城市交通指数模型的评价指标及处理

5.1 评价指标的选取原则

为了使评价结论尽可能具有客观性、全面性和科学性，城市交通系统的评价指标选取和指标体系设置必须遵循一定的原则，至少包括以下几条^[33]。

(1) 综合性原则

由于城市交通系统是一个涵盖多因素的复杂系统，评价指标体系作为一个有机的整体应从不同方面反映系统的整体状况和性能，既能反映系统的内部结构与功能，又能正确评估系统与外部环境的关联；既能反映直接效果，也能反映间接影响，以保证评价的全面性和可靠性，充分体现出系统产生的效应，否则将使评价失败，给决策带来失误。

(2) 科学性原则

评价指标的选择必须有科学的理论依据，要能客观、合理地反映系统对相关的道路交通条件所产生的影响，应尽可能选取可量化的指标。各指标内涵应准确、外延应清晰，单个指标在理论上应比较完备。

(3) 可比性原则

评价指标的选取要注意其可比性，也就是须考虑时间与空间的变化及影响，合理地选用相对指标与绝对指标，不仅适合于一个城市不同时期的纵向比较，也适合于不同城市之间的横向比较。拟定的评价指标体系，应能客观地评价同一城市交通在不同时期的情况，也能评价同一时期不同城市的交通状况。可比性原则必然要求选择的指标是可测量的，因此评价指标应尽量建立在定量分析的基础上。

(4) 实用性原则

作为一种综合评价指标体系，应该具有良好的实用性，条理清楚，层次分明，结构简洁明确，使之具有实际应用与推广价值。相应地，该指标体系所选取的指标要具有可操作性，指标应含义明确且易于被理解，指标量化所需资料收集方便，能够用现有方法和模型求解。

(5) 协调性原则

评价可选的指标可能非常之多，指标与指标之间应是相互补充的，协调的，

应充分考虑指标之间的相关关系，避免重复和冲突，实现指标体系的最优化。在该原则下要注意以下几点：1) 整体性与层次性相统一。指标体系不只是多指标的简单叠加和堆砌，而是一个有机的整体。应具有良好的层次结构特性。同时，还要注意各个指标之间相互协调。2) 综合性与实用性相统一。3) 可比性与科学性统一，统计数据是统计测度研究的基础。

评价指标的确定要遵循上述原则，筛选指标的方法主要有：定性分析法、排序法、相关性分析法等^[34]。定性分析法就是按指标选取的各项原则，对所列指标进行全面的定性分析，剔除在科学性、实用性、可比性、协调性等方面相对较弱的指标。排序法是将所有指标按重要度、实用度、可量化程度等进行排序，排序在前的作为可选指标。相关性分析需将指标进行分类，对同类型的指标进行相关性分析，对相关程度较高的指标进行合并，最后得出相对合理、全面的评价指标体系。

5.2 评价指标的指标体系

依照评价指标的选取原则，从畅通工程的所有指标中选取了 52 个指标作为评价城市交通总体状态的指标^[36]。根据各个指标的不同性质，将这 52 个指标划分为十大类^[36]。下面的表格反映的就是城市交通的评价指标体系结构。

表 5-1 城市交通系统的综合评价的指标体系

目标层	准则层		指标层	
城市交通综合状态评价 G	A	体制政策与规划	A1	交通综合协调机构
			A2	交通规划
			A3	交通管理规划
			A4	交通安全规划
	B	土地利用与公共交通	B1	交通影响评价
			B2	公共交通分担率
			B3	万人拥有公共交通工具
			B4	公共交通工具安全运行间隔里程
			B5	公共交通工具占道停车率
			B6	公共交通工具更新率
			B7	公共交通工具平均运营速度
			B8	公共交通可达时间
			B9	公共交通工具准点率
			B10	出租车空驶率
	C	道路基础设施	C1	城市道路交通基础设施投资
			C2	道路网密度
			C3	主次干道密度
			C4	人均道路面积
			C5	车均机动车道面积
			C6	道路面积率
			C7	主干道亮灯率
			C8	支路利用率
			C9	百辆汽车停车位数
	D	交通管理设施	D1	标线施划率
			D2	标志设置
			D3	行人过街设施设置率
			D4	路口渠化率
			D5	路口灯控率
	E	交通管理措施	E1	规范化停车率
			E2	社会停车场利用率
			E3	广告设置合理性
			E4	交通诱导
			E5	停车诱导
	F	交通安全宣传教育及队伍建设	F1	交通法规和交通安全常识普及率
			F2	群众对交通管理工作满意率
			F3	群众对城建监察管理满意率
	G	交通管理的现代化程度	G1	交通指挥中心
			G2	道路交通管理信息系统
	H	交通秩序情况	H1	主干道机动车遵章率
			H2	主干道非机动车遵章率
			H3	主干道行人遵章率
			H4	主干道违章停车率
			H5	非交通占用道路率
			H6	让行标志标线遵章率
	I	交通通行情况	I1	平均行车延误
			I2	主干道平均车速
J	交通安全情况	J1	万车事故率	
		J2	万车死亡率	
		J3	交通事故多发点、段整治率	
		J4	交通事故逃逸案件侦破率	
		J5	交通事故死伤比	
		J6	交通事故死亡人数下降比率	

5.3 指数模型与评价指标的结合

在进行城市交通系统综合评价时，使用的指数模型是线性加权的模型 $U = \sum w_i u_i$ 。其中的 u_i 为城市交通指标体系中各个指标的指数值。通过政府公布的数据，可以计算出各指标值，但是指标值的本身并不能对城市交通系统的总体状况做出客观的评价，特别是在一个包含多项指标的体系中，由于各指标所处的地位和评价内容不同，又各有各的量纲单位，因而无法与权重直接相乘后加总。指标可以分为正指标和负指标，即正指标值越大，越有利于系统的发展；负指标值越小越有利于系统的发展^[37]。指标也可以分为定性指标和定量指标，定性指标必须量化才能和其它定量指标一起评价整个城市交通系统。因此，为了得到一个准确的综合评价结果，我们需要将各项指标值进行无量纲化处理和标准化处理，以确定每一项指标的标准分值即指数值。

对指标进行标准化处理的方法很多，主要有最优值相除法、线性变化法、评语量化法、价值分析法（广义函数法）^[38]。本文采用价值分析法。价值分析法是在构造的广义函数中，将调查获得的单项评价指标的实际数值换算成相应指数，经过加权求和得到总的评价得分值。将价值分析法和层次分析法有机结合的评价方法，它有效的解决了各评价因素因隶属不同层次，其重要性不能两两比较而导致评价不准确的问题。价值分析法将层次分析法所得的各因素的重要性权数和每一评价因素所得的指数值相乘，再对它们求和得到一个总的评价指数。这样得出的结果客观、明了，计算方法简单，便于评价对象之间进行比较。

第 6 章 城市交通指数的编制

6.1 城市交通指数的编制方法

针对城市交通指标体系的特点，我们采用层次分析法与加权平均法结合的综合评价法来编制交通指数。层次分析法可以较为简便地描述系统的层次关系，是分解复杂系统的简便方法。加权平均法计算简单，可操作性强，结合层次分析法可以最大程度地发挥专家在评价工作中的作用。编制方法如图 6-1：

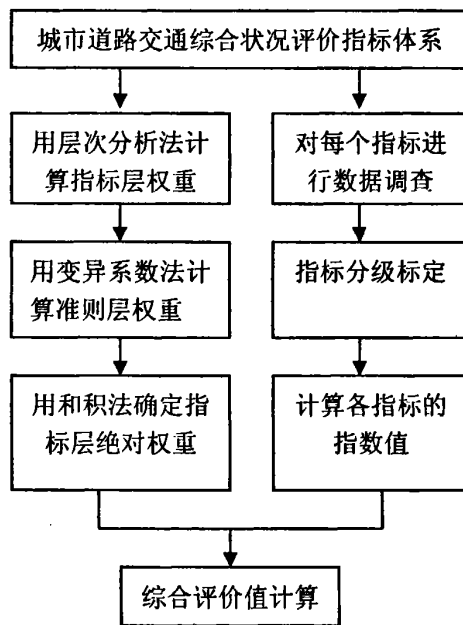


图 6-1 城市交通指数编制方法流程图

编制城市交通指数首先要建立一个可以评价城市道路交通综合状况的指标体系。根据这个指标体系，本论文主要做两件事情来完成交通指数的编制，第一是计算出指标体系中各指标的绝对权重；第二是计算出指标体系中各指标的指数值。上图所示，城市道路交通综合状况评价指标体系下面分了左右两个流程图，左边的流程图反映了计算各指标的权重的流程，首先对指标体系最外层的 52 个指标使用层次分析法求出各指标的相对权重；其次再对指标体系准则层

的 10 个指标使用变异系数法求出各指标的相对权重；最后使用矩阵乘法计算 52 个指标的绝对权重。右边的流程图反映了计算各指标的指数值的流程，首先对每个指标进行数据调查；然后根据畅通工程体系中已有的标准对各指标的等级标准进行标定；最后使用广义函数法将各指标的指标值换算为指数值。在做完这两件事情之后，编制城市交通指数的最后一步就是使用线性加权法将各指标的权重和指数值加权求和，得到的一个总的数值，即城市道路的综合评价价值。

6.2 城市交通指数的编制步骤

6.2.1 确定评价对象和评价指标

以畅通工程评价指标为依据，经过筛选最后确定的指标有 52 个，它们都是关于交通通行、交通秩序、交通安全、交通管理、交通基础设施等这些方面的^[39]。其中交通综合协调机构、交通规划、交通管理规划、广告设置合理性、交通诱导、停车诱导、交通指挥中心、道路交通管理信息系统这 9 个指标为定性指标，其余的全为定量指标；其中公交车占道率、公共交通可达时间、行人过街设施设置率、主干道违章停车率、非交通占用道路率、平均行车延误、万车事故率、万车死亡率、交通事故死伤比、交通事故死亡人数下降比率为逆向指标，出租车空驶率为中性指标、其余的全部为正向指标。

6.2.2 城市交通系统综合评价的指标体系

综合评价指标体系通常具有多层次结构，根据系统工程学基本原理：一个综合评价体系不仅包含若干个子系统，而且被划分为若干层次，整个系统的品质是由系统的综合效应来决定的，而每个子系统的品质是由相应的指标确定的，这样比一个评价体系只由若干指标集构成更为科学^[40]。基于上述原则，城市交通系统的指标体系可分解为有序的递阶层次结构，即目标层为城市交通系统综合评价指标体系，准则层包括体制政策与规划、土地利用与公共交通、道路基础设施、交通管理设施、交通管理措施、交通安全宣传教育及队伍建设、交通管理的现代化程度、交通秩序情况、交通通行情况、交通安全情况十个评价子系统，指标层共选取了 52 个指标。

6.2.3 确定指标权重

在评价指标体系中, 指标与指标之间不是等价的, 其对城市交通系统综合评价的影响程度也是有差异的。为此, 就必须对各指标在综合指标体系中所处的地位做出科学合理的判断, 也就是确定各指标在城市交通系统综合评价中的权重。指标对城市交通系统的作用越大, 关系越直接, 其权重就越大; 反之, 就越小^[41]。

本文在确定指标层对准则层的权重时采用层次分析法。由专家填写准则层和各准则内部的判断矩阵表格。对每个判断矩阵, 利用和积法计算相对权重并计算一致性指标。一致性指标不符合要求的, 重新构造或者淘汰该判断矩阵。最后利用矩阵乘法, 由相对权重求各指标的绝对权重^[42]。同时, 在确定准则层对目标层的权重的时候, 使用客观赋权法—变异系数法^[43]来弥补层次分析法的不足, 使用主客观相结合的赋权方法, 使计算出来的权值更符合实际情况。

6.2.4 收集和计算城市交通系统评价的各指标的数据

在前面设置的指标体系中, 数据的来源是《2006 武汉交通年度发展报告》, 《2006 武汉统计年鉴》。

6.2.5 城市交通系统评价的指标的无量纲化

指标值本身并不能做出评判, 特别是在一个包含多项评价指标的体系中, 各指标的量纲、数值范围各不相同, 为了得到一个恰当的综合评价结果, 需要将各项指标值化为一个取值范围相同的指数。即把不同量纲的指标变为无量纲数字^[44]。本评价系统选择的指数取值范围为 $[0, 100]$ 。

为了评价的需要, 对每个指标都进行分级操作, 共分为 5 级, 最优的为一级, 次优的为二级, 以此类推。每级对应一定的指标值范围, 图中的指标分级值构成了各级的范围上下界; 同时也对应一定的指数范围^[46], 图 6-2 中的指数分级值构成了各级的范围上下界。

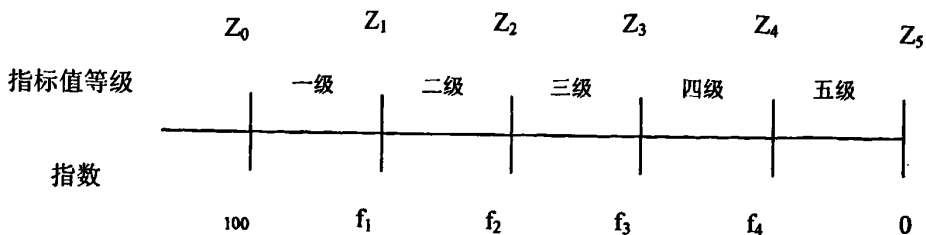


图 6-2 指数分级表

用这种分级的方法，建立起指标值和指数之间的函数关系，这个函数关系是通过广义函数来实现的。广义函数法是在已知各单项指标权重和各项指标值的情况下，通过构造广义价值（或效用）函数 U ，计算 U 中各单项评价指标的指数（价值），把指标值转化为得分，该函数为一连续分段函数^[46]，如下式所示：

$$f = \begin{cases} f_1 + \frac{(100 - f_1)(z - z_1)}{z_0 - z_1} & (z_1 \leq z \leq z_0 \text{ 或 } z_0 \leq z \leq z_1) \\ f_2 + \frac{(f_1 - f_2)(z - z_2)}{z_1 - z_2} & (z_2 \leq z \leq z_1 \text{ 或 } z_1 \leq z \leq z_2) \\ f_3 + \frac{(f_2 - f_3)(z - z_3)}{z_2 - z_3} & (z_3 \leq z \leq z_2 \text{ 或 } z_2 \leq z \leq z_3) \\ f_4 + \frac{(f_3 - f_4)(z - z_4)}{z_3 - z_4} & (z_4 \leq z \leq z_3 \text{ 或 } z_3 \leq z \leq z_4) \\ \frac{f_4 \times (z - z_5)}{z_4 - z_5} & (z_5 \leq z \leq z_4 \text{ 或 } z_4 \leq z \leq z_5) \end{cases}$$

指标分级应以大量的统计资料为依据进行，根据上面的函数将指标无量纲化。随着时间的推移，各城市的交通条件都会发生变化，指标的分级值也要相应调整。我们在这里使用的是畅通工程中各个指标已经定好的指标分级标准，在前面的指标解析当中有详细的解释。在这里， $z_i (i = 0, 1, 2, 3, 4, 5)$ 为各个指标等级的界限的数值，若指标值的实际观测值在 $z_0 \sim z_1$ 之间，这个指标值就处于一级；若指标值的实际观测值在 $z_1 \sim z_2$ 之间，这个指标值就处于二级；以此类推。 $f_i (i = 1, 2, 3, 4)$ 则是指标实际观测值所对应的指数值等级的界限的数值。除了主干道亮灯率以外，其它的指标的 f_i 分别为 $f_1 = 90, f_2 = 80, f_3 = 70, f_4 = 60$ ，主

干道亮灯率的为 $f_1 = 100, f_2 = 99, f_3 = 98, f_4 = 97$ 。而 $z_0 \sim z_5$ 的值是根据各个指标的具体情况而定。在使用这个分段函数的时候, 先看这个指标的实际观测值在哪个指标值的等级范围内, 然后根据这个范围选择相应的换算公式, 就可以将指标实际的观测值换算成对应的指数值了。

6.2.6 使用线性加权的指数模型计算总指数

通过调查获得对象城市的各项指标值以后, 依据各项指标的分级标定, 将指标值换算成相应指数, 利用加权求和的方法计算得到总分^[47], 即最后的城市交通指数。

$$U = \sum w_i u_i \quad \text{公式 (6-1)}$$

式中: w_i ——各单项评价指标的权重值;

u_i ——各单项评价指标的指数。

第 7 章 以武汉为实例进行交通系统的综合评价

7.1 武汉城市交通综合评价的指标体系

参考“畅通工程”的评价指标体系,选出 52 个指标评价武汉城市交通状况,其中定量指标为 43 个,定性指标为 9 个。武汉城市交通系统综合评价的指标体系为第六章中已经设定好的指标体系。

7.2 确定武汉城市交通系统评价的各指标权重

7.2.1 指标层指标权重的确定

使用主观赋权法—层次分析法确定指标层指标权重,即构建指标层相对准则层的判断矩阵。首先由有关专家根据武汉市交通的具体情况并结合自己的经验构造判断矩阵。在构造判断矩阵时,专家们针对准则层的某个元素,对其下一层的 n 个元素进行 $\frac{n(n-1)}{2}$ 次的两两对比,并按其重要性程度评定等级。记 a_{ij} 为 i 元素比 j 元素的重要性等级,则按两两比较的结果构成的矩阵 $A = [a_{ij}]$ 就是判断矩阵。在两两重要性比较当中采用的是九级标度法,即评价指标 i 和 j 相比,若两个指标同等重要, $a_{ij} = 1$; 若 i 指标比 j 指标稍微重要, $a_{ij} = 3$; 若 i 指标比 j 指标明显重要, $a_{ij} = 5$; 若 i 指标比 j 指标更重要, $a_{ij} = 7$; 若 i 指标比 j 指标绝对重要, $a_{ij} = 9$; 此外, 2, 4, 6, 8 是处于两相邻判断的中值。专家们采用 1~9 的比率进行两两元素间的相对比较,构造的指标层相对准则层的判断矩阵见附录 1。然后利用 EXCEL 软件^[48]计算各指标的相对权重,得出的结果为

表 7-1 A 层各指标的权重

A 层各指标名称		权重	一致性检验
A1	交通综合协调机构	0.07365	$\lambda_{\max} = 4.0513655$ $C_{r1} = 0.0171218$ $R_{r1} = 0.9$ $C_{R1} = 0.0190242 < 0.1$
A2	交通规划	0.47086	
A3	交通管理规划	0.17148	
A4	交通安全规划	0.28401	

表 7-2 B 层各指标的权重

B 层各指标名称		权重	一致性检验
B1	交通影响评价	0.03289	$\lambda_{\max} = 10.3292$ $C_{r2} = 0.036578$ $R_{r2} = 1.49$ $C_{R2} = 0.024549 < 0.1$
B2	公共交通分担率	0.17304	
B3	万人拥有公共交通工具	0.20431	
B4	公共交通工具安全运行间隔里程	0.08470	
B5	公共交通工具占道停车率	0.07089	
B6	公共交通工具更新率	0.05147	
B7	公共交通工具平均运营速度	0.15672	
B8	公共交通可达时间	0.11760	
B9	公共交通工具准点率	0.09103	
B10	出租车空驶率	0.01734	

表 7-3 C 层各指标的权重

C 层各指标名称		权重	一致性检验
C1	城市道路交通基础设施投资	0.20549	$\lambda_{\max} = 9.313578$ $C_{r3} = 0.039197$ $R_{r3} = 1.46$ $C_{R3} = 0.026847 < 0.1$
C2	道路网密度	0.15692	
C3	主次干道密度	0.11532	
C4	人均道路面积	0.06680	
C5	车均机动车道面积	0.08718	
C6	道路面积率	0.16887	
C7	主干道亮灯率	0.04905	
C8	支路利用率	0.01832	
C9	百辆汽车停车位	0.03204	

表 7-4 D 层各指标的权重

D 层各指标名称		权重	一致性检验
D1	标线施划率	0.05792	$\lambda_{\max} = 5.013257$ $C_{J4} = 0.003314$ $R_{J4} = 1.12$ $C_{R4} = 0.002959 < 0.1$
D2	标志设置	0.38960	
D3	行人过街设施设置率	0.11583	
D4	路口渠化率	0.21833	
D5	路口灯控率	0.21833	

表 7-5 E 层各指标的权重

E 层各指标名称		权重	一致性检验
E1	规范化停车率	0.09584	$\lambda_{\max} = 5.042114$ $C_{J5} = 0.010529$ $R_{J5} = 1.12$ $C_{R5} = 0.009401 < 0.1$
E2	社会停车场利用率	0.17230	
E3	广告设置合理性	0.05392	
E4	交通诱导	0.40530	
E5	停车诱导	0.27265	

表 7-6 F 层各指标的权重

F 层各指标名称		权重	一致性检验
F1	交通法规和交通安全常识普及率	0.6	$\lambda_{\max} = 3$ $C_{J6} = 0$ $R_{J6} = 0.58$ $C_{R6} = 0 < 0.1$
F2	群众对交通管理工作满意率	0.3	
F3	群众对城建监察管理满意率	0.1	

表 7-7 G 层各指标的权重

G 层各指标名称		权重	一致性检验
G1	交通指挥中心	0.75	$\lambda_{\max} = 2$ $n < 3$ 不需一致性检验
G2	道路交通管理信息系统	0.25	

表 7-8 H 层各指标的权重

H 层各指标名称		权重	一致性检验
H1	主干道机动车遵章率	0.34215	$\lambda_{\max} = 6.104755$ $C_{I_8} = 0.020951$ $R_{I_8} = 1.24$ $C_{R_8} = 0.016896 < 0.1$
H2	主干道非机动车遵章率	0.25383	
H3	主干道行人遵章率	0.18308	
H4	主干道违章停车率	0.10948	
H5	非交通占用道路率	0.07202	
H6	让行标志标线遵章率	0.03944	

表 7-9 I 层各指标的权重

I 层各指标名称		权重	一致性检验
I1	平均行车延误	0.25	$\lambda_{\max} = 2$ $n < 3$ 不需要一致性检验
I2	主干道平均车速	0.75	

表 7-10 J 层各指标的权重

J 层各指标名称		权重	一致性检验
J1	万车事故率	0.31607	$\lambda_{\max} = 6.11543$ $C_{I_{10}} = 0.023086$ $R_{I_{10}} = 1.24$ $C_{R_{10}} = 0.018618 < 0.1$
J2	万车死亡率	0.24359	
J3	交通事故多发点、段整治率	0.08511	
J4	交通事故逃逸案件侦破率	0.04555	
J5	交通事故死伤比	0.17611	
J6	交通事故死亡人数下降比率	0.13357	

对层次单排序进行一致性检验。为了保证得到合理的权重，通常要对每一个判断矩阵进行一致性检验，以观察是否具有满意的一致性。我们可以看到上面每一个判断矩阵 $C_R < 0.1$ ，因此认为一致性可以接受。

7.2.2 准则层指标权重的确定

准则层指标的权重即准则层对于目标层的权重。城市交通指数的准则层是由十个指标构成的，在模拟专家打分的基础上，应用客观赋权法——变异系数法确定各指标的权重。

在多指标评价中,对于只能定性描述的模糊指标,必须赋值,使其量化^[49]。一般来说,对于指标最优值可赋值为 10,对于指标最劣值可赋值 0。

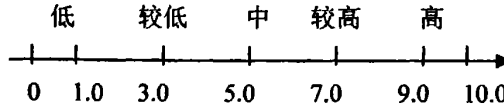


图 7-1 模糊指标量化图

按照模糊指标量化图,请 8 位专家进行打分评价,量化结果如下表 7-11:

表 7-11 城市交通综合状态指标专家打分表

专家 \ 指标	体制政策与规划	土地利用与公共交通	道路基础设施	交通管理设施	交通管理措施	交通安全宣传教育及队伍建设	交通管理的现代化程度	交通秩序情况	交通通行情况	交通安全情况
1	8	6	5	5	4	6	5	3	7	8
2	6	8	7	8	5	7	6	4	4	4
3	7	9	6	7	5	4	7	4	5	7
4	7	5	8	6	6	4	3	7	3	9
5	5	8	5	6	4	5	7	5	5	6
6	4	7	4	8	7	5	6	8	4	5
7	6	7	5	9	3	8	6	5	6	7
8	7	4	6	5	5	6	4	6	3	6

使用变异系数法来确定权重。变异系数是统计中常用的衡量数据差异的统计性指标,该方法根据各个指标在所有被评价对象上观测值的变异程度大小来对其赋权。为避免指标的量纲和数量级不同所带来的影响,该方法直接用变异系数归一化处理后的数值作为各指标的权数。变异系数法的基本原理在于变异程度越大的指标对综合评价的影响就越大,权重大小体现了指标分辨能力的大小。

如有 m 项评价指标,有 n 个评价对象, X 为原始数据矩阵,其中 x_{ij} 为第 i

个对象的第 j 个指标数值^[60]。

$$X = \begin{bmatrix} x_{11} & x_{12} & \cdots & x_{1m} \\ x_{21} & x_{22} & \cdots & x_{2m} \\ \cdots & \cdots & \cdots & \cdots \\ x_{n1} & x_{n2} & \cdots & x_{nm} \end{bmatrix}$$

第一步：计算各指标的标准差，反映各指标的绝对变异程度。

$$S_j = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_{ij} - \bar{x}_j)^2}{n}} \quad \text{公式 (7-1)}$$

式中 S_j 表示第 j 个指标的标准差。

第二步：计算各指标的变异系数，反映各指标的相对变异程度。

$$V_j = \frac{S_j}{\bar{x}_j} \quad \text{公式 (7-2)}$$

第三步：对各指标的变异系数进行归一化处理，得到各指标的权数。

$$W_j = V_j / \sum_{j=1}^m V_j \quad \text{公式 (7-3)}$$

根据公式，我们使用 EXCEL 计算准则层各指标权重，结果如下：

表 7-12 准则层各指标的权重

准则层指标		权重
A	体制政策与规划	0.043585
B	土地利用与公共交通	0.101814
C	道路基础设施	0.091786
D	交通管理设施	0.090773
E	交通管理措施	0.105277
F	交通安全宣传教育及队伍建设	0.10306
G	交通管理的现代化程度	0.105876
H	交通秩序情况	0.130904
I	交通通行情况	0.125343
J	交通安全情况	0.101582

7.2.3 指标层总排序的权重

指标层总排序的权重即指标层对于目标层的权重，是一个绝对权重。计算方法为各指标层的相对权重乘以它所归属的准则层的那一个指标类的相对权重，得出各个指标的绝对权重。经计算，我们可以得到：

表 7-13 指标层各指标的绝对权重

目标层	指标层		权重
城市交通综合状态评价 G	A1	交通综合协调机构	0.00321
	A2	交通规划	0.020522
	A3	交通管理规划	0.007474
	A4	交通安全规划	0.012379
	B1	交通影响评价	0.003349
	B2	公共交通分担率	0.017618
	B3	万人拥有公共交通工具	0.020802
	B4	公共交通工具安全运行间隔里程	0.008624
	B5	公共交通工具占道停车率	0.007218
	B6	公共交通工具更新率	0.00524
	B7	公共交通工具平均运营速度	0.015956
	B8	公共交通可达时间	0.011973
	B9	公共交通工具准点率	0.009268
	B10	出租车空驶率	0.001765
	C1	城市道路交通基础设施投资	0.018861
	C2	道路网密度	0.014403
	C3	主次干道密度	0.010585
	C4	人均道路面积	0.006131
	C5	车均机动车道面积	0.008002
	C6	道路面积率	0.0155
	C7	主干道亮灯率	0.004502
	C8	支路利用率	0.001682
	C9	百辆汽车停车位	0.002941
	D1	标线施划率	0.005258
	D2	标志设置	0.035365
	D3	行人过街设施设置率	0.010514
	D4	路口渠化率	0.019818
	D5	路口灯控率	0.019818
	E1	规范化停车率	0.01009
	E2	社会停车场利用率	0.018139
	E3	广告设置合理性	0.005677
	E4	交通诱导	0.042669
E5	停车诱导	0.028704	
F1	交通法规和交通安全常识普及率	0.061836	
F2	群众对交通管理工作满意率	0.030918	
F3	群众对城建监察管理满意率	0.010306	
G1	交通指挥中心	0.079407	
G2	道路交通管理信息系统	0.026469	
H1	主干道机动车遵章率	0.044789	
H2	主干道非机动车遵章率	0.033227	

H3	主干道行人违章率	0.023966
H4	主干道违章停车率	0.014331
H5	非交通占用道路率	0.009428
H6	让行标志标线违章率	0.005163
I1	平均行车延误	0.031336
I2	主干道平均车速	0.094007
J1	万车事故率	0.032107
J2	万车死亡率	0.024744
J3	交通事故多发点、段整治率	0.008646
J4	交通事故逃逸案件侦破率	0.004627
J5	交通事故死伤比	0.01789
J6	交通事故死亡人数下降比率	0.013568

7.3 武汉城市交通评价指标

本文从《2006 武汉交通年度发展报告》以及《2006 武汉统计年鉴》查得指标体系中定量指标的实际数值；指标体系中的定性指标，通过设计的定性指标的调查问卷，采用专家评价的方法，结合畅通工程评价体系中已经定好的分级标准和指数标准，确定定性指标的赋值。

表 7-14 A 层各指标的指标值

A 层各指标名称		指标值
A1	交通综合协调机构	定性
A2	交通规划	定性
A3	交通管理规划	定性
A4	交通安全规划	定性

表 7-15 B 层各指标的指标值

B 层各指标名称		指标值
B1	交通影响评价	80%
B2	公共交通分担率	23.4%
B3	万人拥有公共交通工具	11.7 标台/万人
B4	公共交通工具安全运行间隔里程	125 万公里/次
B5	公共交通工具占道停车率	5%
B6	公共交通工具更新率	85%
B7	公共交通工具平均运营速度	20 公里/小时
B8	公共交通可达时间	40 分钟
B9	公共交通工具准点率	80%
B10	出租车空驶率	30%

表 7-16 C 层各指标的指标值

C 层各指标名称		指标值
C1	城市道路交通基础设施投资	2.91%
C2	道路网密度	1.14 公里/平方公里
C3	主次干道密度	4 公里/平方公里
C4	人均道路面积	8.8 平方米/人
C5	车均机动车道面积	55.51 平方米/辆
C6	道路面积率	1.4%
C7	主干道亮灯率	100%
C8	支路利用率	95%
C9	百辆汽车停车位数	35 个/百辆

表 7-17 D 层各指标的指标值

D 层各指标名称		指标值
D1	标线施划率	80%
D2	标志设置	12 块/公里
D3	行人过街设施设置率	300 米
D4	路口渠化率	80%
D5	路口灯控率	80%

表 7-18 E 层各指标的指标值

E 层各指标名称		指标值
E1	规范化停车率	90%
E2	社会停车场利用率	95%
E3	广告设置合理性	定性
E4	交通诱导	定性
E5	停车诱导	定性

表 7-19 F 层各指标的指标值

F 层各指标名称		指标值
F1	交通法规和交通安全常识普及率	75%
F2	群众对交通管理工作满意率	80%
F3	群众对城建监察管理满意率	92%

表 7-20 G 层各指标的指标值

G 层各指标名称		指标值
G1	交通指挥中心	定性
G2	道路交通管理信息系统	定性

表 7-21 H 层各指标的指标值

H 层各指标名称		指标值
H1	主干道机动车遵章率	95%
H2	主干道非机动车遵章率	90%
H3	主干道行人遵章率	85%
H4	主干道违章停车率	2 辆/5 公里
H5	非交通占用道路率	1%
H6	让行标志标线遵章率	85%

表 7-22 I 层各指标的指标值

I 层各指标名称		指标值
I1	平均行车延误	40 秒/公里
I2	主干道平均车速	26.3 公里/小时

表 7-23 J 层各指标的指标值

J 层各指标名称		指标值
J1	万车事故率	39.8 次/万车
J2	万车死亡率	6.8 人/万车
J3	交通事故多发点、段整治率	90%
J4	交通事故逃逸案件侦破率	85.4%
J5	交通事故死亡伤比	22.68%
J6	交通事故死亡人数下降比率	5.1%

7.4 定量指标的无量纲化

7.4.1 A 类城市各指标的评价标准

根据经济发展及人口增长状况,实施城市分为特大型城市及 A、B、C、D 五类。特大型城市包括北京、上海 2 个城市; A 类城市为市区国内生产总值 320 亿元以上,或市区总人口 200 万以上的城市; B 类城市为市区国内生产总值 160 亿元以上,或市区总人口 50 万以上且市区国内生产总值 110 亿元以上的城市; C 类城市为市区国内生产总值 55 亿元以上,或市区总人口 100 万以上但市区国内生产总值不足 110 亿元的城市; D 类城市为其他城市^[62]。根据这个分级标准,武汉市应属于 A 类城市,所以武汉市城市交通各项指标的评价标准见 7-24 表。

表 7-24 A 类城市各项指标的评价标准

评语 等级 指标	好	较好	一般	较差	差
评分指数	[90, 100]	[80, 90)	[70, 80)	[60, 70)	[0, 60)
交通影响评价	[90, 100]	[80, 90)	[70, 80)	[60, 70)	[0, 60)
公共交通分担率	[24, 40]	[20, 24)	[16, 20)	[12, 16)	[0, 12)
万人拥有公共交通工具	[15, 20]	[12, 15)	[9, 12)	[7, 9)	[0, 7)
公交车安全运行间隔里程	≥125	[100, 125)	[75, 100)	[50, 75)	[0, 50)
公交车占道停车率	[5, 0]	[10, 5)	[15, 10)	[20, 15)	>20
公交车更新率	[85, 100]	[75, 85)	[65, 75)	[55, 65)	[0, 55)
公交车平均运营速度	≥20	[16, 20)	[12, 16)	[10, 12)	<10
公交车准点率	[90, 100]	[80, 90)	[70, 80)	[60, 70)	[0, 60)
公共交通可达时间	≤40	[50, 40)	[60, 50)	[70, 60)	>70
出租车空驶率	[25, 30] 或[20, 25]	(30, 35] 或[15, 20)	(35, 40] 或[10, 15)	(40, 45] 或[5, 10)	>45 或<5
城市道路交通基础设施投资	[3.0, 4.0]	[2.5, 3.0)	[2.0, 2.5)	[1.5, 2.0)	[0, 1.5)
道路网密度	[7.0, 9.0]	[6.0, 7.0)	[5.0, 6.0)	[4.0, 5.0)	[1.0, 4.0)
主次干道密度	[4.0, 6.0]	[3.5, 4.0)	[3.0, 3.5)	[2.5, 3.0)	[1.0, 2.5)
人均道路面积	[11, 16]	[8, 11)	[6, 8)	[4, 6)	[0, 4)
车均机动车道面积	[45, 55]	[40, 45)	[35, 40)	[30, 35)	[0, 30)
道路面积率	[13, 18]	[11, 13)	[9, 11)	[7, 9)	[0, 7)
支路利用率	[95, 100]	[90, 95)	[85, 90)	[80, 85)	[0, 80)
百辆汽车停车位	[35, 45]	[30, 35)	[25, 30)	[20, 25)	[0, 20)
标线施划率	[90, 100]	[85, 90)	[80, 85)	[75, 80)	[0, 75)
标志设置	[10, 20]	[8, 10)	[6, 8)	[4, 6)	[0, 4)
行人过街设施设置率	[300, 200]	[350, 300)	[400, 350)	[450, 400)	[1050, 450)
路口渠化率	[90, 100]	[85, 90)	[80, 85)	[75, 80)	[0, 75)
路口灯控率	[80, 100]	[70, 80)	[60, 70)	[50, 60)	[0, 50)
规范化停车率	[85, 100]	[80, 85)	[75, 80)	[70, 75)	[0, 70)
社会停车场利用率	[95, 100]	[85, 95)	[75, 85)	[65, 75)	[0, 65)
交通法规和交通安全常识	[90, 100]	[80, 90)	[80, 70)	[70, 60)	[0, 60)

普及率					
群众对交通管理工作满意率	[92, 100]	[87, 92)	[82, 87)	[77, 82)	[0, 77)
群众对城建监察管理满意率	[92, 100]	[87, 92)	[82, 87)	[77, 82)	[0, 77)
主干道机动车遵章率	[98, 100]	[96, 98)	[94, 96)	[92, 94)	[0, 92)
主干道非机动车遵章率	[90, 100]	[85, 90)	[80, 85)	[75, 80)	[0, 75)
主干道行人遵章率	[85, 100]	[80, 85)	[75, 80)	[70, 75)	[0, 70)
主干道违章停车率	[2, 0]	[4, 2)	[6, 4)	[8, 6)	>8
非交通占用道路率	[1, 0]	[2, 1)	[3, 2)	[4, 3)	[10, 4)
让行标志标线遵章率	[90, 100]	[85, 90)	[80, 85)	[75, 80)	[0, 75)
平均行车延误	[40, 20]	[50, 40)	[60, 50)	[70, 60)	[130,70)
主干道平均车速	[28, 33]	[25, 28)	[22, 25)	[19, 22)	[0, 19)
万车事故率	[80, 30]	[120, 80)	[160, 120)	[200, 160)	[320, 200)
万车死亡率	[8, 3]	[12, 8)	[16, 12)	[20, 16)	[32, 20)
交通事故多发点、段整治率	[90, 100]	[80, 90)	[70, 80)	[60, 70)	[0, 60)
交通事故逃逸案件侦破率	[70, 100]	[60, 70)	[50, 60)	[40, 50]	[0, 40)
交通事故死伤比	[9, 13]	[13, 17)	[17, 21)	[21, 25)	[25, 40]
交通事故死亡人数下降比率	<-7.6	[-7.6 -1.8)	[-1.8, 4.0)	[4.0, 9.8)	>9.8
指数	100	[80, 100)	[70, 80)	[60, 70)	[0, 60)
主干道亮灯率	100	[99, 100)	[98, 99)	[97, 98)	[0, 97)

7.4.2 数据的处理

下面的表是由指标体系中所有定量指标的评级标准、指标量值和对应的指数值组成的。其中，定量指标的评级标准是畅通工程体系中已经制定好的，武汉属于 A 类城市，所以我们选用了 A 类城市的评级标准；指标量值即各个定量指标经过调研取得的真实数据；指数值是使用广义函数法，将定量指标的指标值换算成无量纲化的指数值，即数据的处理方法。

$$f = \begin{cases} f_1 + \frac{(100 - f_1)(z - z_1)}{z_0 - z_1} & (z_1 \leq z \leq z_0 \text{ 或 } z_0 \leq z \leq z_1) \\ f_2 + \frac{(f_1 - f_2)(z - z_2)}{z_1 - z_2} & (z_2 \leq z \leq z_1 \text{ 或 } z_1 \leq z \leq z_2) \\ f_3 + \frac{(f_2 - f_3)(z - z_3)}{z_2 - z_3} & (z_3 \leq z \leq z_2 \text{ 或 } z_2 \leq z \leq z_3) \\ f_4 + \frac{(f_3 - f_4)(z - z_4)}{z_3 - z_4} & (z_4 \leq z \leq z_3 \text{ 或 } z_3 \leq z \leq z_4) \\ \frac{f_4 \times (z - z_5)}{z_4 - z_5} & (z_5 \leq z \leq z_4 \text{ 或 } z_4 \leq z \leq z_5) \end{cases}$$

表 7-25 B 层各指标的指数值

评语等级		好	较好	一般	较差	差	指标量值	指数值
评分指数		[90, 100]	[80, 90)	[70, 80)	[60, 70)	[0, 60)		
B1	交通影响评价	[90, 100]	[80, 90)	[70, 80)	[60, 70)	[0, 60)	80%	80
B2	公共交通分担率	[24, 40]	[20, 24)	[16, 20)	[12, 16)	[0, 12)	23.4%	88.5
B3	万人拥有公共交通工具	[15, 20]	[12, 15)	[9, 12)	[7, 9)	[0, 7)	11.7标台/万人	79
B4	公共交通工具安全运行间隔里程	≥125	[100, 125)	[75, 100)	[50, 75)	[0, 50)	125 万公里/次	90
B5	公共交通工具占道停车率	[5, 0]	[10, 5)	[15, 10)	[20, 15)	>20	5%	90
B6	公共交通工具更新率	[85, 100]	[75, 85)	[65, 75)	[55, 65)	[0, 55)	85%	90
B7	公共交通工具平均运营速度	≥20	[16, 20)	[12, 16)	[10, 12)	<10	20 公里/小时	90
B8	公共交通可达时间	≤40	[50, 40)	[60, 50)	[70, 60)	>70	40 分钟	90
B9	公共交通工具准点率	[90, 100]	[80, 90)	[70, 80)	[60, 70)	[0, 60)	80%	80
B10	出租车空驶率	[25, 30] 或[20, 25]	(30, 35] 或[15, 20)	(35, 40] 或[10, 15)	(40, 45] 或[5, 10)	>45 或<5	30%	90

表 7-26 C 层各指标的指数值

评语等级		好	较好	一般	较差	差	指标量值	指数值
评分指数		[90, 100]	[80, 90)	[70, 80)	[60, 70)	[0, 60)		
C1	城市道路基础设施投资	[3.0, 4.0]	[2.5, 3.0)	[2.0, 2.5)	[1.5, 2.0)	[0, 1.5)	2.91%	88.2
C2	道路网密度	[7.0, 9.0]	[6.0, 7.0)	[5.0, 6.0)	[4.0, 5.0)	[1.0, 4.0)	1.14 公里/平方公里	2.8
C3	主次干道密度	[4.0, 6.0]	[3.5, 4.0)	[3.0, 3.5)	[2.5, 3.0)	[1.0, 2.5)	4 公里/平方公里	90
C4	人均道路面积	[11, 16]	[8, 11)	[6, 8)	[4, 6)	[0, 4)	8.8 平方米/人	84
C5	车均机动车道面积	[45, 55]	[40, 45)	[35, 40)	[30, 35)	[0, 30)	55.51 平方米/辆	100
C6	道路面积率	[13, 18]	[11, 13)	[9, 11)	[7, 9)	[0, 7)	1.4%	12
C8	支路利用率	[95, 100]	[90, 95)	[85, 90)	[80, 85)	[0, 80)	95%	90
C9	百辆汽车停车位	[35, 45]	[30, 35)	[25, 30)	[20, 25)	[0, 20)	35 个/百辆	90
评分指数		100	[80, 100)	[70, 80)	[60, 70)	[0, 60)		
C7	主干道亮灯率	100	[99, 100)	[98, 99)	[97, 98)	[0, 97)	100 %	100

表 7-27 D 层各指标的指数值

评语等级		好	较好	一般	较差	差	指标量值	指数值
评分指数		[90, 100]	[80, 90)	[70, 80)	[60, 70)	[0, 60)		
D1	标线施划率	[90, 100]	[85, 90)	[80, 85)	[75, 80)	[0, 75)	80%	80
D2	标志设置	[10, 20]	[8, 10)	[6, 8)	[4, 6)	[0, 4)	12 块/公里	92
D3	行人过街设施设置率	[300, 200]	[350, 300)	[400, 350)	[450, 400)	[1050, 450)	300 米	90
D4	路口渠化率	[90, 100]	[85, 90)	[80, 85)	[75, 80)	[0, 75)	80%	80
D5	路口灯控率	[80, 100]	[70, 80)	[60, 70)	[50, 60)	[0, 50)	80%	90

表 7-28 E 层各指标的指数值

评语等级		好	较好	一般	较差	差	指标量值	指数值
评分指数		[90, 100]	[80, 90)	[70, 80)	[60, 70)	[0, 60)		
E1	规范化停车率	[85, 100]	[80, 85)	[75, 80)	[70, 75)	[0, 70)	90%	93.3
E2	社会停车场利用率	[95, 100]	[85, 95)	[75, 85)	[65, 75)	[0, 65)	95%	90

表 7-29 F 层各指标的指数值

评语等级		好	较好	一般	较差	差	指标量值	指数值
评分指数		[90, 100]	[80, 90)	[70, 80)	[60, 70)	[0, 60)		
F1	交通法规和交通安全常识普及率	[90, 100]	[80, 90)	[80, 70)	[70, 60)	[0, 60)	75%	75
F2	群众对交通管理工作满意率	[92, 100]	[87, 92)	[82, 87)	[77, 82)	[0, 77)	80%	66
F3	群众对城建监察管理满意率	[92, 100]	[87, 92)	[82, 87)	[77, 82)	[0, 77)	87%	80

表 7-30 H 层各指标的指数值

评语等级		好	较好	一般	较差	差	指标量值	指数值
评分指数		[90, 100]	[80, 90)	[70, 80)	[60, 70)	[0, 60)		
H1	主干道机动车遵章率	[98, 100]	[96, 98)	[94, 96)	[92, 94)	[0, 92)	95%	75
H2	主干道非机动车遵章率	[90, 100]	[85, 90)	[80, 85)	[75, 80)	[0, 75)	90%	90
H3	主干道行人遵章率	[85, 100]	[80, 85)	[75, 80)	[70, 75)	[0, 70)	85%	90
H4	主干道违章停车率	[2, 0]	[4, 2)	[6, 4)	[8, 6)	≥ 8	2 辆/5 公里	90
H5	非交通占用道路率	[1, 0]	[2, 1)	[3, 2)	[4, 3)	[10, 4)	1%	90
H6	让行标志标线遵章率	[90, 100]	[85, 90)	[80, 85)	[75, 80)	[0, 75)	85%	80

表 7-31 I 层各指标的指数值

评语等级		好	较好	一般	较差	差	指标量值	指数值
评分指数		[90, 100]	[80, 90)	[70, 80)	[60, 70)	[0, 60)		
I1	平均行车延误	[40, 20]	[50, 40)	[60, 50)	[70, 60)	[130, 70)	40 秒/公里	90
I2	主干道平均车速	[28, 33]	[25, 28)	[22, 25)	[19, 22)	[0, 19)	26.3 公里/小时	84.3

表 7-32 J 层各指标的指数值

评语等级		好	较好	一般	较差	差	指标量值	指数值
评分指数		[90, 100]	[80, 90)	[70, 80)	[60, 70)	[0, 60)		
J1	万车事故率	[80, 30]	[120, 80)	[160, 120)	[200, 160)	[320, 200)	39.8次/万车	98.04
J2	万车死亡率	[8, 3]	[12, 8)	[16, 12)	[20, 16)	[32, 20)	6.8人/万车	92.4
J3	交通事故多发点、段整治率	[90, 100]	[80, 90)	[70, 80)	[60, 70)	[0, 60)	90%	90
J4	交通事故逃逸案件侦破率	[70, 100]	[60, 70]	[50, 60)	[40, 50]	[0, 40)	85.4%	95.13
J5	交通事故死伤比	[9, 13]	[13, 17)	[17, 21)	[21, 25)	[25, 40]	22.68%	65.8
J6	交通事故死亡人数下降比率	<-7.6	[-7.6, -1.8)	[-1.8, 4.0)	[4.0, 9.8)	>9.8	5.1%	68.1

7.5 定性指标的得分

将已经做好的武汉市道路交通系统的定性指标的调查问卷分别发放给 8 个专家进行评分，再通过求平均数的方法^[53]得出各个定性指标的最后得分。

表 7-33 交通综合协调机构分级表

评价标准等级	一	二	三	四	五	专家打分
P1	满足六项	满足五项	满足四项	满足三项	少于三项	四项
指数	[90, 100]	[80, 90)	[70, 80)	[60, 70)	[0, 60)	72

表 7-34 交通规划分级表

评价标准等级	一	二	三	四	五	专家打分
P2	满足七项	满足六项	满足五项	满足四项	少于四项	五项
指数	[90, 100]	[80, 90)	[70, 80)	[60, 70)	[0, 60)	70

表 7-35 交通管理规划分级表

评价标准等级	一	二	三	四	五	专家打分
P3	满足八项	满足七项	满足六项	满足五项	少于五项	六项
指数	[90, 100]	[80, 90)	[70, 80)	[60, 70)	[0, 60)	75

表 7-36 交通安全规划分级表

评价标准等级	一	二	三	四	五	专家打分
P4	满足七项	满足六项	满足五项	满足四项	少于四项	五项
指数	[90, 100]	[80, 90)	[70, 80)	[60, 70)	[0, 60)	74

表 7-37 交通诱导分级表

评价标准等级	一	二	三	四	五	专家打分
P32	满足五项	满足四项	满足三项	满足二项	少于二项	三项
指数	[90, 100]	[80, 90)	[70, 80)	[60, 70)	[0, 60)	70

表 7-38 停车诱导分级表

评价标准等级	一	二	三	四	五	专家打分
P33	满足五项	满足四项	满足三项	满足二项	少于二项	三项
指数	[90, 100]	[80, 90)	[70, 80)	[60, 70)	[0, 60)	73

表 7-39 交通指挥中心分级表

评价标准等级	一	二	三	四	五	专家打分
P37	满足七项	满足六项	满足五项	满足四项	少于四项	六项
指数	[90, 100]	[80, 90)	[70, 80)	[60, 70)	[0, 60)	80

表 7-40 道路交通管理信息系统分级表

评价标准等级	一	二	三	四	五	专家打分
P38	满足六项	满足五项	满足四项	满足三项	少于三项	四项
指数	[90, 100]	[80, 90)	[70, 80)	[60, 70)	[0, 60)	76

表 7-41 广告设置合理性分级表

评价标准等级	一	二	三	四	五	专家打分
P31	满足五项	满足四项	满足三项	满足二项	少于二项	三项
指数	[90, 100]	[80, 90)	[70, 80)	[60, 70)	[0, 60)	75

7.6 用线性加权的指数模型计算总指数

利用加权求和的方法计算得到总分，即最后的城市交通指数。

$$U = \sum w_i u_i \quad \text{公式 (7-4)}$$

式中： w_i ——各单项评价指标的权重值，用层次分析法和变异系数法确定；

u_i ——各单项评价指标的指数。

我们将 52 个指标的权重值和它们的指数值分别相乘，然后再求和就是最后要求的城市交通指数。经使用 EXCEL 计算我们得到武汉市综合交通指数为 $U=79.44489$ 。

为了实现其评价功能，在此基础上对交通指数值所对应的城市交通发展程度进行分级。评价的等级通常大于 4 小于 9，评价等级太多不容易判断评价等级的所属；评价等级太少也不符合评价的要求。在此，将评价等级分为五级^[64]，分别为：差、较差、一般、较好、好五个级别。

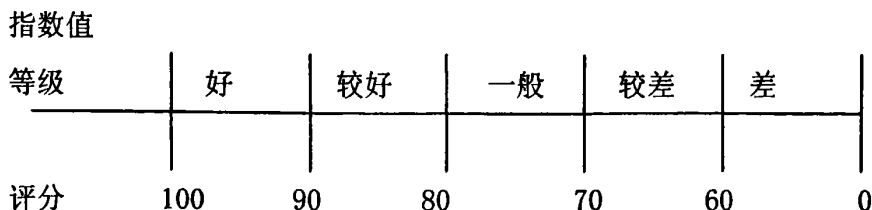


图 7-2 城市交通指数值评价等级标准

因此，根据以上的评价等级标准和武汉市的城市交通指数为 79.44489，可以得出最后的结论：武汉市的城市交通等级水平处于一般的状态。

第 8 章 交通指数的实用性评估及结论

8.1 城市交通指数的实用性评估

一般来讲, 一个完整的评价过程需要包括五个要素, 即评价指标体系、评价方案(数据)、评价方法、权重和评价结果^[55]。评价过程的开始首先是对评价对象的发展现状所作的分析和描述, 并结合预先建立的指标体系得到评价所需的所有数据, 然后利用系统中的模型库和方法库得到评价结果^[56]。下面从这五个方面分析城市交通指数的实用性。

(1) 本论文的评价指标体系以 2005 版的畅通工程评价指标体系为依据。“畅通工程”按照城市户籍人口和国内生产总值的大小将城市分成了特大城市、A、B、C、D 五种类型, 并且对每个指标划分了评价标准等级和相对应的指数范围。2005 年的评价指标体系有 74 个, 涵盖了体制政策、基础设施、交通管理、公共交通、秩序、安全等, 分为基本指标和附加指标两大部分, 基本指标所有城市都要考核, 附加指标只对指定类型城市进行考核。

本文以武汉市为实例编制城市交通指数, 针对武汉市的交通状况, 并对指标进行相关性分析, 剔除了相关性强的指标和一些附加指标, 最后选取了 52 个指标作为城市交通综合系统的评价指标。在构建其它城市的指标体系时, 应视城市的具体情况而定, 例如许多县级市没有公交汽车, 公共交通的主要服务对象是县级和乡镇间的客运, 公共交通分担率这一指标也就意义不大了, 但对于大城市来说, 公共交通分担率是反映城市交通结构合理性的一个重要指标。再比如大城市交通的主要矛盾是在交通堵塞上, 而大多数小城市的主要矛盾是交通秩序, 因此交叉口堵塞率的评价对小城市的意义不大。总之, 不同的城市规模、不同的发展阶段、不同的需求特点决定了不同城市在编制本市的交通指数时可以对本文构建的指标体系进行适当的增加或删除, 建立起一套适合本市交通状况的指标体系。

(2) 本文的评价方案(数据)涉及两方面的内容: 数据的收集和数据的处理。一般而言, 系统的所有指标可以分为定量指标和定性指标两大类。前者往往构成了评价指标体系的主体, 是可查的指标, 它们都能按照一定的规则而被准确计算出来。由于城市交通系统是一个非常庞大而复杂的系统, 对其进行评

价所需的数据很多，我们在数据采集方面必须做到真实可信，这些基础数据绝大部分来源于各省的统计年鉴、交通统计年鉴以及交通年度发展报告。而定性指标不能按照严格的数学关系得到一个准确值，因此多借助于经验判断的方法。一些城市在编制本市的城市交通指数的时候，可以请一些权威的、经验丰富的交通方面的专家对这些指标进行打分，然后以这些分值的平均数作为定性指标的得分。这些定性指标的量化反映了人的意愿和主观期望，且在指标体系中所占比例非常低，它们的存在对定量指标起到了补充说明的作用，使得评价结果更加合理而全面。本论文在数据处理方面使用了广义函数法。根据城市户籍人口和国内生产总值的大小，武汉市被划分为 A 类城市，我们在“畅通工程”评价体系中找到 A 类城市的各个指标所对应的评价标准等级和指数范围，使用广义函数法将各指标的指标值无量纲化，转化为相应的指数值。在处理其它城市的交通数据时，首先也需要界定该城市的规模类型，再找到与此类型城市匹配的各指标的评价标准等级和指数范围，接下来的数据标准化方法如上面所述。

(3) 综合评价的方法有很多，诸如层次分析法、主成分分析法、模糊综合评价方法等。我们之所以选择了层次分析法是因为它是一种分解复杂系统的简便方法，该方法作为一种定性与定量相结合的工具，在很多方面都得到了实际应用。城市交通的指标体系就是具有递阶结构的多指标的复杂体系，其中包括定量指标和定性指标，所以也适用于层次分析法。而模糊综合评价方法更适用于定性指标的评价。主成分分析法中评价指标的基础数据主要来源于实际统计或调查结果，对数据的质量要求较高，对数据的依赖性太强，因此缺乏足够的样本值来进行降维处理。但是如果有强大的数据库做支持的话，可以尝试使用主成分分析法，它的结果将更加客观。

(4) 本文指标权重的确定是采用结合赋权法，结合赋权法是一种综合主、客观赋权法的结果而确定权数的方法。使用结合赋权法弥补了主、客观赋权法的不足，使权重的确定值更加精确。本论文采用的是层次分析法和变异系数法相结合，另外也可以尝试客观赋权法中的熵值法、复相关系数法、主成分分析法和主观赋权法中的专家评判法、层次分析法相结合使用。

(5) 本文所编制的城市交通指数是年度交通指数，反映了武汉市在 2005 年城市交通状况的优良度。如果从时间范围上看，还可以计算周指数、月度指数、季度指数等，只需要将 52 个指标的取值分别取周、月度或者季度的数值。如果从区域范围上看，还可以计算特定区域内的交通指数，只需要将 52 个指标的取

值换为相应区域内的数值。总之，城市交通指数是一个总体评价性的指数。另外，若计算出某城市 N 年的交通指数，以第一个年份的城市交通指数为基期，其余每年的城市交通指数值都除以第一个年份的交通指数值，就可以得到以第一个年份为基准的交通发展指数。

8.2 结论

(1) 主要研究结论

本论文针对城市交通状况这个评价目标，选取了若干个影响城市交通的因素作为指标，通过对这些指标的定量研究，利用综合评价方法构建城市交通指数，并选取了武汉市为实例进行研究，得出了武汉市城市交通的状况为一般。这个研究成果为评价城市交通状况提供了一个简单明了的方法。

(2) 创新点

本论文的创新点在于将经济领域中的指数概念运用到交通领域对其进行综合评价，使城市交通的综合状况量化。在指标权重的计算中，采用了客观赋权法中的变异系数法结合主观赋权法中的层析分析法，使评价结果更加合理；在对定量指标无量纲化时，我们采用了广义函数法。

(3) 进一步需要研究的问题

目前，指标的量值获取还存在一些难度，大多数指标可以通过城市交通年鉴和城市交通年度发展报告进行计算统计，但是有一些指标取值很难找到来源。如果要得到真实可靠的数据，保证评价结果的准确性，部分难以取值的指标可能需要通过统计数据、抽样调查或者专家打分来获得，也可以尝试从城市的交管局、规土局、建管局的渠道获取有权威性的数据。

因为城市交通系统评价指标体系是一个庞大的指标体系，所以数据处理是一项很冗繁的任务。我们在今后的研究中可以开发一个专门针对计算城市交通综合指数的系统软件，这个软件包括城市各项指标值得输入、指标分级的确定、调查定权的功能、分项得分以及综合得分的计算。这样可以使计算过程更加简便，计算结果更加精确。

参考文献

- [1] 傅新平, 解斌. 基于综合赋权的城市交通指数评价法. 2007年第三届中国智能交通年会论文集, 2007(12): 78~82
- [2] 解斌. 我国城市交通指数编制的理论与方法: [硕士学位论文]. 武汉: 武汉理工大学国际贸易系, 2006
- [3] 曹海东. 越俎代庖的交通指数. 经济, 2005(7): 106~107
- [4] 赵建有, 俞礼军. 城市交通可持续发展状态量化评价方法. 长安大学学报, 2004(7): 63~65
- [5] 陆建, 王伟. 面向可持续发展的城市交通系统综合评价方法研究. 土木工程学报, 2004(3): 99~104
- [6] 张生瑞, 邵春福, 严海. 公路交通可持续发展评价指标及评价方法研究. 中国公路学报, 2005(4): 74~78
- [7] 樊建林, 孙章. 城市交通可持续发展评价指标体系的研究. 上海铁道大学学报, 1999(8): 57~63
- [8] 仇东东. 城市交通可持续发展指标体系与模糊综合评价研究. 中南公路工程, 2005(6): 171~174
- [9] 曹钟勇. 交通运输系统运行的评价指数. 交通运输工程学报, 2002(9): 71~75
- [10] 关积珍. 城市交通综合指数、交通出行指数及其数学建模. 交通运输系统工程与信息, 2004(2): 49~53
- [11] 戴懿, 陈长虹, 景启国. 城市交通环境可持续发展指标体系的建立及评价. 世界科技研究与发展, 2005(10): 94~99
- [12] 许云飞. 用一个“数”表征交通指数发展状态的研究——“山东省交通发展指数”的构建及作用. 交通标准化, 2005(4): 117~121
- [13] World Bank Sustainable Transport: Priorities for Policy Reforms [R]. Washington, DC. The World Bank., 1996
- [14] Rafter David. Sustainable Transportation Planning and the Dublin Transportation Initiative. European Planning Studies, 1996. 44~46
- [15] Unites Nations. Towards indicators of sustainable development in Asia and the Pacific. New York, 1997

- [16] 李莉, 陈长虹, 戴懿, 黄成, 景启国, 潘汉生, 黄海英. 城市交通与环境科技持续发展指标体系评估系统研究, 2006 (8): 33~38
- [17] 戴懿, 陈长虹, 景启国. 城市交通环境可持续发展指标体系的建立及评价. 世界科技研究与发展, 2005 (10): 94~99
- [18] 许云飞, 马川生, 王伟. “山东省交通发展指数”的构建及应用. 山东交通科技, 2002 (2): 1~11
- [19] 安实. 城市智能交通管理技术与应用. 科学出版社, 2005. 40~52
- [20] 郭秀芝, 陆化普. 城市交通系统整体发展水平综合评价指标体系及方法. 交通标准化, 2003 (8): 53~55
- [21] 彭建华, 吴宗之, 金龙哲. 基于层次分析法的城市道路安全性评价. 安全, 2005 (6)
- [22] 王钢. 定量分析与评价方法. 华东师范大学出版社, 2003. 94~99
- [23] 李松, 邸彦彪, 贺婧. 主成分分析法用于可持续发展综合评价的探讨. 辽宁工学院学报, 2005 (10): 15~17
- [24] 李艳双, 曾双香, 张闽, 于树江. 主成分分析法在多指标综合评价方法中的应用. 河北工业大学学报, 1999 (1): 18~20
- [25] 李春平, 杨益民, 葛莹玉. 主成分分析法和层次分析法在对综合指标进行定量评价中的比较. 南京财经大学学报, 2005 (6): 54~57
- [26] 郭亚军. 综合评价理论与方法. 科学出版社, 2002. 121~138
- [27] 朱小红, 陆愈实, 周德红. 模糊评价数学模型在道路交通安全评价中的应用. 安全与环境工程, 2006 (9): 102~104
- [28] 何如海, 叶依广. 基于模糊理论的城市交通生态环境综合评价模型研究. 安徽农业大学学报, 2006 (4): 419~422
- [29] 卫振林, 刘志硕, 申金升. 智能运输系统综合效益评价指标体系及模糊综合评价. 数学的实践与认识, 2005 (2): 50~54
- [30] 姚振坤. 指数的编制与分析. 绍兴文理学院学报, 2001 (3): 76~80
- [31] 史晓燕. 综合指数编制方法探讨. 西安石油学院学报, 1999 (4): 45~47
- [32] 朱丹. 指数编制法的选择和应用. 当代财经, 2005 (12): 125~126
- [33] 李红韬, 邹筑煜. 交通运输可持续发展及其评价指标体系的建立. 交通环保, 2003 (8): 17~19
- [34] 彭涌涛, 单炜. 城市交通可持续发展研究与评价指标. 煤炭技术, 2005 (3): 2~5
- [35] 陆化普, 王建伟, 李江平. 城市交通管理评价体系, 2003

- [36] 张殿业. 道路交通安全管理评价体系. 人民交通出版社, 2005. 22~28
- [37] 方锡邦, 于景飞, 夏邦金. 城市交通系统发展水平评价体系及方法研究. 合肥工业大学学报, 2005 (3): 238~241
- [38] EPA. Indicators of the Environmental Impacts of Transportation. www. epa. Gov, 1999
- [39] 陈贻安. 中国交通可持续发展评价指标与计算方法构想. 北京交通管理干部学院学报, 1999 (1): 1~7
- [40] 范玲丽. 公路交通运输系统可持续发展评价指标体系的建立. 科技资讯, 2006 (5): 42
- [41] 杨宇. 多指标综合评价中赋权方法评析. 理论新探, 2006 (7): 17~19
- [42] 闫攀宇, 杜汇川. 城市交通适应性评价方法研究. 交通规划, 2006 (7): 9~12
- [43] 门可佩. 江苏省区域经济实力的综合评价与实证分析. 江苏统计, 2001 (12): 15~17
- [44] 秦寿康. 综合评价原理与应用. 电子工业出版社, 2003. 54~62
- [45] 刘东. 畅通工程评价体系与方法研究. 公安大学学报, 2002 (1): 61~64
- [46] 王钢. 定量分析与评价方法. 华东师范大学出版社, 2003. 78~84
- [47] 李忠奎. 公路交通可持续发展评价指标体系构想. 综合运输, 2006 (1): 18~21
- [48] 京华狐. 用 EXCEL 求解层次分析法问题. <http://free.6to23.com/jhgz1983>, 2005 (5)
- [49] 钟霞, 钟怀军. 多指标综合评价方法及应用. 内蒙古大学学报, 2004 (7): 51~56
- [50] 时光新, 姜运轩, 陈学山. 基于变异系数的地下水环境质量评价模型及应用. 地下水, 2002 (9): 147~153
- [51] Schipper L. Indicators of Sustainable Transport: Improving the Quality of life in Shanghai Through Better Transportation and Environment[R]. EMBARQ presentation. Shanghai, 2003. 23~26
- [52] Zhanghang. The Proceeding of the 2003 IEEE International Conference on ITS, 2003 (10)
- [53] Zhou Ganshi. The Urban Transport Problem in Chinese Cities: Cause, Trend and Options. China's Urban Transport Development Strategy, 2002. 35~39
- [54] 李作敏. 公路交通可持续发展能力评价与应用. 公路交通科技, 2006 (11): 150~154
- [55] Nijkam P. Road towards Environmentally Sustainable Transport. Transportation Research Part A, 1994. 32~35
- [56] Ian Masser, Sviden O, Wegener M. Transport Planning for Equity and Sustainability. Transportation Planning and Technology, 1993. 58~63

致 谢

衷心地感谢导师傅新平教授给予了我参加国家重点基础研究发展计划（973计划）课题五——城市生命体承载系统的健康识别和调控理论与方法部分内容的研究机会，并选取了其中交通指数这部分内容作为我硕士毕业论文的选题方向。我的论文是在傅新平老师精心指导和大力支持下完成的。傅老师以其严谨求实的治学态度、高度的敬业精神、兢兢业业、孜孜以求的工作作风和大胆创新的进取精神对我产生重要影响。他渊博的知识、开阔的视野和敏锐的思维给了我深深的启迪。在论文的研究过程中，我学到了很多关于城市道路交通、综合评价方法方面的知识，并且具备了从建立模型、收集数据、处理数据、数据分析到结论分析这一系列基本的研究能力。傅老师对我的帮助和指导，不但使我的学术研究能力有了长足的进步，而且对我的人生观具有积极的影响，使我对待事物认真严谨、充满上进心。同时我也要感谢评阅我论文和田祖海老师和朱汉民老师，他们对我的论文提出了十分宝贵的意见。

此外，我还要特别感谢我的学姐邹敏，我的同学张妩妩、韩柳、胡伶俐、李娟，她们在我写论文的过程中和我共同讨论，启发了我的思路。我的成绩和这些始终关心和鼓励着我的老师、亲人、同学以及朋友是分不开的，所以我再次对他们表示我最衷心的感谢！

攻读硕士学位期间发表的论文

- [1] 贾珊珊. 城市交通系统的综合评价的量化方法——交通指数. 中国水运, 2007, 08

附录 1

层次分析法确定权重的专家打分表

表 1 A 体制政策与规划判断矩阵

	A1	A2	A3	A4
A1	1	1/5	1/3	1/4
A2	5	1	3	2
A3	3	1/3	1	1/2
A4	4	1/2	2	1

表 2 B 土地利用与公共交通判断矩阵

	B1	B2	B3	B4	B5	B6	B7	B8	B9	B10
B1	1	1/4	1/5	1/3	1/2	1/2	1/4	1/4	1/3	2
B2	4	1	1/2	2	2	3	2	2	3	9
B3	5	2	1	2	2	3	2	2	3	9
B4	3	1/2	1/2	1	2	2	1/3	1/2	1/2	5
B5	2	1/2	1/2	1/2	1	2	1/2	1/2	1/2	4
B6	2	1/3	1/3	1/2	1/2	1	1/3	1/2	1/2	3
B7	4	1/2	1/2	3	2	3	1	2	3	8
B8	4	1/2	1/2	2	2	2	1/2	1	2	7
B9	3	1/3	1/3	2	2	2	1/3	1/2	1	6
B10	1/2	1/9	1/9	1/5	1/4	1/3	1/8	1/7	1/6	1

表 3 C 道路基础设施判断矩阵

	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8	C9
C1	1	2	2	3	2	2	3	9	5
C2	1/2	1	2	3	3	1/2	4	7	4
C3	1/2	1/2	1	2	2	1/2	3	6	4
C4	1/3	1/3	1/2	1	1/2	1/3	2	4	3
C5	1/2	1/3	1/2	2	1	1/2	2	5	3
C6	1/2	2	2	3	2	1	3	8	4
C7	1/3	1/4	1/3	1/2	1/2	1/3	1	3	2
C8	1/9	1/7	1/6	1/4	1/5	1/8	1/3	1	1/2
C9	1/5	1/4	1/4	1/3	1/3	1/4	1/2	2	1

表 4 D 交通管理设施判断矩阵

	D1	D2	D3	D4	D5
D1	1	1/6	1/2	1/4	1/4
D2	6	1	3	2	2
D3	2	1/3	1	1/2	1/2
D4	4	1/2	2	1	1
D5	4	1/2	2	1	1

表 5 E 交通管理措施判断矩阵

	E1	E2	E3	E4	E5
E1	1	1/2	2	1/4	1/3
E2	2	1	3	1/2	1/2
E3	1/2	1/3	1	1/7	1/5
E4	4	2	7	1	2
E5	3	2	5	1/2	1

表 6 F 交通安全宣传教育及队伍建设判断矩阵

	F1	F2	F3
F1	1	2	6
F2	1/2	1	3
F3	1/6	1/3	1

表 7 G 交通管理的现代化程度判断矩阵

	G1	G2
G1	1	3
G2	1/3	1

表 8 H 交通秩序情况判断矩阵

	H1	H2	H3	H4	H5	H6
H1	1	2	2	3	4	7
H2	1/2	1	2	3	3	6
H3	1/2	1/2	1	2	3	5
H4	1/3	1/3	1/2	1	2	3
H5	1/4	1/3	1/3	1/2	1	2
H6	1/7	1/6	1/5	1/3	1/2	1

表 9 I 交通通行情况判断矩阵

	I1	I2
I1	1	1/3
I2	3	1

表 10 J 交通安全情况判断矩阵

	J1	J2	J3	J4	J5	J6
J1	1	2	3	6	2	2
J2	1/2	1	3	5	2	2
J3	1/3	1/3	1	2	1/2	1/2
J4	1/6	1/5	1/2	1	1/4	1/3
J5	1/2	1/2	2	4	1	2
J6	1/2	1/2	2	3	1/2	1

附录 2

抽样调查表

武汉市道路交通系统的指标体系中定性指标的得分 抽样调查问卷

尊敬的交通界朋友:

您好! 为了评价武汉市道路交通系统的整体状态, 并计算武汉市道路交通综合指数, 我们正在向国内有关城市道路交通的管理部门, 规划部门进行抽样问卷调查研究其中的定性指标, 使其量化。我们高兴地邀请您作为代表参加调查, 提供您有价值的意见。本调查不记名, 所得数据由专业研究人员进行计算机处理。我们对统计结果进行分析研究后, 将通过适当的方式将结果反馈给您。

能倾听您的意见, 我们感到十分荣幸, 谢谢!

武汉理工大学

2007年7月

填写说明

1. 当您阅读每一项时, 请考虑是否符合您的观点。如果符合, 请您在所认定的子项目左首的“□”符号内打“√”。
2. 请您尽量安排一个有益于思考的时间来填写这份问卷。
3. 如果您有什么意见和建议, 请另纸附上, 我们非常高兴能与您共同探讨。
4. 如果您对该问卷的统计结果感兴趣, 或需要某些相关资料, 请您提示我们, 我们将乐意提供资料。由此, 我们希望得到您完整、真实的问卷答案。
5. 关于问卷若有不祥之处, 请用电话或 E-mail 联系。

占用了您宝贵的时间, 向您致以深切的谢意!

1. 您的基本情况:

(1) 性别:

A 男

B 女

(2) 年龄:

A 25 岁以下

B 26—35 岁

C 36—45 岁

D 46—55 岁

E 55 岁以上

(3) 文化程度:

A 研究生

B 本科

C 大专

D 中专

E 技校

(4) 职位类别:

A 高层领导

B 中层干部

C 基层干部

D 其他

(5) 您的工作单位: _____

2. 您认为武汉市的交通综合协调机构 (多项, 1-6 项)

A 机构健全

B 决策民主化

C 目标任务明确

- D 分工落实 E 建立考核机制
 F 有规划、建设、管理一体化运作机制

表 1 交通综合协调机构分级表

评价标准等级	一	二	三	四	五	专家打分
P1	满足六项	满足五项	满足四项	满足三项	少于三项	满足项
指数	[90, 100]	[80, 90)	[70, 80)	[60, 70)	[0, 60)	

3. 您认为武汉市的交通规划（多项，1-7项）

- A 进行了充分的现状问题分析，交通症结分析准确
 B 进行了科学的交通趋势分析和交通预测
 C 交通发展目标明确、符合城市的发展方向
 D 规划内容符合城市的特点，内容全面
 E 规划方案具有可操作性和科学性，以及必要的前瞻性
 F 通过省级以上行政主管部门组织的专家评审
 G 政府批准实施。

表 2 交通规划分级表

评价标准等级	一	二	三	四	五	专家打分
P2	满足七项	满足六项	满足五项	满足四项	少于四项	满足项
指数	[90, 100]	[80, 90)	[70, 80)	[60, 70)	[0, 60)	

4. 您认为武汉市的交通管理规划进行了（多项，1-8项）

- A 道路交通流特性调查 B 现状分析与问题诊断
 C 交通需求分析 D 交通组织管理方案的制定与分析评价
 E 队伍建设、教育执法、交通安全、安全设施、车辆管理等的规划和措施
 建议
 F 交通管理科技发展规划
 G 通过省级以上行政主管部门组织的专家评审
 H 政府批准实施

表 3 交通管理规划分级表

评价标准等级	一	二	三	四	五	专家打分
P3	满足八项	满足七项	满足六项	满足五项	少于五项	满足项
指数	[90, 100]	[80, 90)	[70, 80)	[60, 70)	[0, 60)	

5. 您认为武汉市的交通安全规划（多项，1-7项）

- A 进行了充分的现状问题分析，交通安全症结分析是否准确
- B 进行了科学的交通安全趋势分析和预测
- C 交通安全发展目标明确
- D 规划内容符合城市的特点，内容全面
- E 规划方案具有可操作性和科学性，以及必要的前瞻性
- F 通过专家论证
- G 政府发布实施

表 4 交通安全规划分级表

评价标准等级	一	二	三	四	五	专家打分
P4	满足七项	满足六项	满足五项	满足四项	少于四项	满足项
指数	[90, 100]	[80, 90)	[70, 80)	[60, 70)	[0, 60)	

6. 你认为武汉市的交通诱导（多项，1-5项）

- A 利用可变情报板等诱导设施进行诱导
- B 利用广播、电视等传媒进行诱导
- C 利用寻呼设备等其它手段进行诱导
- D 诱导信息及时准确
- E 诱导设施布局合理

表 5 交通诱导分级表

评价标准等级	一	二	三	四	五	专家打分
P32	满足五项	满足四项	满足三项	满足二项	少于二项	满足项
指数	[90, 100]	[80, 90)	[70, 80)	[60, 70)	[0, 60)	

7. 您认为武汉市的停车诱导（多项，1-5项）

- A 停车诱导信息中包含停车场位置信息
- B 停车诱导信息中包含停车场的停车状况信息
- C 利用了静态或可变停车诱导标志
- D 诱导信息及时、准确
- E 诱导设施布局合理

表6 停车诱导分级表

评价标准等级	一	二	三	四	五	专家打分
P33	满足五项	满足四项	满足三项	满足二项	少于二项	满足项
指数	[90, 100]	[80, 90)	[70, 80)	[60, 70)	[0, 60)	

8. 您认为武汉市的交通指挥中心的能有（多项，1-7项）

- A 信号控制
- B 信息查询
- C 监控
- D 交通诱导
- E 接警
- F 指挥调度
- G 非现场执法（使用违法行为自动监测设备）

表7 交通指挥中心分级表

评价标准等级	一	二	三	四	五	专家打分
P37	满足七项	满足六项	满足五项	满足四项	少于四项	满足项
指数	[90, 100]	[80, 90)	[70, 80)	[60, 70)	[0, 60)	

9. 您认为武汉市的道路交通管理信息系统（多项，1-6项）

- A 实现与公安信息网联网
- B 遵守公安部道路交通管理信息系统的有关规定和行业标准
- C 建立本市数据库，实现24小时向省级数据库传送数据
- D 实现数据异地交换、数据统计分析和异地联网查询
- E 建立城域网，实现支队、大队间数据共享
- F 实现异地违法行为和记分的传递

表 8 道路交通管理信息系统分级表

评价标准等级	一	二	三	四	五	专家打分
P38	满足六项	满足五项	满足四项	满足三项	少于三项	满足项
指数	[90, 100]	[80, 90)	[70, 80)	[60, 70)	[0, 60)	

10. 您认为武汉市的广告设置（多项，1-5 项）

- A 距路口 50 米内道路两侧无商业广告
- B 无与交通标志类同的商业广告和非交通标志
- C 无与交通信号相混淆的灯光商业广告
- D 不遮挡交通标志、信号和标线
- E 机动车道净空内（不包括人行天桥、固定框架等）无商业广告

表 9 广告设置合理性分级表

评价标准等级	一	二	三	四	五	专家打分
P31	满足五项	满足四项	满足三项	满足二项	少于二项	满足项
指数	[90, 100]	[80, 90)	[70, 80)	[60, 70)	[0, 60)	

衷心感谢您对本次调研工作的支持，祝您工作顺利，心想事成！

作者: [贾珊珊](#)
学位授予单位: [武汉理工大学](#)

相似文献(4条)

1. 学位论文 [何瑶](#) 上海市表层土壤/沉积物中重金属元素分布特征及现状评价 2009

土壤重金属污染具有多源性、隐蔽性、长期性, 污染后果严重, 因此在环境污染调查与评价研究中, 重金属是重要的污染调查评价对象, 被各国列入优先控制污染物名单。重金属广泛存在于自然环境中(如沉积物、土壤和水体), 引起的污染问题已经引起国际环境保护组织、各国政府和民众的高度关注。掌握各种环境介质中重金属元素的污染特征和分布规律, 各种环境介质中重金属的污染来源及迁移转化过程一直是环境科学研究领域的热点。

本研究采用硝酸-氢氟酸微波消解-电感耦合等离子体发射光谱(ICP-AES)检测上海市表层土壤和黄浦江表层沉积物中重金属Cd、Cr、Cu、Mn、Ni、Pb、Zn、Co等元素的分析方法, 采用直接表分析测定样品中的Hg含量, 各元素相对标准偏差符合《土壤环境监测技术规范》(HJ/T166-2004)中对含量范围内的要求。

上海市表层土壤中Cr、Cu、Mn、Ni、Pb、Zn、Hg、Co和TOC的含量代表值分别为60.5 mg/kg、23.4 mg/kg、471 mg/kg、29.7 mg/kg、18.2 mg/kg、80.0 mg/kg、108.6 μg/kg、18.2 mg/kg和15.66 mg/g, Co含量高于背景值上限, Hg和Zn含量总体比背景值略高但大部分仍在背景范围之内, 个别采样点区域Cr、Cu、Mn、Ni和Pb含量高出背景值含量, 但总体含量仍落在背景含量范围之内。TOC与元素Hg、Cu、Pb、Zn含量显著相关, 说明了它们来源的同源性和土壤有机物对重金属的累积效应。

上海市黄浦江表层沉积物中Cd、Cr、Cu、Mn、Ni、Pb、Zn、Hg、Co和TOC的含量代表值分别为0.750mg/kg、55.6 mg/kg、55.9 mg/kg、455 mg/kg、31.2mg/kg、22.6 mg/kg、114 mg/kg、130.9 μg/kg、16.1 mg/kg和12.93 mg/g, 与全球各地河流、湖泊和沿海地区沉积物研究中重金属含量水平的比较看出, 黄浦江中重金属元素Cd、Cr、Cu、Mn、Ni、Pb、Zn、Hg和Co在全球属于中等偏低的含量范围。沉积物中TOC与重金属元素Hg、Cu、Zn、Cr、Ni和Co含量呈显著相关, 并且沉积物中Cu、Hg和Zn与TOC的相关程度高于土壤。

上海市中心的九个行政区和各大工业园区是表层土壤中TOC、Hg、Cu、Pb和Zn的含量较高的区域, 可能是工业生产和交通运输污染共同作用的结果。受沿途的工农业污水排放、城市交通污染物、支流的汇入、河口的倒灌等影响, 黄浦江表层沉积物中重金属元素Ni、Zn、Cu、Cr、Hg、Co、Cd和TOC的含量在空间上呈现从上游到下游明显上升的趋势, 但元素Mn的含量在空间上呈现从上游到下游“W”形的下降趋势。多雨期与少雨期黄浦江表层沉积物中重金属含量无显著差异。

采用地质累积指数和内梅罗指数法对上海市表层土壤中重金属环境质量进行评价, 上海市大部分地区的表层土壤中重金属未见富集, 属于清洁无污染到低污染的水平, 个别采样点的Hg和Zn出现较高的极端值, 存在重金属污染的潜在风险。研究中依据多方的阈值型基准方法和地质累积指数评价法对黄浦江表层沉积物中的重金属元素进行评价。

2. 学位论文 [李秀兰](#) 城市化对上海郊区土壤和蔬菜重金属累积的影响及对策 2005

对上海市宝山区蔬菜及相应土壤重金属含量进行调查, 研究城市化对城郊菜区土壤和蔬菜重金属累积的影响, 以及不同蔬菜对重金属的富集规律。

受城市化影响, 宝山区土壤耕作层主要受Cd、Zn、Cu的污染, 其中以Cd的污染最为严重, 超标样点占全部样点的68%。菜区土壤Cu、Zn、Cd、Pb、Cr、Mn的平均含量分别是上海土壤背景值的6.4、5.5、9.1、5.4、1.3、1.2倍。由单因子污染指数和综合污染指数评价可知, 宝山区土壤8%达到了警戒线, 36%达到了轻污染, 12%达到了中污染, 20%达到了重污染。宝山区土壤重金属累积主要受污灌、城市交通、施肥、固废堆积等因素的影响, 其中受污灌和交通影响较为显著。

上海宝山区蔬菜Pb和Cd污染明显, 其中Pb的污染较重; Cu、Zn、Cr污染不明显。从总体上来说, 叶菜类蔬菜污染最为严重, 其次是根茎类, 瓜果类蔬菜污染最轻; 蔬菜重金属平均超标率分别为23.8%、20.4%、16.7%。

宝山区蔬菜重金属累积很大程度上受到土壤重金属污染的影响。重污染土壤上生长的蔬菜, 重金属含量明显偏高。蔬菜重金属含量与土壤重金属总量间常存在一定相关性, 但这种相关性随蔬菜品种的不同而异。如, 葱中Cr和青菜中Cu与土壤中Cr、Cu之间呈极显著正相关; 生菜中Cd, 青菜中Zn、Cd、Pb和刀豆中Zn与土壤中相应的重金属含量之间达到了5%的显著相关。其它均未达到显著水平。蔬菜重金属的含量随品种而异。蔬菜可食部位重金属的累积量, 总体上是叶菜类>根茎类>瓜果类。各种蔬菜(韭菜除外)对Cd的富集系数最大, 其次是Zn、Cu, 对Pb和Cr的富集系数最小。

蔬菜不同部位对重金属的累积有差异。叶菜类蔬菜各部位重金属含量普遍为: 茎, 叶<根; 芹菜和莴苣中的重金属含量除Cr是叶<茎<根外, 其它各元素均为茎<叶<根。

在城市化大背景下, 应加强对土壤资源的合理利用和保护。都市农业应以规模化、集约化生产为主, 走持续发展的道路。由农户分散经营的面积较小的菜地污染较重, 应加强监督和管理。对重金属污染较重的菜地, 应改种绿化植物, 或作它用; 对重金属污染中、轻度的菜地, 可考虑栽种对重金属不敏感的蔬菜品种, 以减少重金属元素进入食物链的风险; 未受重金属污染的菜地可考虑开辟为无公害的蔬菜基地, 但需加强对水、土、气资源的综合保护。

3. 会议论文 [傅新平, 解斌](#) 106. 基于综合赋权的城市交通指数评价法 2007

城市交通指数的研究在我国处于初期探索阶段, 相关的理论和方法还不成熟。本文在参阅大量文献资料的基础上, 探讨了城市交通评价指标体系, 提出了综合运用层次分析法和熵值法确定各评价指标权重的城市交通指数编制的思路与方法。

4. 学位论文 [张雪莲](#) 大城市路网运行状态多层次评价模型 2008

在城市化进程不断加快, 交通机动化进程迅速发展的形势下, 交通拥堵成为现代城市发展中面临的一个严峻问题。其中, 大城市由于其复杂的路网系统和较大的出行需求, 交通拥堵现象尤为严重。为有效缓解城市道路交通拥堵现象, 对城市交通系统的运行状态进行评价就显得十分重要。因此, 本文在综述国内外现有的交通拥堵评价理论的基础上, 主要针对大城市的常发性交通拥堵现象, 从微观层次到宏观层次, 进行了路网运行状态评价方法研究, 分别对单个路段、同一等级道路、整体路网的运行状态进行评价。

首先, 本文结合累积Logistic回归模型的特点, 以人对拥堵强度感觉的量化值为反应变量, 以拥堵影响因素为解释变量, 研究拥堵强度与拥堵影响因素之间的关系, 建立了基于Logistic回归分析的路段拥堵强度评价模型, 对路段的运行状态进行评价。其次, 本文提出了微观、中观、宏观三个层次上的用于评价道路运行状态的交通拥堵指数评价指标。利用分层抽样技术, 得到了最低路段抽样样本量确定方法, 并采用综合评价法, 分别从时间角度和空间角度表征交通需求的指标; 车辆行驶时间(VHT)和车辆行驶里程(VKT)作为加权模型中的权重, 建立了基于交通需求的加权模型。经过比选, 最终确定了基于VHT加权的路网交通拥堵指数评价模型。最后, 运用所建立的模型, 以北京市为例, 结合北京市浮动车数据, 对北京市五环内路网从路段到路网的运行状态进行了实例评价。

本文链接: http://d.g.wanfangdata.com.cn/Thesis_Y1364756.aspx

授权使用: 上海海事大学(wf1shyxy), 授权号: 9ecfc34f-8967-4f22-b14a-9dd9012572d3

下载时间: 2010年8月21日