■ 文章编号:1672-5328(2011)03-0071-07

城市交通 第9卷 第3期 2011年5月
Urban Transport of China, Vol.9, No.3, May 2011

城市停车设施选择综合评价研究

Comprehensive Evaluation on Parking Facility Type Selection

梁先登，刘英舜，陈　征，阳　礼
(南京理工大学机械工程学院,江苏 南京 210094)

LIANG Xian-deng, LIU Ying-shun, CHEN Zheng, YANG Li
(School of Mechanical Engineering, Nanjing University of Science and Technology, Nanjing Jiangsu 210094, China)

摘要：选择合适的停车设施,不仅能满足停车需求,也能取得良好的社会经济效益。首先阐述了停车设施的分类及特点,在分析停车设施选择影响因素的基础上,确定了停车设施选择评价指标体系,给出了采用灰色逼近理想解排序法对不同区域适宜的停车设施进行优劣排序的方法和步骤。然后,针对独立停车场建设项目,研究了采用客观条件逐层递进分析法选择合适的停车设施的步骤,构建了完整的停车设施选择综合评价体系。最后,以南京湖南路商业区附近一拟建停车场项目为例,利用该评价体系得出其适合采用机械式停车设施的结论。

Abstract: Suitable parking facility design can not only meet parking demand but also benefits social and economic development. By introducing the classification and characteristics of parking facilities, this paper proposes a parking facility evaluation system based on the key decision-making elements in parking facility type selection. A ranking method is developed by grey similarity to ideal solution method (TOPSIS) to rank parking facility type for different land use areas. Focusing on individual parking lot project, the paper discusses how to select proper parking facility using progressive analysis, yielding a complete comprehensive evaluation system for parking facilities selection. Finally, taking a parking project adjacent to the business district of Hunan Road in Nanjing as an example, the evaluation results indicate that a mechanical facility type is suitable to this particular parking lot design.

关键词:城市停车设施;综合评价;灰色逼近理想解排序法;客观条件逐层递进分析法

Keywords: urban parking facilities; comprehensive evaluation; grey similarity to ideal solution method (TOPSIS); progressive analysis

中图分类号：U491.7　　文献标识码：A

收稿日期: 2010-01-10

作者简介:梁先登(1986—),男,河南新乡人,在读硕士研究生,主要研究方向:城市交通。E-mail:liangxiandeng@yahoo.cn

城市停车设施的合理配置一直是国内外城市规划和管理者关心的问题[1]。一方面，不同停车设施的特点、适用条件不同，使其在不同区域所呈现的社会经济效益差异显著；另一方面，同一区域的停车场地也因面积、建设成本、停车需求及周边用地性质等不同，而适用不同的停车设施。因此，有必要评价各种停车设施在城市不同区域的适应性，以便为城市推荐合理的停车设施选择顺序，在满足停车需求的同时，达到最大的社会经济效益。目前，停车设施选择主要以定性分析为主，主观性大、不科学，本文将研究基于灰色逼近理想解排序法和客观条件逐层递进分析法的停车设施选择综合评价方法，对停车设施选择进行定性分析和定量评价，为城市停车设施建设提供科学的依据和建议。

1 城市停车设施的分类及特点

城市停车设施根据建造形式不同，主要分为以下几种[2]：

1) 路内停车场。最大优点是方便、灵活、节约驾驶人的停车和取车时间；缺点是容易引起交通事故和交通堵塞，安全性差。

2) 地面停车场。优点是车辆停放集

中、便于管理、有益于环境、有利于车辆安全；缺点是空间利用率低，由于地价原因，一般规模不大，收费较高[3]。

3) 地下停车场。对用地紧张、环境要求高的城市和区域而言，地下停车场具有很大优势；缺点是造价及运行维护成本较高，且在需要改变建筑用地性质时较为困难。

4) 坡道式停车库。优点是空间利用率高；缺点是停车泊位平均造价高，存取车时间较长。

5) 机械式停车库。具有占地面积小、设置灵活、自动化程度高、使用方便、易于管理的特点，在用地紧张、停车需求集中的城市中心区，是解决停车问题较为经济有效的措施之一。

2 城市停车设施选择综合评价体系及方法

2.1 综合评价体系构建

城市停车设施选择综合评价的目的是通过分析影响因素，选择评价指标体系和评价模型，为城市不同区域推荐合理的停车设施选择顺序，为独立的停车场项目选择合适的停车设施类型。评价体系具体流程见图1。

2.2 影响因素分析

影响停车设施选择的因素很多，按其性质不同可分为内部因素和外部因素。内部因素主要指停车设施本身的特点和要求，包括建设成本(主要为征地成本、建筑结构成本或机械式停车库的设备成本)和停车容量。外部因素主要包括：1)规划区域的用地状况，指用地性质、开发强度等；2)规划区域机动车拥有水平；3)规划区域的环境要求，主要是在噪声、尾气污染和环境协调性方面的要求；4)使用者因素，主要指使用者所关心的停车费用、停车设施使用方便程度和保障车辆安全的能力等[4]。

2.3 评价方法

逼近理想解排序法是一种多目标决策方法，基本思路是通过构造多目标问题的理想解和负理想解，以靠近理想解和远离负理想解两个准则作为判断各评价对象的依据[5]。由于停车设施选择的各影响因素之间并不都具有确定的数量关系，即部分信息已知、部分信息未知，故不能用传统的数学方法客观、全面地解决该问题，而灰色系统理论具有所需原始数据少、原理简单、运算方便、易于挖掘数据规律等优点，在处理此类问题

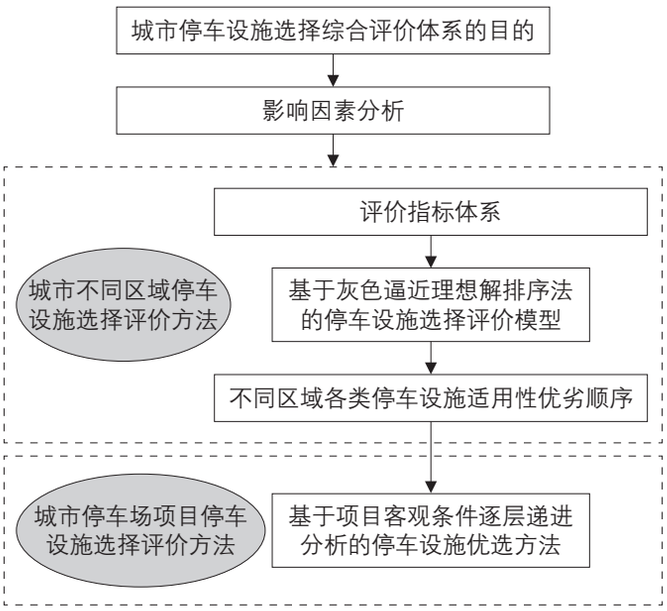

图1 城市停车设施选择综合评价体系流程图

Fig.1 Flow chart of comprehensive evaluation system for urban parking facility type selection

时可取得令人满意的结果。因此，本文选择灰色关联度法与逼近理想解排序法相结合的灰色逼近理想解排序法作为评价分析方法，以达到多目标综合决策的目的。

1) 建立评价指标体系。

根据评价指标体系的一般设计原则和停车设施选择影响因素，建立停车设施选择评价指标体系，见图2。

2) 基于灰色逼近理想解排序法的评价模型。

① 对各方案指标值进行标准化处理。

由于指标值的不确定性，需对指标值进行标准化处理：采用层次分析法确定各指标的权重，采用专家打分法确定各方案指标值的相对值，然后对方案指标相对值进行标准化处理，计算加权标准化矩阵。运用层次分析法确定指标权重时，采用数字1~9及其倒数的标度方法，即(1/9，9) EM法确定判断矩阵各元素的值，标度含义见表1。

用均值化法对方案指标相对值进行标准化处理，计算公式为

$$x_{ij}^{*}=\frac{x_{ij}}{\bar{x}_j}, \tag{1}$$

式中：x_{ij}^{*}为标准化处理后第i种方案的第j项指标值；x_{ij}为第i种方案的第j项指标值；$\bar{x}_j$为第j项指标的平均值。标准化处理后，各指标的均值都为1。

② 确定理想解和负理想解。

理想解(理想方案)是方案集中并不一定存在的、虚拟的最佳方案，其特征值是方案中各指标的最优值。负理想解(负理想方案)是方案集中并不一定存在的、虚拟的最差方案，其特征值是决策方案中各指标的最差值。

③ 计算各方案与理想方案和负理想方案的灰

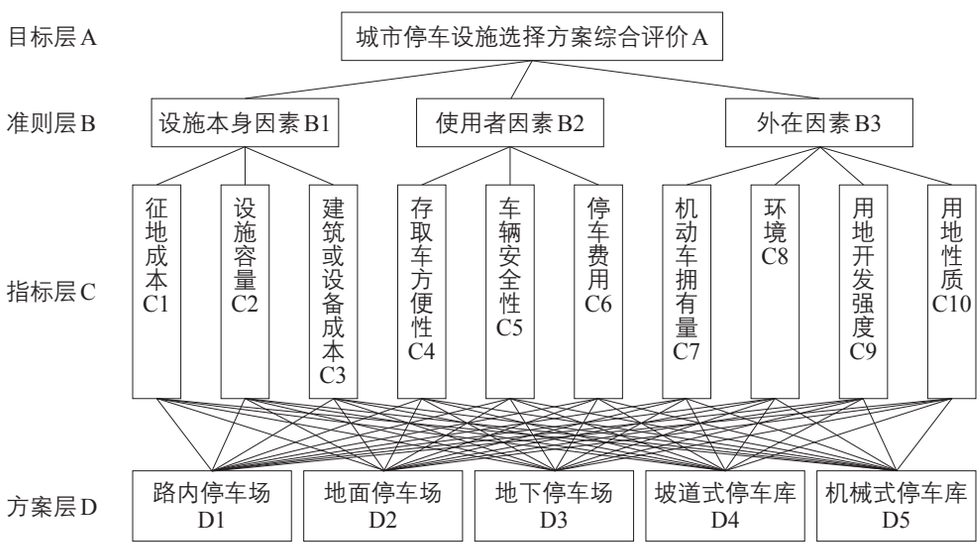

图2 停车设施选择综合评价指标体系

Fig.2 Comprehensive evaluation indicator system for parking facility type selection

表1 (1/9, 9)EM标度表

Tab.1 (1/9, 9) EM scaling table

标度	含义
1	表示两因素相比，具有同等重要性
3	表示两因素相比，前者比后者略为重要
5	表示两因素相比，前者比后者明显重要
7	表示两因素相比，前者比后者特别重要
9	表示两因素相比，前者比后者极端重要
2, 4, 6, 8	表示以上两相邻判断的中间值
倒数	若因素i与j的重要性之比为P_{ij}，则j与i的重要性之比为$P_{ji}=1/P_{ij}$

关联度。

灰关联度的计算方法为[6]：设有m个方案，n个指标，$x_0=(x_0(1), x_0(2), \cdots, x_0(n))$为对照序列(本文中即指理想解和负理想解)，令$x_1=(x_1(1), x_1(2), \cdots, x_1(n))$，$x_2=(x_2(1), x_2(2), \cdots, x_2(n))$，$\cdots$，$x_m=(x_m(1), x_m(2), \cdots, x_m(n))$为各方案的指标值序列，对于$\xi\in(0, 1)$，令

$$\xi_{ik}^0=\gamma(x_0(k), x_i(k))=\frac{\min\limits_i\min\limits_k|x_0(k)-x_i(k)|+\xi\max\limits_i\max\limits_k|x_0(k)-x_i(k)|}{|x_0(k)-x_i(k)|+\xi\max\limits_i\max\limits_k|x_0(k)-x_i(k)|}, \quad (2)$$

$$R_i^0=\gamma(x_0, x_i)=\sum_{k=1}\gamma(x_0(k), x_i(k)),$$

式中：ξ_{ik}^0为x_i对x_0在k点的灰关联系数，其中$i=1, 2, \cdots, m$；$k=1, 2, \cdots, n$；ξ为分辨系数，一般取0.5；R_i^0为x_i对x_0的灰关联度。

④ 计算各方案与理想方案和负理想方案的灰关联度的比值。

将理想解X^*和负理想解X^0分别作为对照序列，利用式(2)计算第i个方案与理想解X^*和负理想解X^0的灰关联度，分别为R_i^*和R_i^0，其比值为$E_i=\frac{R_i^*}{R_i^0}$。根据灰关联度的意义，灰关联度越大，方案间的相关程度就越大，则E_i越大，方案越靠近理想解而远离负理想解，方案就越优。

2.4 停车场项目停车设施类型优选方法

利用层次分析法和灰色逼近理想解排序法可得到城市不同区域各种停车设施适用性的优劣顺序，但仅有停车设施适用性优劣顺序是不够的，对于独立的社会公共停车场项目，必须明确给出其适合采用的停车设施类型。因此，本文采用客观条件逐层递进分析法确定独立停车场项目的停车设施，分析流程见图3，具体思路是：

1) 通过项目所在地块的用地性质，结合项目所在地块的用地面积和项目停车容量计算结果，列出项目可能选择的停车设施；

2) 对项目可能选择的停车设施，分析其建设成本；

3) 根据城市不同区域停车设施选择评价模型所推荐的项目所在区域停车设施适用性优劣顺序，结合建设成本分析结果，确定应采用的停车设施类型。

3 实例分析

南京湖南路商业区附近一交通小区内拟规划建设停车场，其控规用地类型为停车场用地，规划泊位数为50个。湖南路商业区位于南京市中央商务区(CBD地区)，是南京市商业集中的核心地段，开发强度高，土地稀缺，地价昂贵。利用本文构建的停车设施选择综合评价方法确定该停车场适宜的停车设施。

3.1 确定区域停车设施优劣顺序

1) 原始数据预处理。

不同方案对同一指标的得分不同。例如在城市CBD地区，立体停车设施或地下停车场能容纳的停车规模大，可很好地满足机动车停车需求，而地面停车场稍差一些，因此，在机动车拥有量

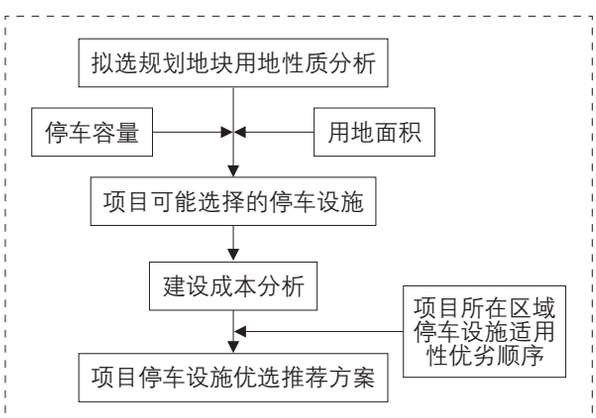

图3 客观条件逐层递进分析法流程图

Fig.3 Flow chart of progressive analysis under objective conditions

指标上，立体停车设施和地下停车场得分比地面停车场高。假设方案1的各指标值均为1，专家评分时通过对比给出方案2各指标的相对值，相对值大于1表示方案2在该指标上占优；反之，相对值小于1表示方案1在该指标上占优。专家所评分值必须在区间(0, 2)之间，统计分析各专家评分结果，见表2。

利用式(1)可计算得到标准化处理后方案指标的相对值。指标权重经由专家打分，然后通过层次分析法计算得到。指标权重和标准化处理后的方案指标相对值见表3。将指标权重与方案指标相对值相乘，得到最终的加权标准化数据，见表4。

2) 选取理想方案和负理想方案。根据理想方案和负理想方案的定义，选取理想方案和负理想方案，见表5。

3) 计算各方案与理想方案和负理想方案的灰关联度。根据式(2)，取分辨系数ξ为0.5，得到各方案与理想方案和负理想方案的灰关联度见表6。

4) 计算各方案与理想方案和负理想方案的灰关联度的比值，见表7。比值越大表示方案越接近理想方案而远离负理想方案，说明方案越优。各方案的优劣顺序为D5>D3>D4>D1>D2，即在中央商务区附近机械式停车库的适用性最好，然后依次是地下停车场、坡道式停车库、路内停车场、地面停车场。

3.2 综合比较确定适宜的停车设施

1) 确定可选停车设施。

表2 专家评分相对指标值

Tab.2 Relative values of evaluation index by expert assessment

指标	方案D1	方案D2	方案D3	方案D4	方案D5
征地成本C1	1	0.45	1	0.65	0.70
设施容量C2	1	1.25	1.53	1.78	1.82
建筑或设备成本C3	1	0.94	0.52	0.6	0.52
存取车方便性C4	1	0.95	0.8	0.75	0.95
车辆安全性C5	1	1.25	1.30	1.53	1.53
停车费用C6	1	1.1	1.15	1.35	1.25
机动车拥有量C7	1	1.1	1.36	1.54	1.64
环境C8	1	1.05	1.58	1.3	1.25
用地开发强度C9	1	0.95	1.2	1.36	1.58
用地性质C10	1	1.12	1.70	1.5	1.85

表3 指标权重和方案指标相对值

Tab.3 Index weight and the relative values of indices by different scenarios

指标	指标权重	方案指标相对值				
		方案D1	方案D2	方案D3	方案D4	方案D5
征地成本C1	0.214	1.32	0.59	1.32	0.86	0.92
设施容量C2	0.090	0.68	0.85	1.04	1.21	1.23
建筑或设备成本C3	0.063	1.40	1.31	0.73	0.84	0.73
存取车方便性C4	0.117	1.12	1.07	0.90	0.84	1.07
车辆安全性C5	0.045	0.76	0.95	0.98	1.16	1.16
停车费用C6	0.053	0.85	0.94	0.98	1.15	1.07
机动车拥有量C7	0.150	0.75	0.83	1.02	1.16	1.23
环境C8	0.059	0.81	0.85	1.28	1.05	1.01
用地开发强度C9	0.096	0.82	0.78	0.99	1.12	1.30
用地性质C10	0.113	0.70	0.78	1.19	1.05	1.29

由于该停车场所在地块的用地性质为停车场用地，因此其可选的停车设施为：地面停车场、坡道式停车库和机械式停车库。

2) 比较项目可选停车设施建设成本。

采用地面停车场，容量为50个泊位，每泊位占地面积25~30 m^2，停车场所处区域征地成本为1万元·m^{-2}，则停车场征地成本为1 250~1 500万元，建筑结构成本为87.5~105万元，因此估算项目建设总成本为1 337.5~1 605万元。

采用坡道式停车库，每泊位建筑面积为30~35 m^2，若建二层，总占地面积为750 ~875 m^2，征地成本为750~875万元，建筑结构成本为255~297.5万元，估算项目建设总成本为1 005~1 172.5万元；若建三层，总占地面积为500~583 m^2，征地成本为500~583万元，建筑结构成本为255~297.5万元，估算项目建设总成本为755~880.5万元；若建四层，总占地面积为375~437.5 m^2，征地成本为375~437.5万元，建筑结构成本为255~297.5万元，估算项目建设总成本为630~735万元；若建五层，总占地面积为300~350m^2，征地成本为300~350万元，建筑结构成本为255~297.5万元，估算项目建设总成本为555~647.5万元。五层以上坡道式停车库，存取车极为不便，暂不考虑。

采用机械式停车库，不同类型的机械式停车

表4 各方案特征值指标标准化处理结果

Tab.4 Standardization on characteristic parameters by different scenarios

指标	方案D1	方案D2	方案D3	方案D4	方案D5
征地成本C1	0.282	0.126	0.282	0.184	0.197
设施容量C2	0.061	0.077	0.094	0.109	0.111
建筑或设备成本C3	0.088	0.083	0.046	0.053	0.046
存取车方便性C4	0.131	0.125	0.105	0.098	0.125
车辆安全性C5	0.034	0.043	0.044	0.052	0.052
停车费用C6	0.045	0.050	0.052	0.061	0.057
机动车拥有量C7	0.113	0.125	0.153	0.174	0.185
环境C8	0.048	0.050	0.076	0.062	0.060
用地开发强度C9	0.079	0.075	0.095	0.108	0.125
用地性质C10	0.079	0.088	0.134	0.119	0.146

表5 理想方案和负理想方案

Tab.5 The ideal and negative-ideal scenarios

指标	理想方案	负理想方案
征地成本C1	0.282	0.126
设施容量C2	0.111	0.061
建筑或设备成本C3	0.088	0.046
存取车方便性C4	0.131	0.098
车辆安全性C5	0.052	0.034
停车费用C6	0.061	0.045
机动车拥有量C7	0.185	0.113
环境C8	0.076	0.048
用地开发强度C9	0.125	0.075
用地性质C10	0.146	0.079

表6 各方案与理想方案和负理想方案的灰关联度

Tab.6 The grey relational grade between each scenario and ideal/negative-ideal scenarios

方案	与理想方案的灰关联度	与负理想方案的灰关联度
方案D1	5.422	7.285
方案D2	4.671	6.169
方案D3	6.126	5.583
方案D4	6.543	5.626
方案D5	7.590	5.505

表7 各方案与理想方案和负理想方案的灰关联度的比值

Tab.7 The ratio between grey relational grade of each scenario and ideal/negative-ideal scenarios

方案D1	方案D2	方案D3	方案D4	方案D5
0.708	0.653	1.176	1.145	1.629

设备差异性较大，使得每泊位占地面积差异显著，范围为1~10 m²，则总占地面积为50~500 m²，征地成本为50~500万元，而机械停车设备成本为100~600万元，估算项目建设总成本为150~1 100万元。

3) 综合比较确定项目停车设施类型。

项目拟选规划地块接近湖南路商业区，地价预计比估计值高，对设施外观的要求也比较高。在停车设施用地面积约为500 m²的情况下，若选择坡道式停车库，需建三层，项目建设总成本约为755~880.5万元；采用机械式停车库，根据机械式停车设备类型的不同，项目建设总成本在150万元到1100万元不等。同时，坡道式停车库更适宜于泊位数上百的大型停车场，其建筑外观也与商业区环境要求有一定差距。因此，结合项目可选停车设施建设成本分析和项目所在区域停车设施适用性优劣顺序，机械式停车库更为合适。

4 结语

本文采用灰色逼近理想解排序法和客观条件逐层递进分析法相结合，对停车设施选择的综合评价方法和步骤进行研究，将专家评分和定量计算充分结合，构建了完整的停车设施选择综合评价体系。最后以南京市湖南路商业区附近一拟建停车场项目为例，运用构建的停车设施选择综合评价体系，得出其适合采用机械式停车库的结论，论证了评价体系的可行性。

参考文献：

References:

[1] 张秀媛，董苏华，等. 城市停车规划与管理[M]. 北京：中国建筑工业出版社，2006.
ZHANG Xiu-yuan, DONG Su-hua, et al. Urban Parking Planning and Management[M]. Beijing: China Building Press, 2006.

[2] 林晓兵. 城市居住区停车问题研究[D]. 合肥：合肥工业大学，2007.
LIN Xiao-bing. Research on Parking Problem for the Urban Residential Area[D]. Hefei: Hefei University of Technology, 2007.

[3] 莫曼春，邓明. 住宅小区内停车设施的思考[J]. 山西建筑，2000，26(5)：2−3.
MO Man-chun, DENG Ming. Consideration of Parking Patterns in Uptown[J]. Shanxi Architecture, 2000, 26(5): 2−3.

[4] 贺崇明. 城市停车规划研究与应用[M]. 北京：中国建筑工业出版社，2006.
HE Chong-ming. The Research and Application of Urban Parking Planning[M]. Beijing: China Building Press, 2006.

[5] CHEN C T. Extensions of the TOPSIS for Group Decision Making under Environment [J]. Fuzzy Sets and Systems, 2000 (114): 1−9.

[6] HONG CH. The Analysis and Application for Gray Correlation Theory[J]. Intelligent Engineering Systems Through Artificial Neural Networks, 1996 (6): 149−154.

(上接第51页)

参考文献：

References:

[1] 叶嘉安. 以人为本的步行系统城市设计[J]. 城市规划，2005，29(6)：58−63.
Anthony YEH. People-oriented User-friendly Pedestrian Urban Design[J]. City Planning Review, 2005, 29(6): 58−63.

[2] 李娣娜. 香港城市空中连廊空间研究初探[J]. 山西建筑，2008，34(29)：50−51.
LI Di-na. Initial Exploration on City Aerial Continual Porch Special Research of Hongkong[J]. Shanxi Architecture, 2008, 34(29): 50−51.

[3] 常怀生. 建筑环境心理学[M]. 北京：中国建筑工业出版社，1990.

[4] 黄金，刘高峰，李理，等. 深圳市罗湖金三角地区地下空间资源开发利用综合规划[R]. 深圳：深圳市城市规划设计研究院，2010.

[5] 林涛，毛应萍，崔晓天，等. 罗湖金三角地区全天候步行系统规划[R]. 深圳：深圳市城市交通规划设计研究中心有限公司，2010.