

地下环形隧道出入口交通延误影响因素研究

肖新波¹, 何建平², 邢磊¹, 徐婷²

(1.中国市政工程中南设计研究总院有限公司, 湖北 武汉 430010; 2.长安大学, 陕西 西安 710064)

摘要: 为了分析地下环形隧道出入口交通延误的主要影响因素, 提高出入口的通行效率, 基于地下环形隧道出入口的特点, 首先从人、车、路、环境, 以及车库吸引率等方面建立地下环形隧道出入口交通延误影响因素体系, 然后从系统的角度出发, 利用决策与试验评价实验室(DEMATEL)模型对影响因素进行分析。结果表明: 地下环形隧道出入口交通延误的主要影响因素是出入口坡度、出入口车道长度和地下车库吸引率, 最易受到影响的是车辆速度和驾驶人的反映判断能力。研究成果可为提高地下环形隧道和地下车库的通达性, 减小地下环形隧道出入口的交通延误提供一定的理论依据。

关键词: 地下环形隧道; 出入口; 交通延误; 影响因素; DEMATEL 模型

中图分类号: U453.1, U491

文献标志码: A

文章编号: 1009-7716(2021)09-0171-04

0 引言

随着城市发展与机动车的逐年增加, 城市中心区交通拥堵日益严重。据公安部交通管理局统计, 截止至2018年6月底, 全国机动车保有量达3.19亿辆。地下环形隧道作为连接地下车库和分流过境交通的基础设施^[1], 为缓解交通压力提供了一种新的解决方向。由于地下环形隧道的空间相对封闭, 没有路侧绿化, 只有人造灯光和压抑的护墙^[2], 受照明和视觉条件的影响^[3], 其环境、驾驶行为和道路条件等都与路面交通有所不同。作为与地面道路相连接的地下环形隧道出入口, 经常会出现排队和交通组织混乱等现象, 不仅影响到地下道路的正常运行, 还使周边道路的交通功能无法正常发挥^[4]。对此, 现依托研究课题《西安中央商务区(CCBD)地下道路出入口设计与交通延误分析研究》(KY-N-L-2019-003), 从线形^[5]、交通、环境、驾驶人、车辆^[6]和车库吸引率六个方面出发, 利用DEMATEL模型对影响地下环形隧道出入口交通延误的各因素之间的关系进行研究, 确定原因因素和结果因素, 为地下环形隧道出入口的设计及管控提供参考。

1 DEMATEL 模型

DEMATEL方法是一种运用图论与矩阵论原理进行系统因素分析的方法, 它借助系统中各因素之

间的逻辑关系构建直接影响矩阵, 计算各因素对其他因素的影响程度, 以及被影响程度, 从而计算各因素的中心度与原因度^[7-8], 进而得出该因素是原因因素还是结果因素(被影响因素), 以及影响或被影响程度。目前该方法已经广泛应用到实践中, 如李春荣等人运用DEMATEL方法研究得出影响沈阳市可持续发展的主要因素是地区财政紧张和领导不重视^[9], 章玲等人借助DEMATEL方法分析影响国防科技工业企业技术创新能力的主要原因为人力资源和软硬件基础^[10]。但是此方法目前还未在交通领域得到广泛应用, 因此现拟借助该方法来分析影响地下环形隧道出入口交通延误的各因素之间的关系, 根据最终结果来调整地下环形隧道出入口的结构, 达到减小延误的目的。

DEMATEL方法的具体步骤如下:

步骤1: 确定影响系统的各个因素, 设定为 $a_1, a_2, \dots, a_n$ 。

步骤2: 设定反映不同因素间影响关系的标度, 通过请专家打分的方法确定不同因素之间的直接影响程度, 得到系统初始的直接影响矩阵 $X(X=[x_{ij}]_{n \times n})$ 。

$$X = \begin{bmatrix} 0 & x_{12} & \cdots & x_{1n} \\ x_{21} & 0 & \cdots & x_{2n} \\ \cdots & \cdots & \cdots & \cdots \\ x_{n1} & x_{n2} & \cdots & 0 \end{bmatrix}$$

式中: $x_{ij}(i=1, 2, \dots, n; j=1, 2, \dots, n; i \neq j)$ 表示因素 a_i 对 a_j 的影响程度; 若 $i=j$ 则 $x_{ij}=0$ 。

步骤3: 运算得到规范化直接影响矩阵

收稿日期: 2020-01-09

作者简介: 肖新波(1978—), 男, 学士, 高级工程师, 从事道路桥梁工程设计与研究工作。

$G(G=[g_{ij}]_{n \times n})$ 。

$$G=\frac{1}{\max_{1 \leq i \leq n} \sum_{j=1}^n x_{ij}} X \tag{1}$$

已知 $0 \leq g_{ij} \leq 1$ 。

步骤 4: 计算系统中各影响因素间的综合影响矩阵 $T(T=[t_{ij}]_{n \times n})$ 。

$$T=G_1+G_2+\cdots G^n \tag{2}$$

步骤 5: 计算各个因素的影响度和被影响度,将矩阵 T 中的各元素按照“行”进行相加可以得到相应元素的影响度,按照“列”进行相加可以得到相应元素的被影响度。因素 $a_i(i=1,2,\cdots,n)$ 的影响度 f_i 和被影响度 e_i 可如下计算:

$$f_i=\sum_{j=1}^n (i=1,2,\cdots,n) \tag{3}$$

$$e_i=\sum_{j=1}^n (j=1,2,\cdots,n) \tag{4}$$

步骤 6: 计算各个因素的中心度和原因度,将系统的影响度和被影响度相加可以得到相应元素的中心度,将影响度和被影响度相减可以得到相应元素的原因度。如因素 $a_i(i=1,2,\cdots,n)$ 的中心度 m_i 和原因度 n_i 可如下计算:

$$m_i=f_i+e_i(i=1,2,\cdots,n) \tag{5}$$

$$n_i=f_i-e_i(i=1,2,\cdots,n) \tag{6}$$

步骤 7: 做笛卡尔坐标系,标出各因素中心度和原因度在坐标系上的位置,分析各个因素的影响程度和被影响程度,对优化整个系统提出措施。

2 地下环形隧道出入口交通延误影响因素体系

构建较为完整的地下环形隧道出入口交通延误影响因素的体系结构,是分析地下环形隧道出入口交通延误的前提和基础。体系结构中所包含的影响因素应该具有一定的互补性并能较为全面地反映造成交通延误的规律。体系结构设置是否合理直接关系到地下环形隧道出入口设计与管控的调整。

影响地下环形隧道出入口延误的因素较多、结构多样,要确保分析结果的准确性,只有从多个层面和角度来设计相关因素。地下环形隧道出入口延误的影响因素划分应遵循科学全面的原则,其中科学性是确保交通延误影响因素分析合理的基础。另外,在设计地下环形隧道出入口延误影响因素体系结构时,要确保因素组成的合理性、系统性和完整性。

根据科学全面的设计原则和地下环形隧道自身

的特点,设计出地下环形隧道出入口交通延误影响因素的体系结构。该体系结构中,目标层是地下环形隧道出入口延误。主因素由道路、交通、环境、驾驶人、车辆、车库六个方面组成。依据所涉及的内容不同,又可将上述六个主因素划分为若干个子因素。具体的划分情况见表 1 所列。

表 1 地下环形隧道出入口交通延误影响因素体系表

目标层	主因素	子因素
地下环形隧道出入口交通延误	道路	坡度 a_1
		车道宽度 a_2
		车道长度 a_3
		侧向净宽 a_4
		视距 a_5
	交通	速度 a_6
		交通量 a_7
	环境	噪声 a_8
		光照 a_9
	驾驶人	性别 a_{10}
		年龄 a_{11}
		反应判断能力 a_{12}
	车辆	车辆性能 a_{13}
		车辆类型 a_{14}
	车库	车库吸引率 a_{15}

考察上述六个主因素(道路、交通、环境、驾驶人、车辆、车库),可以发现这六个主因素并不是相互独立的:车库的规模足够大,那么相应的配套设施道路也会较为完善,同时也会吸引更多的交通量。考察主因素(交通)所对应的子因素(速度、交通量),可以得出这两者之间也存在一定的关联性:一开始交通量较少,速度较快,随着交通量的增加,速度会随之降低,同时交通流密度也会经历一个由小到大再由大到小的过程。考察主因素(驾驶人)所对应的子因素(性别、年龄、反应判断能力),以及主因素车辆及其对应的子因素,也以此得出因素间存在一定关联这一结论。

3 地下环形隧道出入口交通延误影响因素分析

利用 DEMATEL 方法,分析地下环形隧道出入口延误的影响因素,步骤如下:

Step1: 确定影响因素之间的直接影响矩阵。采用 1~9 标度对地下环形隧道出入口交通延误影响因素间的直接关联程度进行调研,9 个标度所对应的关联程度如表 2 所列,表 2 中没有 0,因 0 表示影响因素之间不存在关联影响。通过长安大学交通工程、路线方面的专家、教授的问卷调查,确定各子因素间的直

接关联矩阵(见表 3),其中因素 x_{ij} , ($i=1,2,\cdots,n$, $j=1,2,\cdots,n, i\neq j$)表示因素 a_i 对因素 a_j 的直接影响程度。

表 2 关联程度分级表

标度	含义
1	关联程度最弱
3	稍微关联
5	明显关联
7	强烈关联
9	关联程度最强
2、4、6、8	上述两相邻判断的中值

Step2: 确定影响因素之间的规范化直接影响矩阵。根据规范化直接影响矩阵的计算公式(1),可以得到第 1 行元素对应的元素和最大为 24 ,规范化矩阵 G 如表 4 所列。

Step3:确定影响因素之间的综合影响矩阵。依据公式(2)和表 4 可得到综合影响矩阵如表 5 所列。

Step4:确定影响因素的影响度和被影响度。依据公式(3)和公式(4),以及表 5 计算可得到这类数据。

Step5:确定影响因素的中心度和原因度。根据公式(5)和公式(6),以及步骤 4 计算出的影响度和被影响度可计算出因素之间的中心度和原因度，并根

表 3 地下环形隧道出入口延误影响因素的直接影响矩阵一览表

	a_1	a_2	a_3	a_4	a_5	a_6	a_7	a_8	a_9	a_{10}	a_{11}	a_{12}	a_{13}	a_{14}	a_{15}
a_1	0	0	0	0	5	6	0	4	0	0	0	5	4	0	0
a_2	0	0	0	0	2	3	7	0	0	0	0	0	0	0	0
a_3	0	0	0	0	6	4	3	4	0	0	0	6	0	0	0
a_4	0	0	0	0	4	3	0	0	0	0	0	4	0	0	0
a_5	0	0	0	0	0	5	0	0	0	0	0	6	0	0	0
a_6	0	0	0	0	0	0	0	7	0	0	0	2	0	0	0
a_7	0	0	0	0	3	8	0	0	0	0	0	0	0	0	0
a_8	0	0	0	0	0	4	0	0	0	0	0	4	0	0	0
a_9	0	0	0	0	8	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0
a_{10}	0	0	0	0	6	3	0	0	0	0	0	2	0	3	0
a_{11}	0	0	0	0	5	4	0	0	0	0	0	6	0	0	0
a_{12}	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0
a_{13}	0	0	0	0	0	3	0	4	0	0	0	0	0	0	0
a_{14}	0	0	0	0	2	2	0	4	0	0	0	0	0	0	0
a_{15}	0	0	0	0	0	2	5	4	0	0	0	0	0	5	0

表 4 地下环形隧道出入口延误影响因素的规范化直接影响矩阵一览表

	a_1	a_2	a_3	a_4	a_5	a_6	a_7	a_8	a_9	a_{10}	a_{11}	a_{12}	a_{13}	a_{14}	a_{15}
a_1	0.00	0.00	0.00	0.00	0.21	0.25	0.00	0.17	0.00	0.00	0.00	0.21	0.17	0.00	0.00
a_2	0.00	0.00	0.00	0.00	0.08	0.13	0.29	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
a_3	0.00	0.00	0.00	0.00	0.25	0.17	0.13	0.17	0.00	0.00	0.00	0.25	0.00	0.00	0.00
a_4	0.00	0.00	0.00	0.00	0.17	0.13	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.17	0.00	0.00	0.00
a_5	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.21	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.25	0.00	0.00	0.00
a_6	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.29	0.00	0.00	0.00	0.08	0.00	0.00	0.00
a_7	0.00	0.00	0.00	0.00	0.13	0.33	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
a_8	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.17	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.17	0.00	0.00	0.00
a_9	0.00	0.00	0.00	0.00	0.33	0.21	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
a_{10}	0.00	0.00	0.00	0.00	0.25	0.13	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.08	0.00	0.13	0.00
a_{11}	0.00	0.00	0.00	0.00	0.21	0.17	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.25	0.00	0.00	0.00
a_{12}	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.08	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
a_{13}	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.13	0.00	0.17	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
a_{14}	0.00	0.00	0.00	0.00	0.08	0.08	0.00	0.17	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
a_{15}	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.08	0.21	0.17	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.21	0.00

表 5 地下环形隧道出入口延误影响因素的综合影响矩阵一览表

	a_1	a_2	a_3	a_4	a_5	a_6	a_7	a_8	a_9	a_{10}	a_{11}	a_{12}	a_{13}	a_{14}	a_{15}	影响度 f
a_1	0	0	0	0.21	0.39	0.00	0.31	0.00	0	0	0	0.34	0.17	0.00	0	1.42
a_2	0	0	0	0	0.12	0.27	0.29	0.08	0	0	0	0.07	0.00	0.00	0	0.82
a_3	0	0	0	0	0.27	0.34	0.13	0.27	0	0	0	0.39	0.00	0.00	0	1.39
a_4	0	0	0	0	0.17	0.19	0.00	0.05	0	0	0	0.23	0.00	0.00	0	0.64
a_5	0	0	0	0	0.00	0.24	0.00	0.07	0	0	0	0.28	0.00	0.00	0	0.60
a_6	0	0	0	0	0.00	0.06	0.00	0.31	0	0	0	0.14	0.00	0.00	0	0.51
a_7	0	0	0	0	0.13	0.38	0.00	0.11	0	0	0	0.08	0.00	0.00	0	0.70
a_8	0	0	0	0	0.00	0.19	0.00	0.06	0	0	0	0.19	0.00	0.00	0	0.44
a_9	0	0	0	0	0.33	0.30	0.00	0.09	0	0	0	0.12	0.00	0.00	0	0.85
a_{10}	0	0	0	0	0.26	0.22	0.00	0.08	0	0	0	0.18	0.00	0.13	0	0.87
a_{11}	0	0	0	0	0.21	0.25	0.00	0.07	0	0	0	0.34	0.00	0.00	0	0.87
a_{12}	0	0	0	0	0.00	0.09	0.00	0.03	0	0	0	0.01	0.00	0.00	0	0.13
a_{13}	0	0	0	0	0.00	0.16	0.00	0.21	0	0	0	0.05	0.00	0.00	0	0.43
a_{14}	0	0	0	0	0.08	0.14	0.00	0.21	0	0	0	0.07	0.00	0.00	0	0.50
a_{15}	0	0	0	0	0.04	0.23	0.21	0.27	0	0	0	0.07	0.00	0.21	0	1.03
被影响度 e	0	0	0	0.21	2.00	3.07	0.93	1.91	0	0	0	2.57	0.17	0.33	0	-

据这两类数据绘制各项影响因素的原因 - 结果图 (见图 1)。

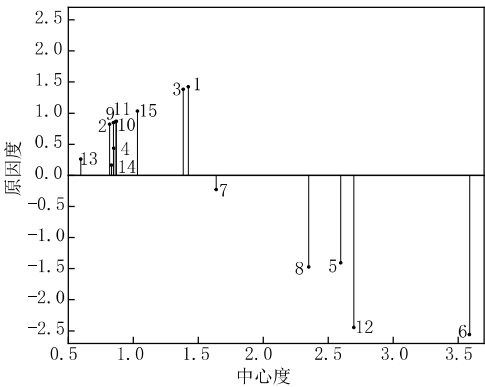


图 1 各影响因素的原因 - 结果图

Step6: 相关结论和建议。根据各项指标的原因 - 结果图可以得出以下结论:

(1) 首先必须把握原因因素。根据 DEMATEL 方法得出的原因因素是不易改变的且对其它因素影响比较大, 而结果因素易受到某些原因因素的影响而发生改变。所以, 若想减少地下环形隧道出入口延误, 首先必须控制原因因素。从图 1 可以看出地下环形隧道出入口延误的原因因素有: 坡度、车道宽度、车道长度、侧向净宽、光照、性别、年龄、车辆性能、车辆类型和车库吸引率; 结果因素有: 视距、速度、交通量、噪声、和反应判断能力。

(2) 需要特别注意道路因素和车库因素。这 15 个指标中, 主因素道路和车库对应的五个子因素的原因度都较大, 尤其是坡度、车道长度和车库吸引率, 它们对其它因素的影响较大。光照、性别、年龄的原因度相对较小, 但也会影响其它因素。速度指标和反

应判断能力是原因度指标较小, 最容易受到其它因素的影响。

以上结论符合影响交通延误的相关因素的实际情况。因此, 在设计地下环形隧道出入口时, 首要考虑的就是根据预计的地下车库规模和吸引率修建与之配套的地下道路设施, 合理设置车道坡度、长度、宽度。其次, 在地下环形隧道出入管控中, 要严格控制进出的车辆类型, 不同类型的车辆也应分车道行驶。

4 结 论

本文首先构建地下环形隧道出入口交通延误影响因素体系, 其次, 利用 DEMATEL 模型对地下环形隧道出入口交通延误影响因素进行研究, 得出地下环形隧道车库、出入口道路是关键。因此, 为了减少在地下环形隧道出入口交通延误, 尤其要重视在地下环形隧道出入口根据地下车库预计吸引率的大小所进行的合理设计。

参考文献:

[1] 朱江. 综述城市地下环形隧道及其设计要点[J]. 特种结构, 2011, 28(6): 79-83.

[2] 陈雨人, 郑仕文. 地下道路视觉环境影响车辆运行特征机理分析[J]. 同济大学学报(自然科学版), 2013, 41(7): 1031-1039.

[3] A. Pez̃a-Garc í a. The impact of lighting on drivers well-being and safety in very long underground roads: New challenges for new infrastructures [J]. Tunnelling and Underground Space Technology, 2018, 80(OCT.): 38-43.

[4] 李素艳, 杨东援, 赵娅丽. 地下道路出入口交通组织研究[J]. 地下空间与工程学报, 2007(4): 781-786.

[5] 李素艳, 杨东援, 俞明健. 城市地下道路出入口变速车道长度设计研

- 社,2014.
- [2] Collepardi M, Marcialis A, Turriziani R. Penetration of Chloride Ions into Cement Pastes and Concretes[J]. Journal of the American Ceramic Society, 1972, 55(10):534-535.
- [3] 赵羽习,王传坤,金伟良,许晨.混凝土表面氯离子浓度时变规律试验研究[J].土木建筑与环境工程,2010,32(3):8-13.
- [4] 蔡荣,杨绿峰,余波.海洋潮汐浪溅区混凝土表面氯离子浓度的改进计算模型[J].土木与环境工程学报(中英文),2019,41(4):122-129.
- [5] 陈昌,杨绿峰,余波.海洋潮汐区混凝土表面氯离子浓度的时变规律及多因素模型[J].材料导报,2019,33(S2):321-326.
- [6] 杨绿峰,陈昌,余波.海洋浪溅区混凝土的多因素时变环境作用模型[J].硅酸盐学报,2019,47(11):1566-1573.
- [7] 肖卫,余红发,翁智财,麻海舰,袁银峰,达波.环境类型与氯盐浓度对矿渣混凝土表面氯离子浓度的影响[J].硅酸盐通报,2015,34(1):1-6.
- [8] 江大虎,张云清,余红发,胡蝶.粉煤灰对混凝土表面氯离子浓度的影响[J].华中科技大学学报(城市科学版),2010,27(4):17-20.
- [9] Jun Liu, Kaifeng Tang, Dong Pan, Zongru Lei, Weilun Wang, Feng Xing. Surface Chloride Concentration of Concrete under Shallow Immersion Conditions[J]. Materials, 2014, 7(9).
- [10] 李长成,张立明,沈艳东.盐湖环境下混凝土表面氯离子浓度的时变性研究[J].混凝土,2014(10):41-43.
- [11] Ha-Won Song, Chang-Hong Lee, Ki Yong Ann. Factors influencing chloride transport in concrete structures exposed to marine environments[J]. Cement and Concrete Composites, 2007, 30(2).
- [12] LuFeng Yang, Rong Cai, Bo Yu. Modeling of environmental action for submerged marine concrete in terms of surface chloride concentration[J]. Structural Concrete, 2018, 19(5).
- [13] 张立明,李佳,刘福明.掺活化煤渣粉混凝土表面氯离子浓度的时变规律[J].混凝土,2017(8):96-98+110.
- [14] 达波,余红发,胡蝶,麻海舰,袁银峰,肖卫,吴雅玲.海洋环境下矿渣混凝土的表面氯离子浓度规律[J].硅酸盐通报,2014,33(5):1058-1063+1068.
- [15] Chanakya Arya, Perry Vassie, Samira Bioubakhsh. Modelling chloride penetration in concrete subjected to cyclic wetting and drying [J]. Magazine of Concrete Research, 2014, 66(7).
- [16] Wensheng Li, Pengxiao Jiang, Hongjia Huang, Weijun Yang. Study on Time-varying Law of Chloride Ion Concentration at Concrete Surface in Coastal Salt-fog Environment[P]. Asia-Pacific Engineering and Technology Conference (APETC 2017), 2017.
- [17] 陈悦,强薇,吕雯雯,乔帅.混凝土表面氯离子浓度随时间的变化规律探究[J].中国高新技术企业,2016(25):127-130.
- [18] R. L. McDonald, C. K. Unni, R. A. Duce. Estimation of atmospheric sea salt dry deposition: Wind speed and particle size dependence[J]. John Wiley & Sons, Ltd, 1982, 87(C2).
- [19] G.R. Meira, M.C. Andrade, I.J. Padaratz, M.C. Alonso, J.C. Borba. Measurements and modelling of marine salt transportation and deposition in a tropical region in Brazil[J]. Atmospheric Environment, 2006, 40(29).
- [20] Woodcock A H. Salt Nuclei in Marine Air as a Function of Altitude and Wind Force[J]. Journal of Meteorology, 1953, 10(5).
- [21] Mustafa M.A., Yusof K.M.. Atmospheric chloride penetration into concrete in semitropical marine environment[J]. Pergamon, 1994, 24(4).
- [22] Costa A, Appleton J. Chloride penetration into concrete in marine environment—Part I: Main parameters affecting chloride penetration [J]. Materials and Structures, 1999, 32(218):252-259.
- [23] G.R. Meira, C. Andrade, I.J. Padaratz, C. Alonso, J.C. Borba. Chloride penetration into concrete structures in the marine atmosphere zone - Relationship between deposition of chlorides on the wet candle and chlorides accumulated into concrete[J]. Cement and Concrete Composites, 2007, 29(9).
- [24] MAKOWSKIG S, TRACHTE K, ROLLENBECK R, et al. Atmospheric salt deposition in a tropical mountain rainforest at the eastern Andean slopes of south Ecuador-Pacific or Atlantic origin [J]. Atmospheric Chemistry and Physics, 2016, 16(15):10241-10261.
- [25] Morinaga S, Irino K, Ohta T, et al. Life Prediction of Reinforced Concrete Structures determined by Corrosion [J]. Concrete Research and Technology, 1990, 1(1):177-189.
- [26] LuFeng Yang, Rong Cai, Bo Yu. Investigation of computational model for surface chloride concentration of concrete in marine atmosphere zone[J]. Ocean Engineering, 2017, 138.

(上接第174页)

- 究[J].交通标准化,2006(12):22-25.
- [6] 游克思,俞明健,刘艺.多点进出型城市地下道路出入口匝道设计研究[J].地下空间与工程学报,2015,11(06):1383-1389.
- [7] Shinichiro Hori, Yujiro Shimizu. Designing Methods of Human Interface for Supervisory Control Systems [J]. Control Engineering Practice, 1997(7):1413-1419.
- [8] Wu W W, Lee Y T. Developing global managers' competencies using the fuzzy DEMATEL method [J]. Expert Systems with Applications, 2007, 32(2):499-507.
- [9] 李春荣,耿涌,薛冰,任婉侠,董会娟.基于 DEMATEL 的城市可持续发展障碍因素分析——以沈阳市为例[J].应用生态学报,2012,23(10):2836-2842.
- [10] 章玲,周德群.基于 DEMATEL 方法的国防科技工业企业创新能力影响因素分析[J].科技进步与对策,2008(1):60-62.