

基于灰色关联度理论对道路通行能力影响因素的分析

程 勋, 郭 欣

[上海市政工程设计研究总院(集团)有限公司, 上海市 200092]

摘 要: 道路通行能力是反映道路交通特征的重要指标,也是道路交通规划、设计和管理的基础和依据。应用灰色关联度理论,分析了影响道路通行能力的关键因素,并针对这些关键因素提出了提高道路通行能力的相应措施。

关键词: 通行能力;灰色关联度;关键因素;措施

中图分类号: U412

文献标志码: A

文章编号: 1009-7716(2021)07-0238-03

0 引 言

道路通行能力是在正常的道路、交通和管制以及运行质量要求下,单位时间内道路设施在某点或某断面处通过的最大车辆数。影响道路通行能力的主要因素有道路条件(包括车道数、车道宽度、交叉口间距、纵坡、侧向净宽、行车视距、路面状况等)、交通状况(包括设计速度、绿信比、客货车比例、人非干扰、交通量大小等)和交通外环境(包括沿线地形地貌、气候、景观等)等。

道路通行能力是反映道路交通特征的重要指标,也是道路交通规划、设计和管理的基础和依据。因此,需要对其影响因素进行分析,以便在交通规划、设计中对影响程度大的关键因素进行着重分析和处理。

1 灰色系统理论基本分析方法

1.1 灰色系统基本原理

灰色系统的关联度分析方法是根据因素之间发展态势的相似或相异程度,来衡量因素间关联程度的方法。对于系统之间的因素,其随时间或不同对象而变化的关联性大小的量度,称为关联度。在系统发展过程中,若2个因素变化的趋势具有一致性,其同步变化程度较高,即可谓二者关联程度较高;反之则较低。通过计算目标值(参考数列)与影响因素(比较数列)的关联度,对关联度进行排序,可以寻求影响目标值的主要因素^[1]。

1.2 灰色系统理论关联分析具体计算步骤

灰色系统关联度分析方法通过计算目标值(参考数列)与影响因素(比较数列)的关联度,对关联度进行排序,以寻求影响目标值的主要因素。灰色系统理论关联分析的具体计算步骤有:

(1)确定分析数列。

参考数列记为:

$$X_0 = \{X_0(k) | k=1, 2, \dots, n\} \quad (1)$$

比较数列记为:

$$X_i = \{X_i(k) | k=1, 2, \dots, n\} \quad (2)$$

(2)对参考数列和比较数列进行无量纲化处理,即对上述数列进行均值化处理。

参考数列为:

$$Y_0 = \{Y_0(k)\} = \{X_0(k)/\bar{X}_0\} | k=1, 2, \dots, n \quad (3)$$

$$\text{式中: } \bar{X}_0 = \frac{\sum_{k=1}^n X_0}{N}, (i=1, 2, \dots, n)。$$

比较数列为:

$$Y_i = \{Y_i(k)\} = \{X_i(k)/\bar{X}_i\} | k=1, 2, \dots, n \quad (4)$$

$$\text{式中: } \bar{X}_i = \frac{\sum_{k=1}^n X_i}{N}, (i=1, 2, \dots, n)。$$

(3)比较曲线和参考曲线在k时刻(指标空间)的关联关系,计算式为:

$$\xi_i = \frac{\min_i \min_k |Y_0(k) - Y_i(k)| + \zeta \max_i \max_k |Y_0(k) - Y_i(k)|}{|Y_0(k) - Y_i(k)| + \zeta \max_i \max_k |Y_0(k) - Y_i(k)|} \quad (5)$$

式中: $k=1, 2, \dots, n; i=1, 2, \dots, m; \xi_i(k)$ 为第k个时刻比较曲线 X_i 与参考曲线 X_0 的相对差值,这种形式的相对差值称 X_i 为对 X_0 在k时刻的关联系数; ζ 为分辨系数,其值为0~1; $\min_i \min_k |Y_0(k) - Y_i(k)|$ 为2级

收稿日期: 2020-11-23

基金项目: 物流枢纽道路交通规划关键技术(K2016J021A)

作者简介: 程勋(1982—),男,硕士,高级工程师,从事道路交通设计与研究工作。

的最小差; $\max_i \max_k |Y_0(k) - Y_i(k)|$ 为 2 级的最大差。

(4) 求关联度 γ_i , 其计算公式为:

$$\gamma_i = \frac{1}{N} \sum_{k=1}^n \xi_i(k) \quad (6)$$

(5) 排关联度顺序。 X_0 与 X_i 的关联度 γ_i 越大, X_i 与 X_0 的发展趋势越接近, X_i 对 X_0 的影响也越大。

2 道路通行能力关键影响因素分析

城市道路制约通行能力的因素有很多, 包括道路等级、车道规模、交叉口间距、绿信比、客货混行条件等。本节以道路通行能力为指标, 基于灰色关联度理论, 研究道路设计速度、机动车道数、交叉口间距、绿信比和客货混行等因素对道路通行能力的影响。

2.1 通行能力计算公式

根据上海市工程建设规范《城市道路设计规程》(DG J08-2106—2012) 规定, 其他等级道路路段 1 条车道的基本通行能力 N_p 见表 1^[2]。

表 1 其他等级道路路段 1 条车道的基本通行能力

设计速度 V (km·h ⁻¹)	基本通行能力 N_p (pcu·h ⁻¹)
50	1 700
40	1 650
30	1 600

其他等级道路路段设计通行能力计算公式为:

$$N_s = N_p \cdot f_c \cdot f_n \cdot f_w \cdot f_p \cdot f_b \cdot \beta \quad (7)$$

$$N_s' = N_p \cdot f_c \cdot f_n \cdot f_w \cdot f_p \cdot f_b \cdot \beta \cdot f_s \quad (8)$$

式中: N_s 为未考虑客货混行条件下的干扰, 按原规范计算的设计通行能力; N_s' 为基于对通行能力影响因素的分析, 在式(7)基础上加入客货混行干扰系数 f_s 后得到的设计通行能力; f_c 为机动车道道路等级系数; f_n 为机动车道数修正系数; f_w 为机动车道宽度修正系数; f_p 为驾驶员修正系数; f_b 为自行车修正系数; f_s 为客货混行干扰系数; β 为平面交叉口影响修正系数,

$$\beta = \begin{cases} \lambda, & s \leq 200 \text{ m} \\ \lambda(0.0013s + 0.73), & s > 200 \text{ m} \end{cases}$$

其中的 s 为交叉口间距; λ 为绿信比。

2.2 通行能力灰色关联度分析

依次选取设计速度 X_{01} 、车道数 X_{02} 、车道宽度 X_{03} 、绿信比 X_{04} 、交叉口间距 X_{05} 、客货混行比例 X_{06} 等影响因素进行灰色关联度分析。

当分析某一关联度影响时, 其他影响因素取值为定值。定值取值如下:

速度 $v_{\pm} = 50 \text{ km/h}$, $N_p = 1\ 700$; $f_c = 0.80$; 车道数为 3, $f_n = 2.60$; 车道宽度 3.50 m, $f_w = 1.0$; $f_p = 1.0$, $f_b = 1.0$; $s = 400 \text{ m}$, $\lambda = 0.75$, $\beta = 0.94$; $f_s = 0.85$ 。

对各影响因素分别取变量 I、II、III、IV, 可得到各变量条件下道路通行能力的基础数据, 见表 2。表 2 中:

(1) 当设计速度为变量 X_{01} 时, 变量 I、II、III、IV 分别取 30、40、50、100 km/h (不同等级道路设计速度中值), 分别对应机动车道道路等级系数 f_c 为 0.90(支)、0.85(次)、0.80(主)、0.70(快)。

(2) 当车道数为变量 X_{02} 时, 变量 I、II、III、IV 分别取 1、2、3、4, 分别对应机动车道数修正系数 f_n 为 1.00、1.85、2.60、3.20。

(3) 当车道宽度为变量 X_{03} 时, 变量 I、II、III、IV 分别取 3.00、3.25、3.50、3.75 m, 分别对应机动车道数修正系数 f_w 为 0.84、0.94、1.00、1.00。

(4) 当绿信比为变量 X_{04} 时, 交叉口间距取定值 300 m, 变量 I、II、III、IV 分别取 0.25、0.50、0.75、1.00, 分别对应平面交叉口影响修正系数 β 为 0.28、0.56、0.84、1.12。

(5) 当交叉口间距为变量 X_{05} 时, 绿信比取定值 0.75, 变量 I、II、III、IV 分别取 100、200、300、400 m, 分别对应平面交叉口影响修正系数 β 为 0.645、0.743、0.840、0.938。

(6) 当客货混行干扰系数为变量 X_{06} 时, 变量 I、II、III、IV 分别取 0.55、0.70、0.85、1.00。

(7) X_0 为 $X_{01} \sim X_{06}$ 时, 同时取变量 I、II、III、IV 时的通行能力。

表 2 各因素条件下道路通行能力

单位: pcu/h

影响因素	变量 I	变量 II	变量 III	变量 IV
设计速度 X_{01}	1 730	1 685	1 634	1 892
车道数 X_{02}	971	1 796	2 525	3 107
车道宽度 X_{03}	2 121	2 373	2 525	2 525
绿信比 X_{04}	842	1 683	2 525	3 366
交叉口间距 X_{05}	1 939	2 232	2 525	2 818
客货混行比例 X_{06}	1 634	2 079	2 525	2 970
通行能力 X_0	143	845	2 525	6 300

根据表 2 数据及灰色关联度理论, 对各影响因素与道路通行能力进行灰色关联度分析, 所得结果见表 3 ~ 表 6。

2.3 结果分析

通过关联度对比分析可知, 绿信比、车道数、客货混行、交叉口间距对道路通行能力影响较强; 设计速度、车道宽度对道路通行能力影响中等。

表 3 均值化生成数列

影响因素	变量 I	变量 II	变量 III	变量 IV
Y_{01}	0.997	0.971	0.942	1.090
Y_{02}	0.462	0.855	1.202	1.480
Y_{03}	0.889	0.995	1.058	1.058
Y_{04}	0.400	0.800	1.200	1.600
Y_{05}	0.815	0.938	1.062	1.185
Y_{06}	0.710	0.903	1.097	1.290
Y_0	0.058	0.344	1.029	2.568

表 4 两序列绝对差

影响因素	变量 I	变量 II	变量 III	变量 IV
Δ_{01}	0.939	0.627	0.088	1.478
Δ_{02}	0.404	0.511	0.173	1.088
Δ_{03}	0.831	0.650	0.029	1.510
Δ_{04}	0.342	0.456	0.171	0.968
Δ_{05}	0.757	0.594	0.032	1.383
Δ_{06}	0.651	0.559	0.068	1.278

表 5 关联度分析结果

影响因素	变量 I	变量 II	变量 III	变量 IV	关联度 γ_i
ξ_{01}	0.507	0.610	0.941	0.392	0.61
ξ_{02}	0.714	0.660	0.866	0.469	0.68
ξ_{03}	0.538	0.601	1.000	0.387	0.63
ξ_{04}	0.749	0.687	0.868	0.499	0.70
ξ_{05}	0.562	0.623	0.996	0.408	0.65
ξ_{06}	0.600	0.638	0.960	0.428	0.66

因此,在道路交通规划、设计和管理中,应着重注意绿信比、车道数、客货混行、交叉口间距等关键

表 6 关联度等级表

关联度值	等级	意义
0 ~ 0.35	低	影响程度较弱
0.35 ~ 0.65	中等	影响程度中等
0.65 ~ 0.85	较高	影响程度较强
0.85 ~ 1.00	高	影响程度极强

因素的影响。具体措施为:通过增加有效绿灯时长、减小信号周期时长等方法来提高绿信比;合理确定道路车道规模,优化瓶颈路段车道数,加强交叉口车道展宽;强化货运系统布局、货运通道规划、货运运行组织管理,减小客货混行干扰;合理设置交叉口间距,对部分间距过密且等级较低의相交道路,可通过右进右出、微循环等措施,减小交叉口间距过小对通行能力的影响。

3 结 语

本文选取道路通行能力的部分主要影响因素,应用灰色关联度理论,分析其对道路通行能力的影响程度,并对关键因素提出相关建议,以供道路交通规划、设计和管理参考。

参考文献:

[1] 曾波,孟伟,王正新.灰色预测系统建模对象拓展研究[M].北京:科学出版社,2014.
[2] CJJ 37—2012,城市道路工程设计规范(2016 年版)[S].

(上接第 202 页)

进度难以控制以及不具备由大断面隧道段往分岔小断面隧道段施工条件时分岔节点的施工问题,且各阶段的掌子面施工进度容易控制。综合而言,本施工方法增加的临时支护措施少、综合效益费用比高、可实施性高、施工难度低、工期较短,可大范围推广应用。

参考文献:

[1] 吴张中,徐光黎,吴立,等.超大断面隧道侧向扩挖施工围岩力学特征研究[J].岩土工程学报,2009,31(2):172-177.
[2] 刘鹏.胶州湾隧道浅埋分岔段的设计及施工关键技术[J].隧道建设,

2013,33(6):475-480.
[3] 仇在林.超大断面隧道小导洞先行与台阶反扩挖施工技术研究[J].公路工程,2018,43(4):48-56.
[4] 谈识,丁文其,吴官胜,等.城市分岔隧道无中导洞施工工法分析研究[J].现代隧道技术,2018,55(2):15-22.
[5] 胡云鹏.大跨度小净距分岔隧道双向施工关键技术研究[J].铁道建筑技术,2018(12):77-80.
[6] 洪永佳.软弱围岩下无中导洞复墙式连拱隧道施工三维数值模拟分析[J].福建交通科技,2017(3):59-61.
[7] 刘强,漆泰岳.大跨度分岔隧道施工优化与地表沉降控制[J].地下空间与工程学报,2010,6(5):1033-1038.