

doi: 10.3969/j.issn.1002-0268.2017.06.018

北京市交通环境承载力动态评价及 障碍因子诊断

徐艳艳, 李国柱, 徐 喆, 刘春艳

(吉林师范大学 旅游与地理科学学院, 吉林 四平 136000)

摘要: 交通环境承载力是衡量城市交通可持续发展的一个关键指标, 是制定城市交通规划和交通政策的依据和基础。基于模糊物元理论和熵权法构建交通环境承载力预警模型, 对2007—2014年北京市交通环境承载力水平进行评价, 并通过障碍因素诊断模型对北京市交通环境承载力的主要障碍因素进行识别。结果表明: 2007—2014年北京市交通环境综合承载力水平有所提升, 但提升幅度不大; 交通环境资源承载力和交通环境污染承载力是限制北京市交通可持续发展的主要限制因素, 且交通环境资源承载力障碍度有逐年攀升的趋势; 北京市交通环境综合承载力的主要障碍因子包括可吸入颗粒物年日均值、二氧化氮年日均值、机动车保有量密度、建成区路网密度、公共交通线路密度, 特别值得关注的是, 近年来机动车保有量密度的障碍度逐年攀升, 已超过交通环境污染因子成为制约北京市交通环境可持续发展最大的障碍因子。

关键词: 交通工程; 交通环境承载力; 模糊物元; 熵权; 障碍度

中图分类号: U491; U121

文献标识码: A

文章编号: 1002-0268 (2017) 06-0122-07

Dynamic Evaluation of Traffic Environment Bearing Capacity of Beijing and Diagnosis of Obstacle Factor

XU Yan-yan, LI Guo-zhu, XU Zhe, LIU Chun-yan

(School of Tourism and Geography Science, Jilin Normal University, Siping Jilin 136000, China)

Abstract: Traffic environmental bearing capacity is a key index for measuring the sustainable development of urban traffic, it is the basis and foundation for working out urban traffic planning and traffic policy. An early-warning model of traffic environmental bearing capacity is constructed based on fuzzy matter element theory and entropy weight method, and the traffic environmental bearing capacity of Beijing from 2007 to 2014 is evaluated. Then, the main obstacle factors of the traffic environmental bearing capacity of Beijing are identified by the barrier factor diagnosis mode. The result demonstrates that (1) the level of traffic environment comprehensive bearing capacity of Beijing City has been improved from 2007 to 2014, but the increase is not significant; (2) the traffic environmental resources bearing capacity and the traffic environmental pollution bearing capacity are the main limiting factors of the sustainable development of traffic in Beijing, and the obstacle degree of traffic resources bearing capacity is rising year by year; (3) the main obstacle factors of the traffic environmental bearing capacity of Beijing include the average annual daily value of respirable particulate matter, the average annual daily value of nitrogen dioxide, the density of motor vehicle population, the density of road network in built-up area, and the public transport line density, particularly noteworthy is that the obstacle degree of motor vehicle population density has been increasing year

收稿日期: 2016-05-05

基金项目: 国家社会科学基金项目 (13CSH068); 四平市社会科学基金项目 (201405)

作者简介: 徐艳艳 (1982-), 女, 山东诸城人, 硕士. (xuyanyan0921@163.com)

by year, and it has surpassed the traffic environmental pollution factors to become the largest obstacle factor of restricting the sustainable development of traffic environment in Beijing.

Key words: traffic engineering; traffic environmental bearing capacity; fuzzy matter-element; entropy weight; obstacle degree

0 引言

近年来,北京市机动车保有量迅猛增长,城市交通需求与城市生态环境建设之间的矛盾日益凸显。在交通可持续发展的要求下,城市交通既要满足城市系统的交通需求,同时又必须符合资源环境的客观约束,而城市交通可持续发展的规划和建设在一定程度上取决于是否建立了分析和评价城市交通超越可持续发展“度”的警示机制与体系。交通环境承载力是衡量城市交通可持续发展的一个关键指标,是制定城市交通规划和交通政策的依据和基础。

承载力作为可持续发展的阈值条件在诸多领域都得到深入研究,而在城市交通方面却是一个新的课题^[1-9]。目前,国内关于交通环境承载力的研究尚不成熟,交通环境承载力实证研究还在探索阶段,其研究方法也多继承了资源环境承载力的研究方法,如灰色系统方法,系统动力学方法、模糊理论、层次分析法、熵权法等。如刘志硕等基于系统动力学理论提出了交通环境承载力动态计算方法,并进行了相关的实证研究^[4-5];高桂凤等采用相对剩余容量模型对上海市交通环境污染承载力进行了评价^[6];李晓伟等基于AHP-熵复合物元对北京市交通可持续发展进行了评价^[7];李荣等使用多元回归分析模型对北京市机动车保有量进行了预测,并再此基础上对北京市路网承载力进行了定量分析^[8];蒋惠园建立了基于模糊物元的交通资源环境承载预测模型^[9]等。

上述研究丰富和发展了交通环境承载力的理论与方法,但是大多数研究仅从交通环境承载力的某一方面考虑,如路网承载力,资源承载力、环境污染承载力等。而交通环境是一个复杂系统,交通环境综合承载力包括了交通环境污染承载力、交通环境资源承载力、交通环境经济承载力和交通环境心理承载力^[10-11],从单方面进行衡量有失偏颇;另外,这些研究多侧重对交通环境承载力变化的评价,而忽视了引起变化的根源—障碍因素的识别。

鉴于交通环境承载力评价中各个指标的模糊性,文中引入熵值理论与模糊物元分析方法相结合的熵权模糊物元模型,从交通环境资源承载力和交通环

境污染承载力及交通环境经济承载力3个方面判别交通环境承载力的承载状态,并引入障碍度分析模型对北京市交通环境承载力障碍因子进行诊断与分析,为北京市城市生态交通规划提供依据。

1 数据来源与研究方法

1.1 数据来源

文中数据主要来自于2008—2015年《中国统计年鉴》、《中国环境统计年报》、《中国城市统计年鉴》及《北京市统计年鉴》。

1.2 研究方法

1.2.1 模糊物元理论

假定事物名称为 M ,它关于特征 C 的量值是 v ,则描述事物的基本元为有序三元组 $R = (M, C, v)$ 即为物元。如果量值 v 具有模糊性,即为模糊物元。事物 M 有 n 个特征 $C_1, C_2, \dots, C_n$ 及其相应的量值 $x_1, x_2, \dots, x_n$,则称 R 为 n 维模糊物元。 m 个事物的 n 维物元组合在一起构成 m 个事物的 n 维复合模糊物元矩阵 R_{mn} ,即:

$$R_{mn} = \begin{bmatrix} M_1 & M_2 & \cdots & M_m \\ C_1 & x_{11} & x_{21} & \cdots & x_{m1} \\ C_2 & x_{12} & x_{22} & \cdots & x_{m2} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ C_N & x_{1n} & x_{2n} & \cdots & x_{mn} \end{bmatrix} \quad (1)$$

在确定模糊物元的基础上,结合预警临界值标准,对交通环境承载力模糊物元矩阵进行标准化处理,得到标准模糊物元矩阵。以越大越优型指标为例^[11-12],见表1。

表1 越大越优型指标模糊物元标准化公式

Tab. 1 Fuzzy matter element standard formula of the bigger the more optimal index

预警级别	模糊物元标准化公式
安全	$x_{ij} = 2.5 + 2.5 \times (S1 - u_{ij}) / S1, u_{ij} > S1$
轻度预警	$x_{ij} = 5 + 2.5 \times (S2 - u_{ij}) / (S1 - S2), S2 < u_{ij} \leq S1$
中度预警	$x_{ij} = 7.5 + 2.5 \times (S3 - u_{ij}) / (S2 - S3), S3 < u_{ij} \leq S2$
重度预警	$x_{ij} = 7.5 + 2.5 \times (S3 - u_{ij}) / S3, u_{ij} \leq S3$

注: $S1, S2$ 和 $S3$ 为指标的预警标准临界值,对于效益型指标($S1 > S2 > S3$);若 $x_{ij} < 0$,则预警指数为0,若 $x_{ij} > 10$,则预警指数为10。

同理,计算越小越优型指标,得到 $n \times m$ 维标准

模糊物元 R_{ij} 。

1.2.2 基于熵权法的指标权重的构建

1.2.2.1 归一化处理

为了提高决策过程的客观性,利用熵权理论对以上各指标构成的模糊物元矩阵进行归一化处理^[7]:

$$\text{效益型指标: } \xi_{ij} = \frac{u_{ij} - \min_{u_{ij}}}{\max_{u_{ij}} - \min_{u_{ij}}}, \quad (2)$$

$$\text{成本型指标: } \xi_{ij} = \frac{\max_{u_{ij}} - u_{ij}}{\max_{u_{ij}} - \min_{u_{ij}}}, \quad (3)$$

式中, ξ_{ij} 为标准化指标; $\max_{u_{ij}}$, $\min_{u_{ij}}$ 分别为各评价样本中第 j 项指标所对应的 u_{ij} 的最大值和最小值。

1.2.2.2 利用关联熵确定各指标的权重系数

根据熵的定义, m 个评价事物 n 个评价指标, 可以确定评价指标的熵为:

$$H_i = -\frac{1}{\ln m} \left[\sum_{j=1}^m f_{ij} \ln f_{ij} \right], \quad (4)$$

式中 f_{ij} 为第 i 年份第 j 项指标的比重, 其中, $i = 1, 2, \dots, n$; $j = 1, 2, \dots, m$;

$$f_{ij} = \frac{1 + \xi_{ij}}{\sum_{j=1}^m (1 + \xi_{ij})}. \quad (5)$$

那么第 i 项指标所对应的权重系数为:

$$w_i = \frac{1 - H_i}{n - \sum_{i=1}^n H_i}. \quad (6)$$

1.2.3 综合交通环境承载力预警模型的构建

根据标准模糊物元 R_{ij} 和指标权重系数 w_i , 得到交通资源环境承载力的综合预警模型:

$$I_i = w_i \cdot R_{ij} = w_i \cdot \begin{bmatrix} M_1 & M_2 & \cdots & M_m \\ C_1 & x_{11} & x_{21} & \cdots & x_{m1} \\ C_2 & x_{12} & x_{22} & \cdots & x_{m2} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ C_n & x_{1n} & x_{2n} & \cdots & x_{mn} \end{bmatrix}. \quad (7)$$

根据预警标准判断, M 样本的交通环境承载力综合预警度。

1.2.4 交通环境承载力障碍因子诊断

为了识别制约北京市交通环境承载力的障碍因素,引入因子贡献度 (I_j)、指标偏离度 (J_{ij})、障碍度 (M_{ij} , N_{ij}) 3 个指标进行障碍因子诊断。障碍度计算模型如下^[13-14]:

$$M_{ij} = \frac{w_i \times J_{ij}}{\sum_{j=1}^n w_i \times J_{ij}} \times 100\%, \quad (8)$$

$$N_{ij} = \sum M_{ij}, \quad (9)$$

式中, w_i 为各指标权重; J_{ij} 为第 i 年第 j 个指标与交通环境承载力安全值的差距即不安全指数; M_{ij} 为第 i 年各单项指标对该年交通环境承载力的障碍度; N_{ij} 为准则层指标障碍度。

2 评价指标体系构建及阈值确定

由于交通环境心理承载力不是当前阶段交通环境承载力的主要矛盾,文中从交通环境资源承载力及交通环境污染承载力及交通环境经济承载力 3 个方面考虑,构建北京市交通环境承载力综合评价指标体系。

交通环境资源承载力水平主要取决于交通运输基础设施供给能力、运输网络完善程度及交通运输服务水平等^[11,17]。由人均城市道路面积、高等级公路所占比例、每万人拥有公共交通工具、机动车保有量密度、公共交通线路密度、建成区路网密度 6 项指标来衡量。交通环境污染承载力体现环境容纳交通系统排放的污染物达到最大量时,所支持的交通系统的发展规模。其承载力取决于交通环境污染强度和交通系统环保措施两个方面^[11,17]。其中,交通环境污染主要为大气污染和噪声污染。文中以可吸入颗粒物年日均值、二氧化硫年日均值、二氧化氮年日均值来衡量城市交通所带来的大气污染程度;以交通噪声等效声级来衡量交通噪声污染程度。交通系统环保措施主要以城市绿化覆盖率表示。交通环境经济承载力包括交通基建基金和用于补偿交通环境不良影响的资金以及居民的经济承受力比例 3 部分^[11,17],分别用交通运输财政支出比例、环境保护财政支出比例及人均 GDP 水平来表示。

参考前人研究并结合北京市城市交通实际情况,借鉴《城市道路交通管理评价指标体系(2012年版)》、《城市道路规划实际规范 GB 50220—95》、《环境空气质量标准(GB 3095—2012)》、《交通干线环境噪声排放标准(征求意见稿)》、世界银行对各国收入的分级的标准(2014)及相关研究成果^[15-18]对各个评价指标的预警标准临界值进行设定。标准预警指数按 $[0, 10]$ 区间等间距进行级别划分,以 S_1 , S_2 和 S_3 为指标的预警标准临界值,将交通资源环境承载力分为安全、轻度预警、中度预警和重度预警 4 个级别。

综上得到交通环境综合承载力指标体系及各指标的临界值标准,见表 2。本研究以公路交通环境为主要研究对象,暂不考虑铁路运输和航空运输对城市交通承载力的影响。

表2 交通环境承载力指标及预警标准临界值

Tab. 2 Traffic Environment bearing capacity indicator and early-warning standard critical value

准则层	指标层			临界值标准 (S1,S2,S3)	安全 [0,2.5)	轻度预警 [2.5,5)	中度预警 [5,7.5)	重度预警 [7.5,10]
资源承载力 指标	C_1	(+)	人均城市道路面积/ m^2	(10,7,5)	>10	(7,10]	(5,7]	≤ 5
	C_2	(+)	高等级公路所占比例/%	(30,20,10)	>30	(20,30]	(10,20]	≤ 10
	C_3	(+)	每万人拥有公共交通工具/台	(15,13,10)	>15	(13,15]	(10,13]	≤ 10
	C_4	(-)	机动车保有量密度/ $(\text{veh} \cdot \text{km}^{-1})$	(100,200,270)	<100	[100,200)	[200,270)	≥ 270
	C_5	(+)	公共交通线路网密度/ $(\text{km} \cdot \text{km}^{-2})$	(3.5,2.5,1)	>3.5	(2.5,3.5]	(1,2.5]	≤ 1
	C_6	(+)	建成区路网密度/ $(\text{km} \cdot \text{km}^{-2})$	(8,6.5,5)	>8	(6.5,8]	(5,6.5]	≤ 5
环境污染 承载力指标	C_7	(-)	可吸入颗粒物年日均值/ $(\text{ug} \cdot \text{m}^{-3})$	(40,55,70)	<20	[20,40)	[40,70)	≥ 70
	C_8	(-)	二氧化硫年日均值/ $(\text{ug} \cdot \text{m}^{-3})$	(20,40,60)	<10	[10,20)	[20,40)	≥ 40
	C_9	(-)	二氧化氮年日均值/ $(\text{ug} \cdot \text{m}^{-3})$	(10,20,40)	<40	[40,50)	[50,60)	≥ 60
	C_{10}	(-)	交通噪声等效声级 dB(A)	(55,65,70)	<68	[68,70)	[70,72)	≥ 72
	C_{11}	(+)	城市绿化覆盖率/%	(50,30,20)	>50	(30,50]	(20,30]	≤ 20
经济承载力 指标	C_{12}	(+)	环境保护财政支出比例/%	(3,2,1)	>150	(100,150]	(50,100]	≤ 50
	C_{13}	(+)	人均地区生产总值/万元	(8,3,1)	>6	(4,6]	(2,4]	≤ 2
	C_{14}	(+)	交通运输财政支出比例/%	(3,2,1)	>200	(100,200]	(50,100]	≤ 50

注：“+”为效益型指标，即越大越优型指标；“-”为成本型指标，即越小越优型指标；高等级公路所占比例=二级以上公路里程/公路里程；机动车保有量密度=机动车保有量/公路里程；公共交通线路网密度=公共交通运营线路长度/城区面积；建成区路网密度=城市道路里程/建成区面积。

3 北京市交通环境承载力动态评价及障碍因子诊断结果

3.1 北京市交通环境承载力动态评价

根据表2所确定的交通环境承载力指标，构建

北京市交通环境承载力模糊物元模型，依据各指标的预警标准，运用预警指数公式对各指标数据进行标准化得到新的标准模糊物元 R_{ij} ，见式(10)。

利用关联熵计算交通资源环境承载力各项指标的

权重，计算结果为式(11)：

$$\begin{bmatrix}
 M_1 & M_2 & M_3 & M_4 & M_5 & M_6 & M_7 & M_8 \\
 C_1 & 6.75 & 5.99 & 6.06 & 6.79 & 7.18 & 4.53 & 4.49 & 4.63 \\
 C_2 & 4.95 & 4.71 & 4.11 & 4.08 & 3.90 & 3.84 & 3.78 & 3.58 \\
 C_3 & 1.41 & 0.89 & 0.88 & 0.96 & 1.27 & 1.10 & 0.94 & 0.86 \\
 C_4 & 3.69 & 4.32 & 4.83 & 6.00 & 6.21 & 6.50 & 6.81 & 7.00 \\
 C_5 & 6.77 & 6.70 & 6.64 & 6.56 & 6.45 & 6.43 & 6.41 & 6.33 \\
 C_6 & 7.87 & 7.64 & 7.70 & 7.52 & 7.30 & 5.39 & 5.75 & 6.09 \\
 C_7 & 10.00 & 9.36 & 9.32 & 9.32 & 9.07 & 8.89 & 8.86 & 9.14 \\
 C_8 & 5.88 & 4.50 & 4.25 & 4.00 & 3.50 & 3.50 & 3.31 & 2.75 \\
 C_9 & 9.13 & 8.06 & 8.31 & 8.56 & 8.44 & 8.25 & 8.50 & 8.56 \\
 C_{10} & 7.45 & 7.30 & 7.35 & 7.50 & 7.30 & 7.10 & 7.05 & 7.05 \\
 C_{11} & 3.38 & 3.31 & 3.20 & 3.13 & 3.05 & 2.98 & 2.90 & 2.61 \\
 C_{12} & 6.42 & 6.31 & 5.21 & 6.26 & 4.84 & 4.17 & 4.28 & 2.54 \\
 C_{13} & 3.58 & 3.39 & 3.28 & 2.98 & 2.64 & 2.42 & 2.26 & 2.06 \\
 C_{14} & 6.00 & 2.21 & 0.66 & 1.82 & 1.37 & 0.83 & 1.80 & 2.50
 \end{bmatrix}, \quad (10)$$

$$\begin{bmatrix}
 C_1 & C_2 & C_3 & C_4 & C_5 & C_6 & C_7 & C_8 & C_9 & C_{10} & C_{11} & C_{12} & C_{13} & C_{14} \\
 w_i & 0.08 & 0.05 & 0.05 & 0.21 & 0.05 & 0.06 & 0.07 & 0.05 & 0.08 & 0.07 & 0.05 & 0.06 & 0.06 & 0.04
 \end{bmatrix}^{\circ} \quad (11)$$

最终,由式(6)得到北京市2007—2014年交通环境综合承载力的预警指数。同理,可分别求得交通环境资源承载力、交通环境污染承载力和交通环境经济承载力的预警结果,见表3。

表3 北京市交通环境承载力预警结果

Tab 3 Early-warning result of traffic environmental bearing capacity of Beijing

年份	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014
交通环境综合承载力	5.70	5.33	5.28	5.68	5.55	5.15	5.26	5.21
交通环境资源承载力	4.86	4.89	5.05	5.62	5.74	5.20	5.34	5.44
交通环境污染承载力	7.61	6.94	6.95	6.99	6.77	6.62	6.62	6.57
交通环境经济承载力	5.26	4.20	3.36	3.94	3.16	2.69	2.91	2.35

由表3可知,从2007—2014年北京市交通环境综合承载力有所提升,但预警指数始终处于中度预警区间,北京市交通环境综合承载力压力依然很大。从交通环境承载力的3个分量的预警结果来看,交通环境污染承载力问题最为突出,其次是交通环境资源承载力和交通环境经济承载力。交通环境污染承载力的预警值已接近重度预警区间,近年来北京市交通环境污染承载力水平有所提升,但交通环境污染形势依然很严峻。同时,交通环境资源承载力的预警指数有逐年增加的趋势。虽然近年来,北京市交通运输基础设施供给能力、运输网络完善程度及交通运输服务水平都在不断提高,但是与此同时,城市交通需求也在迅猛增长。2007—2014年,北京市机动车保有量增加了344万辆,平均每年增加近50万辆;北京市常住人口增加了659万。交通需求增长速度大于交通资源的供给能力的提升速度,使得北京市交通环境资源承载力压力越来越大。而相对于压力较大的交通环境污染承载力和交通环境资源承载力,北京市交通环境经济承载力水平逐年提升,到2014年北京市交通经济承载力已进入安全预警区间,城市交通可持续发展与经济承载力之间的矛盾基本解决。

3.2 北京市交通环境承载力障碍因子诊断

在北京市交通环境承载力综合评价的基础上,通过式(8)和式(9),对北京市交通环境承载力障碍因子进行分析,得到各单项指标对该年交通环境承载力的障碍度及准则层指标障碍度,见表4。

指标层障碍度的结果显示,北京市交通环境综合承载力的主要障碍因子包括可吸入颗粒物年日均值、二氧化氮年日均值、交通噪声等效声级、机动车保有量密度、建成区路网密度、人均城市道路面积、公共交通线路密度。从主要障碍因子的变化

表4 指标层障碍因素诊断结果(单位:%)

Tab. 4 Diagnosis result of obstacle factors of index layer (unit: %)

指标	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014
C_1	9.72	8.88	9.04	9.78	11.11	5.43	5.18	5.69
C_2	3.63	3.64	2.65	2.33	2.15	2.32	2.16	1.86
C_3	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
C_4	7.36	12.48	15.97	21.54	23.83	28.90	30.24	32.36
C_5	6.82	7.46	7.33	6.46	6.57	7.36	7.10	7.12
C_6	9.89	10.54	10.64	9.22	9.20	6.24	6.81	7.72
C_7	16.41	16.73	16.57	14.89	14.95	16.39	15.82	16.94
C_8	5.20	3.43	2.99	2.31	1.60	1.81	1.42	0.45
C_9	15.18	14.19	14.78	13.86	14.14	15.43	15.63	16.19
C_{10}	10.64	11.49	11.58	10.73	10.73	11.59	11.13	11.40
C_{11}	1.34	1.39	1.19	0.96	0.88	0.85	0.70	0.20
C_{12}	7.36	7.95	5.64	7.03	4.56	3.67	3.80	0.08
C_{13}	1.99	1.82	1.60	0.89	0.27	0.00	0.00	0.00
C_{14}	4.45	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

来看,见图1,机动车保有量密度的障碍度逐年递增,已成为影响北京市交通环境承载力的最主要的障碍因子;可吸入颗粒物年日均值、二氧化氮年日均值、交通噪声等效声级这几个交通环境指标的障碍度始终持续在较高水平,障碍度均大于10%,说明交通环境污染压力依然是限制北京市交通环境可持续发展的主要因素;而人均城市道路面积、建成区路网密度和公共交通线路网密度的障碍度呈下降趋势。

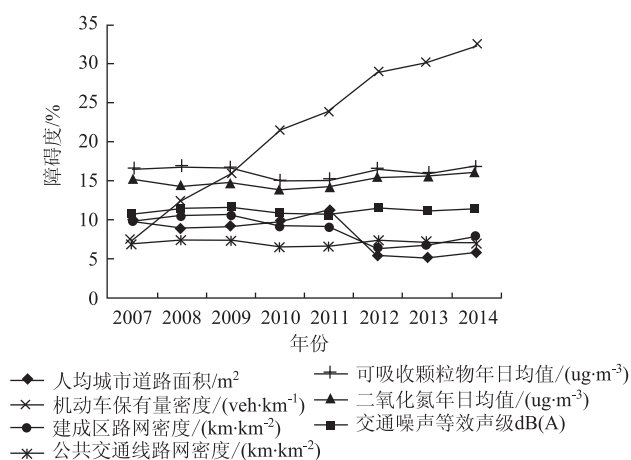


图1 2007年—2014年主要障碍因子的变化

Fig. 1 Changes of major obstacle factors from 2007 to 2014

对准则层障碍度进行诊断,见图2。结果显示,交通环境资源承载力和交通环境污染承载力是北京市城市交通可持续发展的主要障碍因素,两者对交

通环境综合承载力的障碍度累计达90%以上,尤其是交通环境资源承载力的障碍度近年来有逐年攀升的趋势,2009年之后,交通环境资源承载力超过交通环境污染承载力成为限制北京市交通环境综合资源承载力最大的障碍因素,而交通环境经济承载力对交通环境综合承载力的制约作用越来越弱。

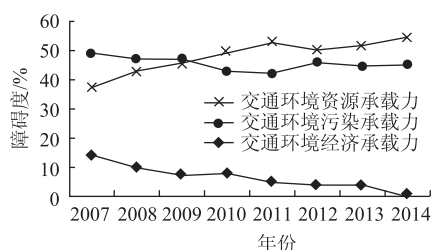


图2 准则层障碍因素诊断结果

Fig.2 Diagnosis result of obstacle factors of criterion layer

4 结论

(1) 2007—2014年北京市交通环境综合承载力水平有所提升,但提升幅度不大。从北京市交通环境综合承载力的3个分量来看:北京市交通环境污染承载力水平最低,已接近重度预警区间,近年来虽有所改善,但形势依然严峻;交通环境资源承载力始终处于中度预警区间,并且呈现逐步恶化的趋势;而交通环境经济承载力已逐步进入安全预警区间,交通可持续发展与经济承载力之间的矛盾基本解决。交通环境污染承载力和交通环境资源承载力是制约北京市交通可持续发展的瓶颈问题。

(2) 指标层障碍度诊断结果表明,制约北京市交通环境综合承载力水平的障碍因子主要集中在交通环境污染承载力指标和交通环境资源承载力指标中。探究近十年来主要障碍因子的变化,可以发现近年来,机动车保有量密度对北京市交通环境综合承载力的障碍度逐年攀升,到2014年机动车保有量密度指标对北京市交通环境综合承载力的障碍度达到32.36%,远超过其他因子对交通环境承载力的影响,成为制约北京市交通环境可持续发展最主要的障碍因子。

(3) 城市汽车保有量激增与路网密度不相符势必造成交通拥堵,而交通拥堵又会加剧交通环境污染问题。因此,解决北京市交通环境可持续发展问题的关键在于解决汽车保有量与城市道路供给之间的矛盾。由于道路扩张最终会受到土地资源的限制,不可能无限扩张,因此在加强城市路网建设的同时,更应该关注城市路网优化策略,引入先进的交通管理机制,利用新的技术手段,如地理信息系统技术、

定位技术、导航技术、现代无线通信技术等对交通流进行实时疏导,最大限度地提高路网资源的利用效率。同时,要从源头控制北京市汽车保有量,从政策上限制机动车的使用强度。

(4) 基于模糊物元理论和熵权法构建的交通环境承载力预警模型,克服了交通环境承载力研究中单因素分析的局限性,较为全面地反映了交通环境综合承载力水平。熵权模糊物元模型与障碍度分析相结合,能够更为深入地剖析交通环境承载力的状态及障碍因子,为交通环境承载力评价及对策研究提供依据,具有较强的适用性和可操作性。

参考文献:

References:

- [1] 苗国强,杨忠振. 环境承载力约束下城市交通政策的节能减排效果评价研究[J]. 贵州大学学报:自然科学版, 2016, 33(1): 127-131.
MIAO Guo-qiang, YANG Zhong-zhen. Evaluation of Urban Transport Policy under Environmental Sustainability [J]. Journal of Guizhou University: Natural Science Edition, 2016, 33(1): 127-131.
- [2] 石良清. 公路交通环境不确定多属性综合评价模型[J]. 公路交通科技, 2007, 24(9): 155-158.
SHI Liang-qing. Uncertainty Multi-attribute Highway Environment Comprehensive Evaluation Model [J]. Journal of Highway and Transportation Research and Development, 2007, 24(9): 155-158.
- [3] 李胜,童利忠,赵冬梅,等. 灰色决策模型在城市交通环境大气影响评价中的应用[J]. 公路交通科技, 2000, 17(3): 88-90, 94.
LI Sheng, TONG Li-zhong, ZHAO Dong-mei, et al. Application of Grey Relation Decision-making Model in Urban Traffic Air Impact Assessment [J]. Journal of Highway and Transportation Research and Development, 2000, 17(3): 88-90, 94.
- [4] 刘志硕,申金升,张智文,等. 交通环境承载力动态计算方法及应用[J]. 交通环保, 2002, 23(4): 1-3.
LIU Zhi-shuo, SHEN Jin-sheng, ZHANG Zhi-wen, et al. A Dynamic Method for Calculating Traffic Environment Carrying Capacity and Its Application [J]. Environmental Protection in Transportation, 2002, 23(4): 1-3.
- [5] 刘志硕,申金升,张智文,等. 基于交通环境承载力的城市交通容量的确定方法及应用[J]. 中国公路学报, 2004, 17(1): 70-78.
LIU Zhi-shuo, SHEN Jin-sheng, ZHANG Zhi-wen, et al. Method for Calculating the Urban Traffic Capacity Based on

- Traffic Environment Carrying Capacity and Its Applications [J]. China Journal of Highway and Transport, 2004, 17 (1): 70-78.
- [6] 高桂凤, 武红丽, 张生瑞. 基于可持续发展的城市交通环境承载力评价 [J]. 华中科技大学学报: 城市科学版, 2007, 24 (1): 90-92, 96.
GAO Gui-feng, WU Hong-li, ZHANG Sheng-rui. Urban Transportation Environment Bearing Capacity Evaluation Based on Sustainable Development [J]. Journal of Huazhong University of Science and Technology: Urban Science Edition, 2007, 24 (1): 90-92, 96.
- [7] 李晓伟, 陈红, 邵海鹏, 等. 基于 AHP-熵复合物元的城市交通可持续发展评价 [J]. 西安建筑科技大学学报: 自然科学版, 2012, 43 (6): 831-837, 858.
LI Xiao-wei, CHEN Hong, SHAO Hai-peng, et al. Evaluation Model of Urban Traffic Sustainable Development Base on Matter Element with AHP and Entropy [J]. Journal of Xi'an University of Architecture and Technology: Natural Science Edition, 2012, 43 (6): 831-837, 858.
- [8] 李荣, 吴建军. 北京市交通承载力预测研究 [J]. 山东科学, 2013, 4 (2): 98-104, 111.
LI Rong, WU Jian-jun. Prediction of Beijing Traffic Carrying Capacity [J]. Shandong Science, 2013, 4 (2): 98-104, 111.
- [9] 蒋惠园, 黄永燊. 交通资源环境承载力预警研究 [J]. 交通运输系统工程与信息, 2015, 15 (2): 10-16.
JIANG Hui-yuan, HUANG Yong-shen. Study on Early Warning of Traffic Resources and Environment Carrying Capacity [J]. Journal of Transportation Systems Engineering and Information Technology, 2015, 15 (2): 10-16.
- [10] 齐喆, 张贵祥. 北京市交通综合承载力评价与提升策略 [J]. 生态经济, 2016, 32 (1): 82-86.
QI Zhe, ZHANG Gui-xiang. Research on Evaluation and Development Strategy of Comprehensive Traffic Carrying Capacity in Beijing [J]. Ecological Economy, 2016, 32 (1): 82-86.
- [11] 李晓燕, 陈红, 胡晗. 交通环境承载力及其量化方法初探 [J]. 公路交通科技, 2008, 25 (1): 151-154.
LI Xiao-yan, CHEN Hong, HU Han. Traffic Environmental Carrying Capacity and Its Measuring Methods [J]. Journal of Highway and Transportation Research and Development, 2008, 25 (1): 151-154.
- [12] 张先起, 梁川. 基于熵权的模糊物元模型在水质综合评价中的应用 [J]. 水利学报, 2005, 36 (9): 1057-1061.
- ZHANG Xian-qi, LIANG Chuan. Application of Fuzzy Matter-element Model Based on Coefficients of Entropy in Comprehensive Evaluation of Water Quality [J]. Journal of Hydraulic Engineering, 2005, 36 (9): 1057-1061.
- [13] 李春燕, 南灵. 陕西省土地生态安全动态评价及障碍因子诊断 [J]. 中国土地科学, 2015, 29 (4): 72-81.
LI Chun-yan, NAN Ling. Dynamic Evaluation and Diagnosis of Obstacle Factors on Land Eco-security in Shaanxi Province [J]. China Land Sciences, 2015, 29 (4): 72-81.
- [14] 孙茜, 张捍卫, 张小虎. 河南省资源环境承载力测度及障碍因素诊断 [J]. 干旱区资源与环境, 2015, 29 (7): 33-38.
SUN Qian, ZHANG Han-wei, ZHANG Xiao-hu. Resources and Environment Carrying Capacity Estimation and the Obstacle Factors Diagnosis for Henan Province [J]. Journal of Arid Land Resources and Environment, 2015, 29 (7): 33-38.
- [15] 李莉, 陈长虹, 戴懿, 等. 城市交通与环境可持续发展指标体系评估系统研究——上海案例应用 [J]. 安全与环境学报, 2006, 6 (4): 118-122.
LI Li, CHEN Chang-Hong, DAI Yi, et al. Evaluation System of Urban Transportation and Environment Sustainable Development Indicators: A Case with Shanghai [J]. Journal of Safety and Environment, 2006, 6 (4): 118-122.
- [16] 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 [J]. 中国公路学报, 2005, 18 (2): 74-78.
ZHANG Sheng-rui, SHAO Chun-fu, YAN Hai. Evaluation Indices and Model of Highway Transportation Sustainable Development [J]. China Journal of Highway and Transport, 2005, 18 (2): 74-78.
- [17] 王爱苹, 马红娟, 孙贵玲. 多层次模糊综合评价在城市交通承载力评价中的应用 [J]. 数学的实践与认识, 2015, 45 (19): 81-88.
WANG Ai-ping, MA Hong-juan, SUN Gui-ling. Application of Multi-level Fuzzy Comprehensive Evaluation in the Urban Traffic Carrying Capacity [J]. Mathematics in Practice and Theory, 2015, 45 (19): 81-88.
- [18] 戴懿, 陈长虹. 上海市可持续交通指标体系的建立及评价方法研究 [J]. 上海环境科学, 2005, 24 (3): 114-118.
DAI Yi, CHEN Chang-hong. Studies on Establishment of Indicator System and Evaluation Approaches for Sustainable Transportation in Shanghai [J]. Shanghai Environmental Sciences, 2005, 24 (3): 114-118.