

小区开放对道路通行的影响

摘要

基于畅通城市“毛细血管”的出发点，中央推行开放小区政策，然而能否改善交通以及对小区周边道路的影响却是未知。因此，建立模型分析开放小区的影响。

针对问题一，建立模糊综合评价模型评价小区开放对周边道路通行的影响。首先构建三层次评价结构模型，第一层为小区开放对道路通行影响，第二层为一级因素车流量、道路数量、绕行程度，第三层为二级因素小区出口数量、小区坐落地点、小区内车道数量、小区周边道路数、小区面积规模、小区内道路曲折程度；然后构建一级和二级因素的成对比较矩阵和模糊评判矩阵，得到综合评价指标。为检验评价指标的可行性，选取市区某典型小区进行评价，结果表明该小区开放后对周边道路的通行状况影响很大。

针对问题二，首先利用单车道饱和度模型，建立了多车道饱和度模型，并结合实际从时间和经济成本两方面影响，对开放后多车道饱和度模型进行修正，给出饱和度修正指数模型；取单位面积拥有的道路长度作为道路覆盖率的指标，然后建立路网覆盖率模型。选取问题一中的典型小区，分别计算小区每两个出口间行驶路线的修正指数，将其叠加后得到小区周边城市道路开放前后的饱和度和覆盖率，结果表明小区开放后周边道路的饱和度均有所下降，该政策确实起到了车辆分流作用，缓解了道路拥挤问题，还增加了路网的可达性。小区开放的影响效果与不同小区的选取有关。

针对问题三，将问题一中的模糊综合评价模型和问题二的车辆通行综合模型相结合，考虑小区的内部结构、周边环境和面积规模等因素，分别选取三种不同类型的典型小区进行求解。将三个小区对周边道路通行状况的影响的方面和程度进行对比，开放小区后，小区 A 周边的三条道路饱和度分别下降了 0.071、0.109 和 0.085，路网覆盖率提升了 $0.009m/m^2$ ，小区 B 周边的四条道路饱和度分别下降了 0.049、0.039，0.04 和 0.044，路网覆盖率提升了 $0.02m/m^2$ ，小区 C 周边的道路饱和度降低了 0.044，路网覆盖率提升了 $0.014m/m^2$ ，三个小区开放对周边道路通行状况影响均很大。

针对问题四，结合问题三所得结论，我们给政府部门提出了一些建议，比如：优先开放主干道附近的、内部结构复杂并且面积规模较大的小区，在离城市中心区较远的位置开放面积规模小并且内部结构简单的小区。

关键词：开放小区；模糊评价；饱和度；修正指数；路网覆盖率

1.问题重述

中央发布推广街区制，原则上不再建设封闭住宅小区，已建成的住宅小区和单位大院要逐步开放等意见，引起广泛关注和讨论。

对于开放小区问题，社会上出现很多观点，一种观点同意开放小区，认为封闭式小区破坏城市的路网结构，容易造成交通拥堵。开放小区可以有效改善路网密度，使道路面积增加，提高通行能力。另一种观点认为小区的位置、面积、外围街道等诸多因素都影响这交通通行能力，不能一概而论。若小区开放后，虽然支路口增多，但是会使进出主通路的车辆增多，影响主通路的交通通行。

因此，针对开放小区对小区周围的道路影响问题，建立模型科学分析评价开放小区对交通通行等问题的影响。定量比较不同类型小区，并给出关于小区开放的合理化建议。

2.问题分析

随着我国的经济的发展，人口数和拥有的车辆数也逐渐增加，城市的道路资源有限，交通问题逐渐严重，在一些一线、二线城市交通拥挤问题突出。

目前，城市小区主要采用封闭式建设，虽然对小区的管理带来方便，但具有一定的缺点，破坏了城市交通网之间的联系，从而导致居民出行的时间和距离加长，增加出行经济成本。

开放性小区的推广可以增加城市的支路网，提高道路的分流能力。利用支路、胡同等卸载主干路与次干路的过载负荷，保证城市主线交通畅通^[1]。对于开放小区社会上提出很多问题，其中对小区周边道路影响问题最为突出。针对开放小区能否真正解决交通压力，建立模型，提出开放小区对周边可能造成影响的因素，结合不同的小区位置、形状分析问题。

3.模型假设

- 1.假设小区内不堵车，车辆在小区内行驶平均速度恒定。
- 2.假设所有车型一样，以我国保有量最多车型为例。
- 3.假设不考虑驾驶习惯，道路优劣影响，所有车每公里耗油一样。
- 4.假设时间成本与经济成本相互独立，互不影响。
- 5.假设道路类型不影响道路通行能力，道路通行能力只与车道数有关。
- 6.假设道路上不会发生交通事故，不会因此增加时间成本。
- 7.假设车道折减系数均取其平均值。
- 8.假设忽略交叉路口对车辆通行的影响。

4.模型符号说明

4.1 模型一

符号	含义
u_1	车流量
u_2	车道数目
u_3	绕行程度
v_1	影响很大
v_2	影响较大
v_3	影响一般
v_4	影响较小
a_{ij}	元素 $i(i=1,2,3\dots)$ 与元素 $j(j=1,2,3\dots)$ 相比的重要性
R_i	各因素评判矩阵
A_i	各因素权重向量
B	综合评价向量

4.2 模型二

符号	单位	含义
M	-	未开放小区前道路饱和度
M'	-	开放小区后道路饱和度
Q	pcu/h	最大交通量
N_s	pcu/h	道路的设计通行能力
α_c	-	机动车道路分类系数
N_p	pcu/h	单条道的可能通行能力

k_n	-	车道折减系数
$\alpha(l)$	min	时间成本
$\beta(l)$	元	经济成本
p	0.63元/km	每公里燃油费用
N_0	条	路口通往固定方向的车道数
N	条	路口总的车道数
$f(x)_{ij}$	-	从出口 i 到出口 j 的修正指数
ϖ	m/m^2	路网覆盖率

5.问题一建立与求解

5.1 问题一

5.1.1 评价指标体系

针对小区开放对道路通行影响问题的考虑，以通用性、协调性、综合性、客观性和实用性为原则建立多层次评价指标体系。该体系指标较多，将所有的指标进行归类分析，通过建立模糊层次分析模型来研究小区开放对道路通行的影响。模型分为三个层次，第一层为小区开放对道路通行影响，第二层为一级因素车流量、道路数量、绕行程度，第三层为二级因素小区出口数量、小区坐落地点、小区内车道数量、小区周边道路数、小区面积规模、小区内道路曲折程度。模型层次分析结构图如图 1 所示。

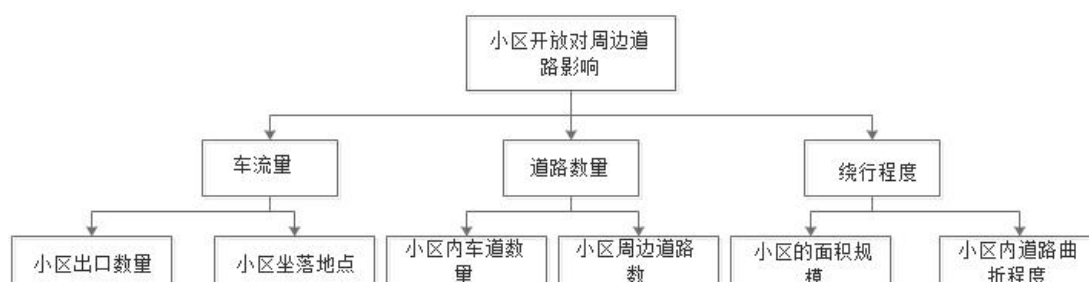


图 1 模型层次分析结构图

5.1.2 模糊综合评价分析模型的建立

将因素分成若干个一级因素 $U = \{u_1, u_2, \dots, u_k\}$ ，再将每一个一级因素又分成若干个二级因素 $U^{(n)} = \{u_1^{(n)}, u_2^{(n)}, \dots, u_k^{(n)}\}, (n=1, 2, \dots, k)$ 。

对周边道路通行的影响我们可以用道路拥挤率和可达性来衡量，其中道路的

拥挤率由车流量和车道数来决定，可达性由车道数和绕行程度决定，因此一级因素为 $U = \{u_1, u_2, u_3\}$ ，其中 u_1 表示车流量， u_2 表示道路数量， u_3 表示绕行程度，这几个因素直接影响到道路通行质量。而影响车流量、车道数和绕行程度的因素又来源于两方面，一方面是小区周边道路状况，另一方面是小区自身结构，因此二级因素为 $u_1 = \{u_{11}, u_{12}\}$ ， $u_2 = \{u_{21}, u_{22}\}$ ， $u_3 = \{u_{31}, u_{32}\}$ 。其中 u_{11} u_{12} 分别表示小区出口数量和小区坐落地点， u_{21} 、 u_{22} 分别表示小区内车道数量和小区周边道路数， u_{31} 、 u_{32} 分别表示小区内道路曲直程度和小区的面积规模。

设评价集 $V = \{v_1, v_2, v_3, v_4\}$ ，分别代表影响很大，影响较大，影响一般，影响较小采用 1-9 标度法分别列写出评判矩如下所示：

$$X_n = \begin{bmatrix} a^{(n)}_{11} & \dots & a^{(n)}_{1j} \\ \dots & \dots & \dots \\ a^{(n)}_{i1} & \dots & a^{(n)}_{ij} \end{bmatrix}$$

其中 a_{ij} 表示因素 i 跟因素 j 相比的重要程度见表 1 所示。

表 1 1-9 标度方法

序号	重要性等级	赋值 a_{ij}
1	i 与元素 j 同样重要($i = 1,2,3 \dots$)($j = 1,2,3 \dots$)	1
2	i 与元素 j 稍微重要($i = 1,2,3 \dots$)($j = 1,2,3 \dots$)	3
3	i 与元素 j 明显重要($i = 1,2,3 \dots$)($j = 1,2,3 \dots$)	5
4	i 与元素 j 强烈重要($i = 1,2,3 \dots$)($j = 1,2,3 \dots$)	7
5	i 与元素 j 极端重要($i = 1,2,3 \dots$)($j = 1,2,3 \dots$)	9

计算评判矩阵的特征值 λ_{\max} ，并计算一致性比率，公式如下所示：

$$CI = \frac{\lambda_{\max} - n}{n - 1}$$

$$CR = \frac{CI}{RI}$$

$$CR = \frac{\lambda_{\max} - n}{(n-1) \times RI} \quad (1)$$

分别将评判矩阵的特征向量归一化以后,计算出 $U^{(n)} = \{u_1^{(n)}, u_2^{(n)}, \dots, u_k^{(n)}\}$,
 $U = \{u_1, u_2, \dots, u_k\}$ 权重 $A^{(n)} = \{a_1^{(n)}, a_2^{(n)}, \dots, a_k^{(n)}\}$ 和 $A = \{a_1, a_2, \dots, a_k\}$ 。

并对二级因素进行单因素评判,即建立模糊映射, $u_{ij}^{(n)} \rightarrow f_{ij}(u_{ij}^{(n)}) = r_{ij}^{(n)}$,
 得到评判矩阵:

$$R_i = \begin{bmatrix} r_{11}^{(n)} & r_{12}^{(n)} & \dots & r_{1j}^{(n)} \\ r_{21}^{(n)} & r_{22}^{(n)} & \dots & r_{2j}^{(n)} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ r_{i1}^{(n)} & r_{i2}^{(n)} & \dots & r_{ij}^{(n)} \end{bmatrix}$$

$$B_i = A_i \circ R_i = \{b_1^{(n)}, \dots, b_k^{(n)}\} \quad (2)$$

对一级因素列出评判矩阵:

$$R = [B_1, B_2, \dots, B_k]$$

归一化后得到综合评价:

$$B = A_i \circ R_i = \{b_1, \dots, b_k\} \quad (3)$$

5.1.3 模型的求解



图2 典型小区 A

以图2典型小区 A 为例,该小区具有以下特点,小区道路成网状,小区坐落于主干道一侧,面积适中。

由于该小区地处主干道附近，道路数量较多且一般为不可变因素，因此车流量就显得更为重要，市民出行对绕行的容忍度较拥挤度更高，甚至为了避免堵塞采取绕行。因此一级因素的重要程度排序为车流量、道路数量、绕行程度，列写

评判矩阵为：

$$X = \begin{bmatrix} 1 & \frac{7}{5} & 7 \\ \frac{5}{7} & 1 & 5 \\ \frac{1}{7} & \frac{1}{5} & 1 \end{bmatrix}$$

计算出矩阵的特征值 $\lambda_{\max} = 3$

根据式(1) $CR = \frac{\lambda_{\max} - n}{(n-1) \times 1.24} = \frac{3-3}{2 \times 1.24} = 0 < 0.1$

归一化后得到特征向量 $A = [0.538 \quad 0.384 \quad 0.078]$

该小区地处主干道侧，车流量基数大但是较为稳定，因此对车流量影响贡献较小，开放小区后社会车辆为了避免绕行和拥挤可能从各支路通过小区内部车道汇聚到主干道，出入口数越多，将有越多的车途径小区汇聚。影响车流量的因素重要程度排序为小区内出口数，小区坐落地点。列写出评判矩阵：

$$X_1 = \begin{bmatrix} 1 & \frac{7}{3} \\ \frac{3}{7} & 1 \end{bmatrix}$$

通过一致性检验后对向量进行归一化处理，可得特征向量如下：

$$A_1 = [0.699 \quad 0.301]$$

该小区开放后，在周边车道数一定的情况下小区内车道数起到分流的作用更为明显，列出矩阵：

$$X_2 = \begin{bmatrix} 1 & 5 \\ \frac{1}{5} & 1 \end{bmatrix}$$

同样处理后得到特征向量 $A_2 = [0.833 \quad 0.167]$

若不开放小区，市民为了到达目的地将会从小区外侧绕行，面积越大绕行距离越远。该小区面积适中，因此面积规模比小区道路曲直程度强烈重要可以列写为

$$X_3 = \begin{bmatrix} 1 & 7 \\ \frac{1}{7} & 1 \end{bmatrix}$$

最后得大特征向量 $A_3 = [0.875 \quad 0.125]$

根据各个因素对通行状况的影响的特征向量可以分别得到如下评判矩阵：

$$R_1 = \begin{bmatrix} 0.3 & 0.4 & 0.2 & 0.1 \\ 0 & 0.4 & 0.3 & 0.3 \end{bmatrix}$$

$$R_2 = \begin{bmatrix} 0.6 & 0.2 & 0.1 & 0.1 \\ 0.1 & 0.5 & 0.3 & 0.1 \end{bmatrix}$$

$$R_3 = \begin{bmatrix} 0.4 & 0.2 & 0.2 & 0.2 \\ 0.3 & 0.3 & 0.2 & 0.2 \end{bmatrix}$$

通过式(1)可以得到如下结果：

$$B_1 = [0.23 \quad 0.31 \quad 0.23 \quad 0.23]$$

$$B_2 = [0.545 \quad 0.182 \quad 0.182 \quad 0.091]$$

$$B_3 = [0.4 \quad 0.2 \quad 0.2 \quad 0.2]$$

通过式(3)并归一化处理后得到该小区及其周边路况对道路通行的综合评价：

$$B = [0.333 \quad 0.269 \quad 0.199 \quad 0.199]$$

得出结论，该小区开放后对周边道路的通行状况影响很大，不同的小区将求解出不同的权重，从而影响最终求出的综合评价。

分析：开放小区导致道路总数增加，小区出入口数量增加，将直接改变原有的车流量。并且由于道路总数增加，行驶路线富有多样性，改变车流量的同时也将对路网可达性也产生影响。

6. 问题二模型的建立与求解

6.1 车辆通行模型的建立

6.1.1 建立单车道道路的饱和度模型^[2]

$$M = \frac{Q}{Ns}$$

其中 M 为道路饱和度， Q 为某路段最大交通量，可以由观测统计获取， Ns 为一条车道路段的设计通行能力。

$$Ns = \alpha_c \times Np$$

α_c 、 Np 分别为机动车道路分类系数和一条车道路段的可能通行能力，其中机动车道路分类系数值如表 2 所示。

表 2^[3]机动车道路分类系数值

道路分类	快速路	主干路	次干路	支路
α_c	0.75	0.8	0.85	0.90

其中为 t_n 为连续车流第 n 辆车头间隔时间， Np 为一条机动车道可能通行能力， v_n, l_n 分别为连续车流的第 n 辆车车速和连续车流第 n 辆车车头间隔距离。根据上式可以看出可能通行能力直接与车速成正比，在这里参考我国《城市道路设计规范》^[4]建议的单车道理论通行能力值如表 3 所示。

$$Np = \frac{3600}{\frac{1}{n} \times \sum t_n} = \frac{3600 \times \frac{1}{n} \times \sum v_n}{\frac{1}{n} \times \sum l_n}$$

表 3 单车道理论通行能力值

行车速度 v km/h	50	40	30	20
可能通行能力 Np pcu/h	1690	1640	1550	1380

因此可以得到 $M = \frac{Q}{\alpha_c \times Np}$

考虑车辆在路口有交通信号灯作用，车速将减缓，在这么我们取行车速度 v 为 $30km/h$ ，此时对应的 $Np=1550pcu/h$ 。

6.1.2 建立多条车道道路饱和度模型^[2]

$$Ns = Np \times \sum k_n$$

其中 k_n 为相应的车道折减系数，通常以靠近路中线的车行道为第一车行道，以此类推，参考城市道路设计规范和公路工程技术标准取值如表 4 所示。

表 4 车道折减系数^[5]

车道条数 n	1	2	3	4
k_n	1	0.8-0.9	0.65-0.8	0.5-0.6

因此可以得到：

$$M = \frac{Q}{\alpha_c \times Np \times \sum k_n} \quad (4)$$

6.1.3 建立饱和度修正指数模型

$$f(x)_{ij} = \sum \{ [f_1(\alpha_{ij}) + f_2(\beta_{ij})] \times \gamma_{ij} \}$$

$$f(x)_{ij} = f(x)_{ji}$$

其中 $f_1(\alpha_{ij})$ 、 $f_2(\beta_{ij})$ 分别为从出口 i 到出口 j ，因为时间成本和经济成本造成的分流指数， γ_{ij} 表示未开放小区前从出口 i 到出口 j 的通行概率。

$$\gamma_{ij} = \frac{N_0}{N}$$

其中 N_0 、 N 分别表示确定行驶路线后在路口通往该方向的车道数，以及路口总车道数。

$\alpha(l)_{ij}$ 为出行时间成本修正指数，与行驶的路程相关，可以由不通过小区内道路的路程时间减去通过小区内道路的时间得到：

$$\alpha(l)_{ij} = t_1 - t_2 = \frac{\sum_{n=1}^k l_n}{\bar{v}_1} - \frac{\sum_{n=1}^k l_n \times x_n}{\bar{v}_2} \quad (5)$$

$$x_n = \begin{cases} 1 & \text{通过该路段} \\ 0 & \text{不通过该路段} \end{cases}$$

其中 t_1 表示未开放小区的行驶时间， t_2 表示开放小区后的行驶时间， l_n 表示第 n 段路的长度。 \bar{v}_1 、 \bar{v}_2 分别代表不通过小区内道路和通过小区道路的平均车速。根据我国法律规定，车辆在小区内的车速不得超过 $20km/h$ ， $\bar{v}_2 = 20$ 。

我们针对节省时间对路线选择的问题随机调查了 50 人，仅考虑通过一两个路口节省的时间成本，参考得到 $f_1(x)_{ij}$ 时间成本分流指数如表 5 所示。

表 5 时间分流指数

$\alpha(l)_{ij} / \min$	≤ 0	0-1	1-2	2-3	3-4	4 以上
$f_1(\alpha)_{ij}$	0	0.05	0.18	0.45	0.85	0.99

$\beta(l)_{ij}$ 为出行经济成本修正指数，只与行驶的路程相关，公式如下所示：

$$\beta(l)_{ij} = \left(\sum_{n=1}^k l_n - \sum_{n=1}^k l_n \times x_n \right) \times p \quad (6)$$

其中 p 为车辆行驶一公里的油耗系数, 选取我国保有量最多的车型行驶一公里的燃油费用 0.63 元/公里。

我们针对节省金钱对路线选择的问题随机问卷调查了 50 人, 参考得到 $f_2(x)_{ij}$ 时间成本分流指数如表 6 所示。

表 6 经济成本分流指数

$\beta(l)_{ij}$ / 元	≤ 0	0-1	1-2	2-3	4-5	5-6	6 以上
$f_2(\alpha)_{ij}$	0	0.1	0.22	0.37	0.61	0.75	0.89

$$f(x)_{ij} = \sum \left\{ \left[f_1 \left(\frac{\sum_{n=1}^k l_n}{v_1} - \frac{\sum_{n=1}^k l_n \times x_n}{v_2} \right)_{ij} + f_2 \left(\sum_{n=1}^k l_n - \sum_{n=1}^k l_n \times x_n \times p \right)_{ij} \right] \times \frac{N_0}{N} \right\} \quad (7)$$

因此得到:

$$M' = M \times (1 - \sum f(x)_{ij}) \quad (8)$$

6.1.4 路网覆盖率模型的建立

路网覆盖率公式如下: $\Delta \varpi = \varpi_1 - \varpi_2$

$$\varpi_1 = \frac{\sum_{n=1}^k l_k}{S} \quad (9)$$

$$\varpi_2 = \frac{\sum_{n=1}^k l_n \times x_n}{S} \quad (10)$$

其中 ϖ_1 、 ϖ_2 分别为未开放小区时的路网覆盖率和开放小区后的路网覆盖率。

因此得到如下车辆通行的综合模型:

$$\left\{ \begin{array}{l} f(x)_n = \sum \left\{ \left[f_1 \left(\frac{\sum_{n=1}^k l_n}{v_1} - \frac{\sum_{n=1}^k l_n \times x_n}{v_2} \right)_n + f_2 \left(\sum_{n=1}^k l_n - \sum_{n=1}^k l_n \times x_n \times p \right)_n \right] \times \frac{N_n}{N} \right\} \\ M = \frac{Q}{\alpha_c \times Np \times \sum k_n} \\ M' = M \times (1 - \sum f(x)_n) \\ \Delta \varpi = \frac{\sum_{n=1}^k l_n \times x_n}{S} - \frac{\sum_{n=1}^k l_k}{S} \end{array} \right.$$

根据美国《通行能力手册》^[6]常以饱和度数值作为评价服务水平的主要指标，饱和度值越大，服务水平越低，服务水平级别如表 7 所示。

表 7 饱和度数值

级别	M 值	含义
一级	0--0.6	服务水平好，道路交通顺畅
二级	0.6--0.8	服务水平较高，道路稍有拥堵
三级	0.8--1.0	服务水平较差，道路拥挤
四级	>1.0	服务水平极差，道路眼中拥堵

6.2.模型的求解

选取典型小区图 2 小区为具体研究对象，分别针对每个出口，研究车辆从该口进入对出入口附近道路的通行影响。根据实际路段，主干路是四车道，其余道路均为两车道。

由于目的地确定，因此无论是否经过小区内部，最终都会汇聚到另一条城市，分别根据目的地确定出具体的形式路线，再根据百度地图测出小区内各条路段的长度。

6.2.1 饱和度 M 求解

根据实地统计十分钟内的交通量，大略粗算出主干路，次干路和两条支路的交通量 Q 分别为 2947pcu/h ， 2989pcu/h ， 1721pcu/h 。

根据式(4)可得主干路 $M = \frac{2947}{0.8 \times 1550 \times (1 + 0.85 + 0.7 + 0.55)} = 0.72$ ，通过表 7 显示该主干路服务级别为二级，道路稍有拥挤。

同样可得次干路 $M = 1.04$ ，该次干路服务级别为四级，道路极为拥挤。

支路 $M = 0.75$ ，该支路服务级别为二级，道路交通稍有拥堵。支路 $M = 0.75$ ，该支路服务级别为二级，道路交通稍有拥堵。

6.2.2 求解修正指数 $f(x)_{ij}$

高峰时根据哈尔滨早晚高峰十大拥堵路段公布^[7]可以得到道路上平均车速 $\bar{v}_1 = 11.96\text{km/h}$ 。

$$\text{根据式(5)得到: } \alpha(l)_{12} = t_1 - t_2 = \frac{700}{11.96} - \frac{686}{20} = 1.45 \text{ min}$$

$$\text{根据式(6)得到: } \beta(l)_{12} = (700 - 686) \times 0.63 = 0.008 \text{ 元} \approx 0 \text{ 元}$$

$$\gamma_{12} = \frac{2}{2 + 2 + 4} = \frac{1}{4}$$

$$\text{查表 5、6 可得: } f(x)_{12} = (0.18 + 0) \times \frac{1}{4} = 0.045$$

同理求得结果如表 8 结果所示:

表 8 各个出口修正指数值

出口 i 到出口 j	1-2	1-3	2-3
$f(x)_{ij}$	0.045	0.053	0.060

6.2.3 开放小区后饱和度 M' 求解

根据式(8)求得主干路: $M' = M \times (1 - f(x)_1 - f(x)_2) = 0.649$

同理求得次干路: $M' = 0.931$, $M' = 0.665$

6.2.4 路网覆盖率求解

该小区及其周边区域面积通过百度地图测量计算可得 $688241m^2$

$$\varpi_1 = \frac{5078}{688241} = 0.007m/m^2, \quad \varpi_2 = \frac{11228}{688241} = 0.016m/m^2 \quad \Delta \varpi = 0.009m/m^2$$

结论: 该小区开放后主干路、次干路和支路的饱和度分别下降了 0.071、0.109 和 0.085, 路网覆盖率提升了 $0.009m/m^2$, 该政策在起到缓解道路拥挤, 分流车辆以外也增加了路网的可达性。

修正指数直接反映着开放政策分流作用的效果, 值越大, 效果越明显, 不同的小区开放后对周边道路的影响方面也不相同。

7 问题三的建立与求解

7.1 模型的建立

开放小区后对周边道路的通行状况的影响分为两个方面, 一是影响程度有多大, 二是具体在哪些方面如何影响。将问题一与问题二的模型相结合, 得到开放小区后对周边道路通行状况影响的综合模型:

$$\left\{ \begin{array}{l} f(x)_n = \sum \left\{ \left[f_1 \left(\frac{\sum_{n=1}^k l_n}{v_1} - \frac{\sum_{n=1}^k l_n \times x_n}{v_2} \right)_n + f_2 \left(\sum_{n=1}^k l_n - \sum_{n=1}^k l_n \times x_n \times p \right)_n \right] \times \frac{N_n}{N} \right\} \\ M = \frac{Q}{\alpha_c \times Np \times \sum k_n} \\ M' = M \times (1 - \sum f(x)_n) \\ \Delta \varpi = \frac{\sum_{n=1}^k l_n \times x_n}{S} - \frac{\sum_{n=1}^k l_k}{S} \\ B = A \circ R = \{b_1, b_2, \dots, b_k\} \end{array} \right.$$

由于不同的小区开放将会对周边道路通行产生不同程度以及不同方面的影响。我们考虑问题一中的二级因素, 选取图 1,2,3 三个典型小区。

图 2 中 A 小区的特点是小区内道路数量较多且成网状结构, 小区坐落于主干

道一侧，面积较大。求解过程即为问题一二的求解过程。

图 3 中 B 小区的特点是小区内道路数量适中且成树状结构，小区坐落于次干道一侧，面积适中。

图 4 中 C 小区的特点是小区内道路数量少且只汇聚到一个交点，小区坐落于支路的交汇处，面积小。

分别根据目的地确定出具体形式路线，再根据百度地图测出小区内各条路段的长度。

7.2 小区 B 车辆通行综合模型求解



图 3 典型小区 B

7.2.1 饱和度 M 求解

根据实地统计十分钟内的交通量，大略粗算出次干路和三条支路的交通量 Q

分别为 $2088pcu/h$, $1884pcu/h$, $1910pcu/h$, $2116pcu/h$ 。

根据式(4)可得次干路 $M = 0.91$ ，通过表 7 显示该主干路服务级别为三级，道路拥挤。

同样可得支路 1, $M = 0.73$ ，该支路服务级别为二级，道路稍微拥挤。

支路 2, $M = 0.74$ ，该支路服务级别为二级，道路交通稍有拥堵。

支路 3, $M = 0.82$ ，该支路服务级别为三级，道路拥挤。

7.2.2 求解修正指数 $f(x)_{ij}$

计算过程与问题二中过程相同，结果如表 9 所示。

表 9 各个出口修正指数

出口 i 到出口 j	1-2	1-3	1-4	2-3	2-4	3-4
$f(x)_{ij}$	0.017	0.02	0.017	0.017	0.02	0.017

7.2.3 开放小区后饱和度 M' 求解

根据式(8)求得次干路 $M' = 0.861$

同理求得支路 1 $M'=0.691$ ，支路 2 $M'=0.7$ ，支路 3 $M'=0.776$ 。

7.2.4 路网覆盖率求解

该小区及其周边区域面积通过百度地图测量计算可得 $62501m^2$ 。

$$\varpi_1 = \frac{1050}{62501} = 0.017m/m^2, \quad \varpi_2 = \frac{2321}{62501} = 0.037m/m^2, \quad \Delta w = 0.02m/m^2$$

7.3 模糊综合评价模型求解

根据问题一里列出的一二级因素的特征向量分别列写出评判矩阵如下所示：

$$X = \begin{bmatrix} 1 & \frac{7}{3} & 7 \\ \frac{3}{7} & 1 & 3 \\ \frac{1}{7} & \frac{1}{3} & 1 \end{bmatrix} \quad X_1 = \begin{bmatrix} 1 & 3 \\ \frac{1}{3} & 1 \end{bmatrix} \quad X_2 = \begin{bmatrix} 1 & 7 \\ \frac{1}{7} & 1 \end{bmatrix} \quad X_3 = \begin{bmatrix} 1 & \frac{3}{7} \\ \frac{7}{3} & 1 \end{bmatrix}$$

$$R_1 = \begin{bmatrix} 0.5 & 0.4 & 0.1 & 0 \\ 0.1 & 0.2 & 0.5 & 0.2 \end{bmatrix}$$

$$R_2 = \begin{bmatrix} 0.5 & 0.2 & 0.2 & 0.1 \\ 0 & 0.1 & 0.7 & 0.2 \end{bmatrix}$$

$$R_3 = \begin{bmatrix} 0.1 & 0.2 & 0.4 & 0.3 \\ 0.3 & 0.4 & 0.2 & 0.1 \end{bmatrix}$$

求解过程与问题一相同，因此得到小区 B 的综合评价：

$$B = [0.37 \quad 0.296 \quad 0.185 \quad 0.148]$$

7.4 典型小区 C 模型的求解



图 4 典型小区 C

7.4.1 饱和度 M 求解

根据实地统计十分钟内的交通量，计算出次干路交通量 Q 为 $1354pcu/h$ 。

根据式(4)可得次干路 $M = 0.59$ ，通过表 7 显示该主干路服务级别为一级，道路交通顺畅。

7.4.2 求解修正指数 $f(x)_{ij}$

求解结果与典型小区 B 求解相同，结果如下表 10 所示：

表 10 各个出口修正指数

出口 i 到出口 j	1-2	1-3	2-3
$f(x)_{ij}$	0.025	0.025	0.025

7.4.3 开放小区后饱和度 M' 求解

同上求得次干路 $M' = 0.546$

7.4.4 路网覆盖率求解

该小区及其周边区域面积通过百度地图测量计算可得 $14096m^2$ 。

$$\varpi_1 = \frac{428}{14096} = 0.03m/m^2, \quad \varpi_2 = \frac{615}{140961} = 0.044m/m^2, \quad w = 0.014m/m^2$$

7.5 模糊综合评价模型求解

同上分别列写出评判矩阵：

$$X = \begin{bmatrix} 1 & 1 & 3 \\ 1 & 1 & 3 \\ \frac{1}{3} & \frac{1}{3} & 1 \end{bmatrix} \quad X_1 = \begin{bmatrix} 1 & 7 \\ \frac{1}{7} & 1 \end{bmatrix} \quad X_2 = \begin{bmatrix} 1 & 7 \\ \frac{1}{7} & 1 \end{bmatrix} \quad X_3 = \begin{bmatrix} 1 & 3 \\ \frac{1}{3} & 1 \end{bmatrix}$$

$$R_1 = \begin{bmatrix} 0.4 & 0.3 & 0.2 & 0.1 \\ 0.1 & 0.1 & 0.5 & 0.3 \end{bmatrix}$$

$$R_2 = \begin{bmatrix} 0.4 & 0.3 & 0.2 & 0.1 \\ 0.1 & 0.1 & 0.5 & 0.3 \end{bmatrix}$$

$$R_3 = \begin{bmatrix} 0.4 & 0.2 & 0.2 & 0.2 \\ 0.3 & 0.3 & 0.2 & 0.2 \end{bmatrix}$$

得到 C 小区的综合评价：

$$B = [0.384 \quad 0.288 \quad 0.192 \quad 0.136]$$

将三个小区车辆通行的综合模型和模糊综合评价模型求解的值相比较，做出下图 5、图 6、图 7、图 8：

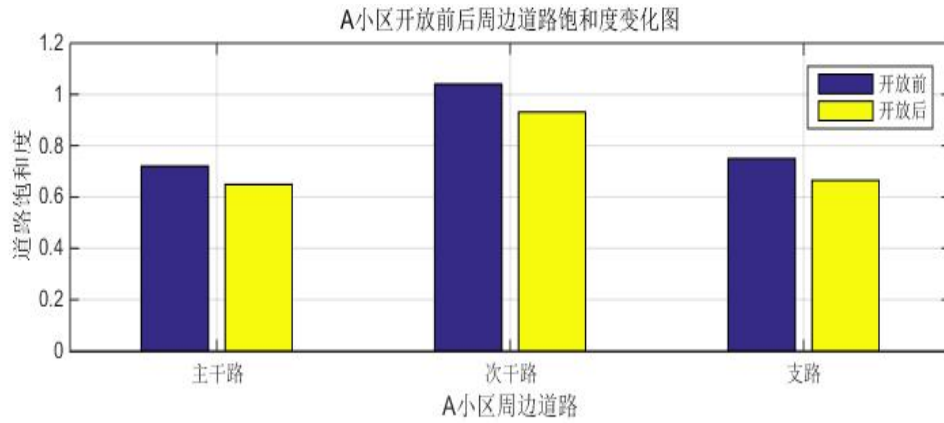


图 5 A 小区开放前后周边道路饱和度变化图

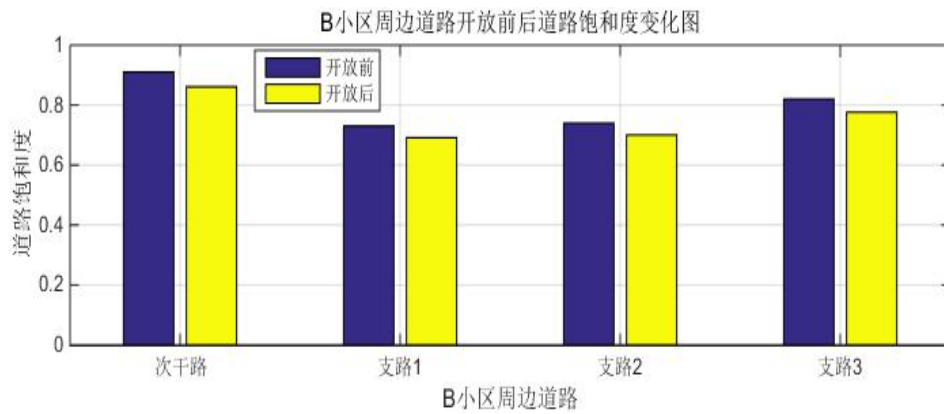


图 6 B 小区周边道路开放前后道路饱和度变化图

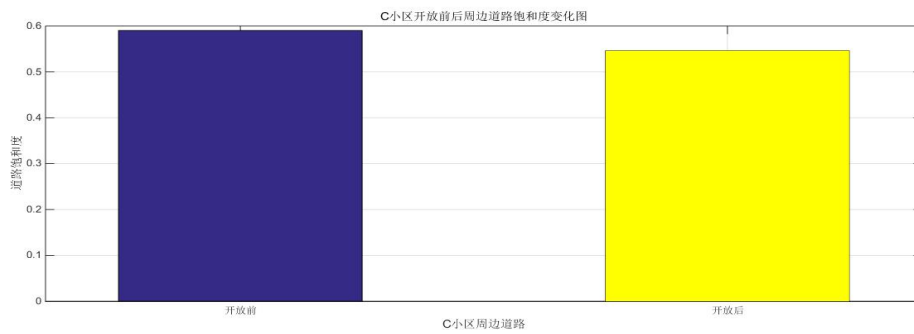


图 7 C 小区开放前后周边道路饱和度变化图

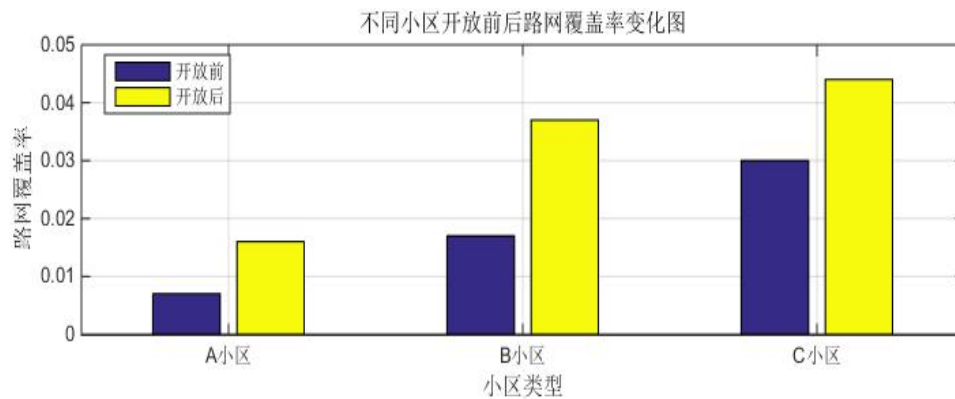


图 8 不同小区开放前后周边道路饱和度变化图

结论：A 小区开放后主干路、次干路和支路的饱和度分别下降了 0.071、0.109 和 0.085，路网覆盖率提升了 $0.009m/m^2$ 。

B 小区开放后次干路、三条支路饱和度分别下降了 0.049、0.039, 0.04 和 0.044，路网覆盖率提升了 $0.02m/m^2$ 。

C 小区开放后次干路饱和度降低了 0.044，路网覆盖率提升了 $0.014m/m^2$ 。

三个小区开放后对周边道路通行状况影响均很大。

8.问题四的求解

开放性小区的推行将打破传统封闭式小区模式，不仅是一个工程改造的过程，同时 will 影响人们日常生活通行。虽然小区开放对周边交通影响较大，但是安全和环境问题不容忽视，在维护好小区的日常生活正常运行的前提下，实行开放小区政策。

8.1 交通通行

对于交通通行建议，综合问题三的结论可以发现开放小区对车辆分流，缓解通行压力的效果： $A>B>C$ 。A 附近有三种类型的道路，最高级为主干路，小区内道路数量多且成网状，B 附近有两种类型的道路，最高级为次干路，小区内道路数量适中且成树状，C 附近只有一种类型的道路，为次干路，小区内道路数量较少并且都汇聚到一个交点。

路网覆盖率 $C>B>A$ ，小区面积： $C<B<A$ ，小区内道路数量和复杂程度为 $C<B<A$ 。

可知小区的类型对周边道路的通行状况影响如下：

- (1)小区坐落的位置影响着道路类型以及它的数目。道路类型数越多，道路级别越高，开放小区对分流车辆和缓解道路通行压力的作用越强。
- (2)小区内部结构影响着小区内道路数量和小区内岔路口数，道路数量越多，内部结构越复杂，汇聚交点越多政策分流车辆，缓解道路通行压力的效果越好。
- (3)小区的内部道路的复杂程度和面积影响着路网覆盖率增加的幅度，面积越小，内部结构越简单，路网覆盖率增加的幅度越大。

8.2 交通安全和噪声

由于小区内居民人数较多，所以建议限制车辆通行时的车速。可以在小区内道路设置减速带控制车辆的车速，在交叉口处设置标牌提示。人行道与车道之间设置隔栏，保护行人安全。另外，考虑到小区内居民的日常休息，应该在小区内设置禁止鸣笛标识，增加小区内绿被植物的种植吸收噪音，新建小区居民也可以采用隔音效果较好的玻璃等隔音材料。建议在小区的各个支路口设置标牌，控制车流量，保证小区居民的正常出行。

8.3 结论

综上所述，我们提出建议：

- 1.因为高峰时经常发生堵塞现象,我们应该优先开放主干道附近的,内部结构复杂并且面积规模较大的小区,这样可以有效地对车辆进行分流,缓解道路通行压力,提高出行效率。
- 2.在离城市中心区较远的位置,一般道路交通是比较畅通的,但是路网覆盖率较低,道路可达性很低。为了方便市民出行,增加道路可达性,可以在这些位置开放面积规模小并且内部结构简单的小区。
- 3.因为开放小区后,车辆涌入小区会增加小区出入口的通行压力。因此高峰期应在小区出入口应该设置指示牌并及时疏导。
- 4.出于通行安全考虑,应在小区出入口设置减速带。并且当地交管部门应对司机做好安全警示工作,在小区内尽量避免鸣笛产生噪音,在小区内降低车速行驶,注意避让来往居民。

9.模型优缺点分析

优点:

- (1)在建立评价指标体系时选用指标因素较多,对开放小区影响的因素考虑的比较周全,采用 1-9 标度法进行标度,具有科学性。
- (2)问题二中选用饱和度模型和路网覆盖率模型,并在此基础上建立修正模型。所计算的数据来源于我们自己统计的数据,具备真实性。
- (3)问题三中选取实际生活中比较典型的三种小区进行分析计算,得到结论。
- (4)最后,通过以上精确的计算和众多因素的考虑提出合理化的建议,同时也对小区安全问题给出意见,较为全面。

缺点:

- (1)在模糊综合评价模型^[8]计算权重时,对因素重要性的划分主观性较为明显。
- (2)在模型中对具体数据依赖性较强。
- (3)选取的小区数量较少,因此不具有普遍性。

参考文献

- [1]李小会.城市中心区交通微循环系统设置模型研究[J].城市建设理论研究, 2012(15).
- [2]杜进有, 杨远祥, 李宗平.城市道路饱和度模型及其应用[J].公路交通科技, 2006(3).
- [3]景鹏, 孟祥海.城市道路车辆分类及折算系数研究[J].城市交通出版社, 2006(2).
- [4] 北京市市政设计研究院. 城市道路设计规范. 北京: 中国建筑工业出版社, 2006: 7-10.
- [5]中建标公路委员会. 公路工程技术标准. 北京: 人民交通出版社, 2014: 72-76.
- [6]美国交通研究委员会. 美国道路通行能力手册(中文版+英文版). 北京: 人民交通出版社, 2007.
- [7]史东旭.哈尔滨早晚高峰十大拥堵路段公布
- [OL]<http://heilongjiang.dbw.cn/system/2015/08/26/056772763.shtml>.2016.9.10
- [8]陈东彦, 李冬梅, 王树忠.数学建模.科学出版社, 2007: 293-304.

附录

附录一 评判矩阵求解

```
function ab=synt(a,b);
```

```
m=size(a,1);
```

```
n=size(b,2);
```

```
for i=1:m
```

```
for j=1:n
```

$$ab(i,j)=\max(\min([a(i,:);b(:,j)']));$$

end

end

%a,b 帶入不同評判矩陣值，調用 synt 函數輸出權重矩陣

附录二修正函数参数值

$$t=(1/v_1-s/v_2)*60 \quad \%v_1 \text{ 为周边道路车流平均车速}$$

%v2 为小区内车流速度

$$m=(s-1)*a \quad \%a \text{ 为汽车每公里行驶费用}$$

%求得 t 为时间成本分流指数值, m 为经济成本分流指数值

附录三 A 小区修正函数求解结果

出口 i 到出口 j	小区内路线总长/km	小区外路线总长/km	时间成本/min	经济成本/yuan
1-2	1.1	1.4	3.72	0.19
1-3	0.732	0.709	1.55	0.01
2-3	0.64	0.685	1.16	0.03

附录四 B 小区修正函数求解结果

出口 i 到出口 j	小区内路线总长/km	小区外路线总长/km	时间成本/min	经济成本/yuan
1-2	0.317	0.3	0.55	0.01
1-3	0.325	0.568	1.87	0.15
1-4	0.29	0.28	0.53	0
2-3	0.2	0.26	0.7	0.04
2-4	0.26	0.53	1.88	0.17
3-4	0.27	0.27	0.55	0

附录五 C 小区修正函数求解结果

出口 i 到出口 j	小区内路线总长/km	小区外路线总长/km	时间成本/min	经济成本/yuan
1-2	0.155	0.123	0.15	-0.02
1-3	0.14	0.19	0.13	-0.13
2-3	0.14	0.1	0.4	-0.02