

基于智能算法的小区开放对道路通行影响的研究

摘要

随着国民经济的快速发展，现有的道路网与城市交通拥堵的问题越来越严重。尤其在北京、上海、广州之类的大城市，日益加剧的交通堵塞不但会导致交通时延增大，更会造成因低速行驶增加的汽车尾气排量而导致环境恶化。如果得不到有效地处理，将会对城市经济发展和人民生活水平的提高造成不利影响。交通供求不平衡是造成道路拥堵的一个重要原因，优化路网结构，增加可通行道路的面积，提高道路通行能力是缓解城市交通压力的有效途径。封闭式小区内部道路与城市路网联系的不紧密造成了资源浪费、行程延误，开放小区或许有助于解决此类问题，因此小区是否应当开放引起了广泛的关注与讨论。

对于问题一，首先选取了定量指标和定性指标来构建用以评价小区开放对周边道路通行影响的指标体系，其中有 3 个一级指标，9 个二级指标，11 个三级指标。然后利用等权、变异系数和熵值法分配不同等级评价指标的权重，建立交通性能最大的优化模型。最后从定性评价和交通性能最大的优化模型两个方面评价小区开放对周边道路通行影响。

对于问题二，首先选取问题一里指标体系中的部分指标，考虑小区开放前后一些指标的改变，给出了正常情况下路段的通行能力。其次，基于 BPR 函数建立了 SO 模型。同时，基于交通性能最大的优化模型和 SO 模型，建立了道路通行指数的多目标优化模型。最后，将正态随机数 (ND) 与 GA 算法相结合，提出了 ND-GA 算法，对上述多目标优化模型进行求解。

对于问题三，首先对于一些小区开放前后不发生改变的参数进行设定。其次，利用 Poisson 分布随机产生每两个小时的车流量。最后根据小区的类型，小区周边道路结构、车流量和 ND-GA 算法定量地给出小区开放前后对道路通行的影响。

对于问题四，关于小区的开放，根据研究结果，分别向城市规划部门和交通管理部门提出合理化的建议。

本文最后对模型进行了优缺点分析，并得出了相关结论。

关键词：开放小区；综合评价；多目标规划；遗传算法

一、问题重述

1.1 引言

随着经济的高速发展，人民生活水平不断提高，私家车数量逐年增长。路网结构不佳，道路面积较小等问题严重制约着道路通行能力的提升。北京、上海、广州等城市道路交通的拥堵问题已逐渐成为广大市民感触最深、积怨最多的问题，如果得不到有效解决，必将成为影响城市经济的发展和人民生活水平的提高。

2016 年国务院发布的《关于进一步加强城市规划建设管理工作的若干意见》中提到，要优化街区路网结构，新建住宅要推广街区制，已建成的住宅小区和单位大院要逐步打开。由于与传统封闭式住宅区的城市规划理念相悖，这项政策受到了广泛的热议。

就小区开放对周边道路通行的影响进行探究，从定性和定量不同的角度来分析开放式小区对缓解城市交通压力的实际作用。从而为城市营造一种绿色、低碳出行的交通环境提出建设性建议。

1.2 问题的提出

通过建立合适的数学模型，就小区开放对周边道路通行的影响进行研究，为科学决策提供定量依据，我们需要依次解决以下问题：

- (1) 选取合适的评价指标体系，用以评价小区开放对周边道路通行的影响。
- (2) 建立关于车辆通行的数学模型，用以研究小区开放对周边道路通行的影响。
- (3) 小区开放产生的效果，可能会与小区结构及周边道路结构、车流量有关。选取或构建不同类型的小区，应用建立的模型，定量比较各类型小区开放前后对道路通行的影响。
- (4) 根据研究结果，从交通通行的角度，向城市规划和交通管理部门提出关于小区开放的合理化建议。

二、模型假设

假设 1: 车辆组成单一的标准型汽车，在同一条车道上以相同的速度，连续不断的行驶，各车辆之间保持与车速相适应的最小车头间隔，且无任何方向的干扰；

假设 2: 理想的道路条件是指纵坡平缓并有开阔的视野，路旁的侧向余宽不小于 1.75 米，车道宽度不小于 3.65 米，良好的平面线形和路面情况

三、模型符号说明

符号	意义
f_l^a	OD 点对 m 上第 l 条路径上的流量
x_a	路段 a 上的流量
$t_a(x_a)$	路段旅行费用函数
q^m	OD 点对 m 上的分布交通量
ξ_{al}^m	连接关系变量，当路径包含路段 a 时， $\xi_{al}^m=1$ ，否则 $\xi_{al}^m=0$
L^m	OD 点对 m 上所有路径 l 的集合，这些路径可能有流量，也可能无流量
A	交通网络所有路段 a 的集合
M	交通网络所有 OD 对 m 的集合
f_w	道路宽度修正系数
f_n	多车道修正系数
f_c	交叉路口影响系数
f_p	行人影响系数

四、评价指标体系的确定

4.1 小区开放对周边道路通行影响的评价指标体系的选取

小区开放对周边道路的通行影响指数的确定主要从小区指标体系、周边道路指标体系、管制体系等三大体系着手进行综合分析，遵循可行性、实用性、科学性、代表性、可操作性等原则选取合适的评价指标，并根据所选的指标建立适合的小区开放对周边道路通行影响的评价指标体系。

4.1.1 小区指标体系

我们主要从小区的面积、位置、结构、人口这四方面入手。由于居住区面积、位置、结构的不同，居住区的规划所受到的城市交通路网和项目用地的限制也不同，因此开放型结构的居住区规模彼此间差异也较大。

表 1 小区指标体系

一级指标	二级指标	单位
小区指标体系(C_1)	面积(C_{11})	平方米(m^2)

位置(C_{12})	\
人口(C_{13})	人(r)
结构(C_{14})	\

（注：“\”说明该单位不存在）

（1）根据居住区面积大小进行分类，可大致分为居住区、居住小区、居住组团，不同规模的居住区的开放与否对城市交通的缓解能力也不尽相同。通常情况下，面积越大的居住区实行开放之后对于路网密度的提高更为显著。

（2）不同位置的车流量会有所区别，因此居住区所处的地理位置也会直接影响到城市道路通行的能力。重要的交通主干道会承载着一个城市绝大部分的车流量，而地处交通枢纽的居住区的开放会增加可通行道路的数量，从而在一定程度上缓解了该路段的通行压力。

（3）居住区的人口数量可以侧面反映出该居住区的规模大小，也能反映出该区域交通压力的大小和路况的复杂程度。

（4）此外，居住区的结构也对道路通行的复杂度有所影响。我们从布局类型上将居住区大致分为行列式、周边式、点群式、混合式四种结构（见图 1—7），不同的住宅结构对于土地的利用率及楼房的布局也不同，进而影响到车流的分散问题和对交通压力的缓解程度。

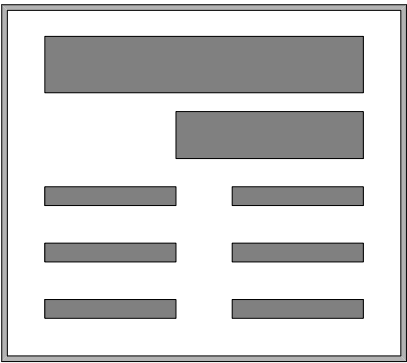


图 1 行列式

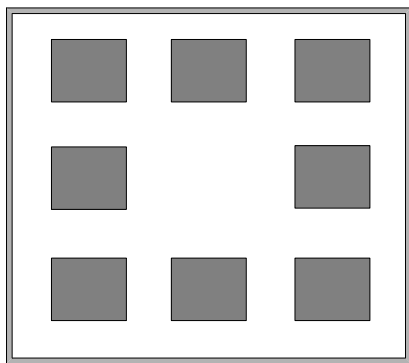


图 2 周边式（点）

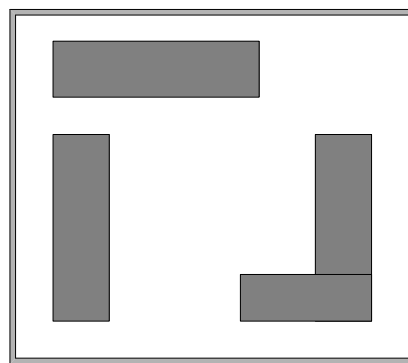


图 3 周边式（板）

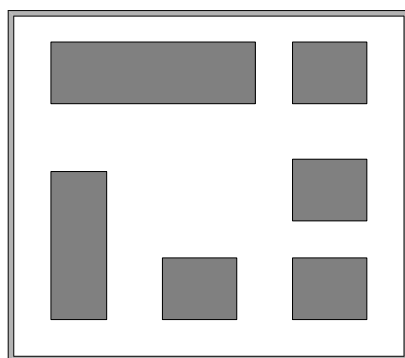


图 4 周边式（板+点）

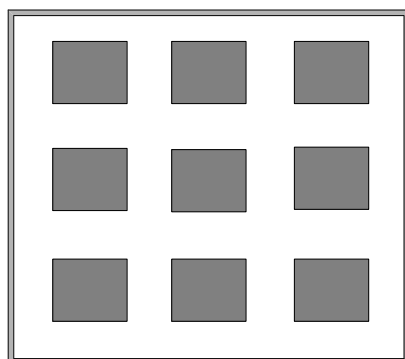


图 5 点群式

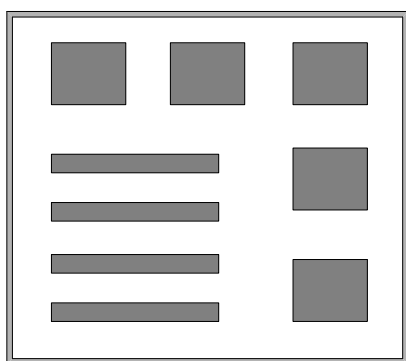


图 6 混合式（周边+行列）

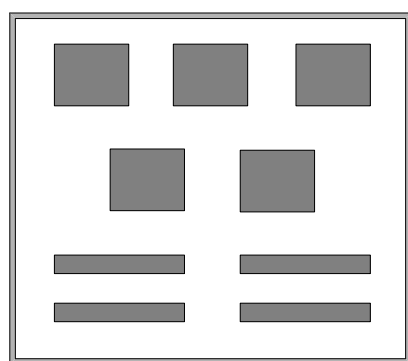


图 7 混合式（行列+点群）

4. 1. 2 周边道路指标体系

我们从道路条件指标、路网指标、服务水平指标等综合评定周边道路指标体系，主要选取一些具有代表性的指标进行参考分析。

表 2 周边道路指标体系

一级指标	二级指标	三级指标	单位
周边道路指标 体系(C ₂)	道路条件指标(C ₂₁)		每千米单车道路段
		车流密度(C ₂₁₁)	内的车辆数
			(pcu/km)
		车道数目(C ₂₁₂)	个(g)
		车道宽度(C ₂₁₃)	米(m)
		车道长度(C ₂₁₄)	千米(km)
	路网指标(C ₂₂)	交叉路口数(C ₂₁₅)	个(g)
		路网密度(C ₂₂₁)	千米每平方千米
			(km/m ²)
		路网结构(C ₂₂₂)	\
		交叉口延误(C ₂₃₁)	分钟(min)
	服务水平指标(C ₂₃)	行程延误(C ₂₃₂)	分钟(min)
		排队长度(C ₂₃₃)	米(m)
		出行时间(C ₂₃₄)	分钟(min)

(注：“\”说明该单位不存在)

(1) 道路条件指标主要由车流密度、车道数目、车道宽度、车道长度、交叉路口数等确定。其中车流密度是指在某一瞬间内一条车道的单位长度上分布的车辆数，它表示车辆分布的集中程度。而车道数目、车道宽度、车道长度、交叉口数等客观因素也会在一定程度上会影响驾驶人对路线的主观判断，所以从客观和主观两个方面共同制约着道路状况。

(2) 路网指标主要由路网密度和路网结构确定。路网密度是指区域内所有道路的总长度与区域总面积的比值，其中城市道路网内的道路不包括居住区内的道路。而根据当地自然条件、城市运输需要和城市总布局要求，我国城市道路网布局结构主要分为方格式、方格-环形-放射式、扇形、星形组合式、方格与扇形或星形组合式、环形放射式、自由

式这七种形式。路网密度和路网结构从宏观的角度上可大致概括某一区域道路网络的整体特征。

（3）服务水平指标主要由交叉口延误、行程延误、排队长度、出行时间等确定。这四项具有代表性的指标能够直观地反映出一个区域道路的通行能力和车流量的大小以及服务质量，同时也影响着该区域道路使用的满意度水平，侧面反映出该区域住宅区开放与否的重要性。

4.1.3 管制条件指标体系

我们主要从交通法规和管理措施两个方面来确定管制条件指标体系，针对不同路段会有相应的交通法规来维护该地段的行人与驾驶员的安全问题，并且通过颁布合适的管理措施来优化道路交通的使用。

表 3 管制条件指标体系

一级指标	二级指标
管制条件指标体系(C_3)	交通法规(C_{31})
	管理措施(C_{32})

（1）交通法规的限制会对该路段的通行能力提出硬性的要求，例如速度、转弯等。明确规定在没有外界因素干扰的理想情况下该区域的道路通行能力的最高水平。

（2）管理措施一般是对现存的道路通行所存在的问题进行解决处理，从而对道路通行有所优化。

4.2 小区开放对周边道路通行影响的各类指标的定性与定量分析

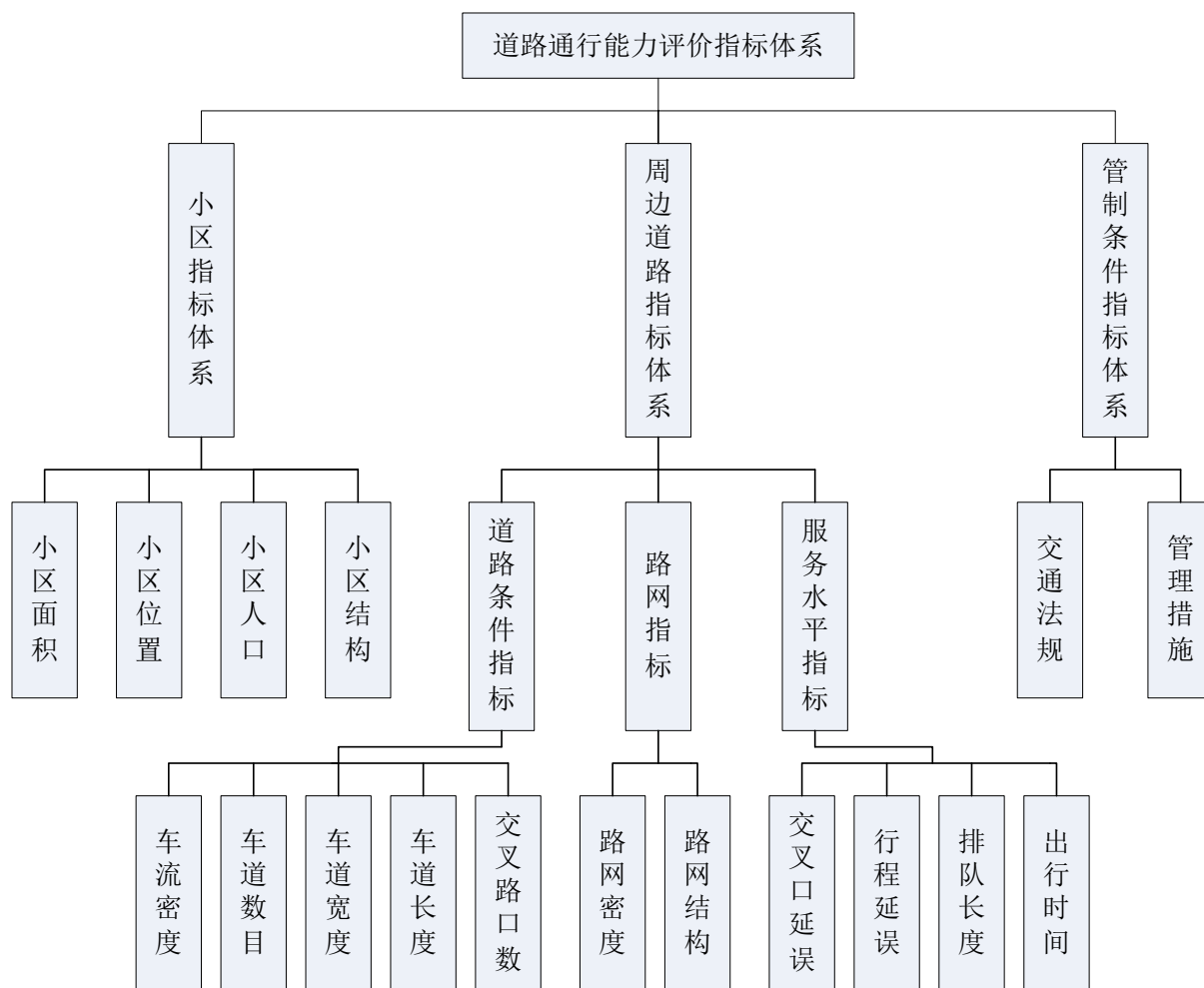


图 8 道路通行能力评价指标体系

基于上述指标体系的构建，我们从两个方面：1)定性和 2)定量来评价小区开放对周边道路通行能力的影响。

4.2.1 定性分析

从以上所有指标中可知其中定性指标有小区指标体系中的小区位置和小区结构、周边道路指标体系中的路网结构与管制条件指标体系中的交通法规和管理措施。



图9 定性分析指标

不同结构的小区开放与否对周边道路通行能力的影响也各有不同。常见的小区结构主要以行列式、周边式、点群式、混合式这四种方式为主，不同的小区布局结构最终会影响到开放后内部路线的制定。一旦将各类封闭式居住区开放之后，提高了路网密度，通行能力自然提升，这为缓解交通压力提供了很大的帮助，但不同结构的小区也会因其特殊的布局结构使得实际情况需要具体考察分析。

城市的路网结构是根据一定的标准，城市中各条道路所组成的路网系统整体。从狭义上来说，路网结构就是指道路规划图中的道路布局。路网结构具有很高的持久性，即便建筑物的外表随着时间流逝会呈现出不同程度的损坏，但一个良好的路网结构却可以存在上千年的历史。因此路网结构对于城市道路系统的优化和道路通行能力的提升具有不可比拟的重要影响。

一套完备的管制条件指标体系将有助于某一区域的道路通行能力的提升。其中交通法规的意义在于维护道路交通秩序，提高通行效率，为解决在道路交通中的出现的种种难题提供具有普适性的法律保障，同时以相关法律法规来确保道路交通的畅通有序。

而管理措施则是针对不同区域的特殊情况所制定的应对办法，其根本目的就是在原有的交通法规基础上增加约束条件，从而增强该区域道路交通的有效管理。管理措施与交通法规相辅相成共同构成管理条件指标体系。

4.2.2 定量分析



图 10 定量分析指标

除了以上提到的定性数据外，其余都为定量数据。可以定量表示的数据，采用如下方法进行标准化处理：

$$r_{ij} = \frac{x_{ij} - \min_i x_{ij}}{\max_i x_{ij} - \min_i x_{ij}} \quad (4.1)$$

$$r_{ij} = \frac{\max_i x_{ij} - x_{ij}}{\max_i x_{ij} - \min_i x_{ij}} \quad (4.2)$$

4.2.2.1 一级指标权重的确定

我们采用等权的方法来获取第一级指标的权重，因为小区指标体系、周边道路指标体系、管制条件指标体系都属于宏观上的指标，难以用量化的标准来衡量，但考虑到其子指标内含有可量化的指标，因此有必要给出求权重的方法。

等权方法主要具有以下优点：

- (1) 等权重可以更好地反映小区指标体系、周边道路指标体系、管制条件指标体系等宏观指标对道路通行能力的影响
- (2) 等权重使得所产生的公式为透明的，所以可以更容易地从方程中提取定性的见解

这里需要注意的是小区是否开放将影响到第一级指标权重中小区指标体系的权重，若没有开放，则这一项权重记为 0。

4.2.2.2 二级指标权重的确定

我们采用变异系数和等权相结合的方法来获取第二级指标的权重。

(1) 使用变异系数来获取权重指标，变异系数是用来处理二级指标里可量化的指标

Step1: 假设 m 计划有 n 个指标，指标值为 x_{ij} ， $X = (x_{ij})_{m \times n}$ 是评价的初始矩阵

Step2: 计算指标的标准偏差，即：

$$s_j = \sqrt{\sum_{i=1}^m x_{ij}^2 - \bar{x}_j^2 / m}. \quad (4.3)$$

Step3: 计算变异系数，显示相对程度的变化：

$$V_j = s_j / \bar{x}_j. \quad (4.4)$$

Step4: 对变异系数进行归一化处理：

$$w_{1j} = \frac{v_j}{\sum_{j=1}^n v_j}, j = 1, 2, \dots, n. \quad (4.5)$$

(2) 等权方法用来处理宏观的指标：道路条件指标、路网指标、服务水平指标

4.2.2.3 三级指标权重的确定

我们采用熵值法来获取第三级指标的权重

Step1: 假设 m 计划有 n 个指标，指标值为 x_{ij} ， $X = (x_{ij})_{m \times n}$ 是评价的初始矩阵

Step2: 让 x_j^* 为第 j 个正指标值，其中 $x_j^* = \max_i x_{ij}$. 通过 x_{ij} / x_j^* ，我们可以获得正常的 Y 与

X 评价矩阵：

$$Y = (y_{ij})_{m \times n} = \left(\frac{x_{ij}}{x_j^*} \right). \quad (4.6)$$

Step3: 让正常评价矩阵 Y 转化为正规化矩阵 Z ：

$$Z = (z_{ij})_{m \times n} = \left(y_{ij} / \sum_{i=1}^m y_{ij} \right). \quad (4.7)$$

Step4: 计算指标的熵值，得到熵值的向量 $H = (h_1, h_2, \dots, h_n)$ 。：

$$h_j = -\frac{1}{\ln m} \sum_{i=1}^m z_{ij} \ln(z_{ij}), j = 1, 2, \dots, n. \quad (4.8)$$

Step5: 计算目标加权向量 $W_1 = (w_{11}, w_{12}, \dots, w_{1n})$:

$$w_{2j} = \frac{1-h_j}{n - \sum_{j=1}^n h_j}, 1 \leq j \leq n. \quad (4.9)$$

基于上述定量指标权重，得出交通性能指标模型（ PI ）为：

$$\max PI = \max \sum_{i=1}^2 w_i \sum_{j=1}^3 w_{ij} c_{ij}$$

$$s.t. \begin{cases} s_0 \leq c_{11} \leq s_1, \\ p_0 \leq c_{13} \leq p_1, \\ \rho_0 \leq c_{211} \leq \rho_1, \\ n_0^i \leq c_{21i} \leq n_1^i, i = 2, 5, \\ l_0^i \leq c_{21j} \leq l_1^i, i = 3, 4, \\ \rho_0' \leq c_{221} \leq \rho_1', \\ t_0^k \leq c_{23k} \leq t_1^k, k = 1, 2, 3, 4 \end{cases}$$

其中 $c_{21} = \sum_{k=1}^5 w_{21k} c_{21k}$, $c_{22} = w_{221} c_{221}$, $c_{23} = \sum_{k=1}^4 w_{23k} c_{23k}$, s_0 , s_1 是指标 c_{11} 的上下限; p_0 , p_1 是指标 c_{13} 的上下限; ρ_0 , ρ 是指标 c_{211} ; n_0^i , n_1^i 是指标 c_{21i} 的上下限; l_0^i , l_1^i 是 c_{21j} 的上下限; l_0^i , l_1^i 是指标 c_{21j} 的上下限; ρ_0' , ρ_1' 是指标 c_{221} ; t_0^k , t_1^k 是指标 c_{23k} 的上下限。

五、道路网络运行效率模型的建立

道路网络运行效率可以定量评价道路通行能力，效率越大道路通行能力。由此计算的的道路网络效率能综合反映道路网络中道路上的行车速度、道路上行驶车辆最小安全车头间隔空间距离、车道宽度、横向干扰、车辆折算的影响。所以需要先计算出道路的理论通行能力和实际通行能力，再以求理想情况下道路网络运行效率。

5.1 道路网络效率模型构建的理论基础

5.1.1 路段的理论通行能力

理论通行能力是指交通和道路处于理想状态下，每条道路（或每一条车道）在单位时间内能够通过的最大交通流量。理想的交通条件是指车辆组成单一的标准型汽车，在同一条车道上以相同的速度，连续不断的行驶，各车辆之间保持与车速相适应的最小车头间隔，且无任何方向的干扰；理想的道路条件是指纵坡平缓并有开阔的视野，路旁的侧向余宽不小于 1.75 米，车道宽度不小于 3.65 米，良好的平面线形和路面情况。

封闭型小区交通开放在原来小区的基础上进行，主要提供交通性和生活服务功能，一般根据其特性，车速应限制在 30km/h。在这样的理想的情况下建立的计算车流量所得的最大交通量，即基本通行能力，其公式如下：

$$C_a^{\text{基}} = \frac{1000v_a}{l} (\text{pcu/h}) \quad (5.1)$$

式中： $C_a^{\text{基}}$ ——路段 a 的基本通行能力 (pcu/h)；

v_a ——路段 a 的车速 (km/h)；

其中： $l = l_{\text{制}} + l_{\text{安}} + l_{\text{车}}$ ； $l_{\text{制}}$ ——车辆的制动距离 (m)； $l_{\text{安}}$ ——车辆的安全距离 (m)； $l_{\text{车}}$ ——车辆自身长度 (m)。

5.1.2 正常情况下的道路通行能力

计算路段 a 的实际通行能力 $C_a^{\text{正}}$ 是以路段 a 的基本通行能力为基础考虑到实际的情况，确定其修正系数，再用之前所述的理论通行能力乘以修正系数，即可得到一定环境条件下，实际道路与交通的实际通行能力。影响实际通行能力的道路条件因素有很多，一般考虑影响最大的几个因素，其修正系数如下：

(1) 道路宽度修正系数 f_w

道路宽度决定车速和通行车辆的类型。车辆类型取为小汽车，其标准道路宽度取 3.5m。对于车道宽度小于 3.5m 的修正系数值如下：

表 4 车道宽度修正系数表

宽度 (m)	3.50	3.25	3.00	2.75
系数	1.00	0.94	0.85	0.77

(2) 多车道修正系数 f_n

在多车道道路中，由于有变换车道的需要，所以会降低路段的通行能力。其修正系数见下表：

表 5 多车道修正系数表

单项车道序号数	1	2	3	4	5
顺序修正系数	1.00	0.90	0.80	0.65	0.50
累计修正系数	1.00	1.90	2.70	3.35	3.85
平均修正系数	1.00	0.95	0.90	0.84	0.77

(3) 交叉口影响系数 f_c

横纵交叉的街道形成的大量交通口是城市道路的一个特点,从我们的生活实践可以知道这一个个交通口对道路的通行能力影响很大,当交通口的间距较小时,影响尤其显著。用交通口通行能力折减系数 f_c 来表示交通口对通行能力的影响:

$$f_c = \frac{t_1}{t_2} = \frac{s/v}{s/v + \beta_1 \frac{v}{2a} + \beta_2 \frac{v}{2b} + \Delta} \tag{5.2}$$

- 式中: t_1 ——交通口之间无阻的形成时间 (s);
- t_2 ——交通口之间实际的行程时间 (s);
- s ——交通口之间距离 (m);
- v_a ——路段 a 上的行车速度 (m/s);
- a ——车发动时的平均加速度,数值见表 1.1,以中型货车为主的各种车型混合行驶的平均值 $a=0.50$ (m/s²);
- b ——制动时的平均减速度,数值见表 1.2,取各种车型混合行驶的平均值 $b=1.50$ (m/s²);
- v_A 、 v_B ——车辆到达交通口的车速 (m/s);
- β_1 ——取决于 v_A/v 的比值 ($\beta_1 = (1-v_A/v)^2$) 数值见表 1.3;
- β_2 ——取决于 v_B/v 的比值 ($\beta_2 = (1-v_B/v)^2$) 数值见 1.3;
- Δ ——车辆在交通口上的等待时间(s),当 $v_A(v_B)=0$ 时,则 Δ 为红灯时间的一半,通常 $\Delta=15\sim 20s$,当 $v_A(v_B)\neq 0$ 时,则 $\Delta=0$ 。

表 6 发动时平均加速度与车型的关系表

车型	小型汽车	中型汽车	大型汽车	大型货车及大型客车
发动时平均加速度	0.6~0.7	0.49~0.53	0.42~0.46	0.43~0.49

(4) 行人影响系数 f_p

行人过街对路段的通行能力会有一定的影响。其修正系数 $f_p=0.63$ 。

基于以上讨论,我们可以构建正常情况下路段 a 的实际通行能力模型为:

$$C_a^{\text{正}} = C_a^{\text{基}} \cdot f_w \cdot f_n \cdot f_c \cdot (f_p \text{ p/c l}) \tag{5.3}$$

式中：

- $C_a^{\text{基}}$ ——路段 a 基本通行能力；
- $C_a^{\text{正}}$ ——正常情况下的路段 a 通行能力；
- f_w ——车道宽度修正系数；
- f_n ——多车道修正系数；
- f_c ——交叉路口影响系数；
- f_p ——行人影响系数。

表 7 制动时的平均减速度与车型的关系表

车型	小型汽车	大型汽车	各种车型混合行驶的平均值
制动时的平均 减速度	1.66	1.30	1.50

根据以上修正系数和影响系数，结合交通网络路段 a 的出行时间使用 BPR 函数：

$$t_a = t_{a0} \left[1 + \alpha \left(\frac{x_a}{C_a^{\text{正}}} \right)^{\beta} \right] h \tag{5.4}$$

- 其中， t_a ——通过路段 a 的出行时间；
- t_0 ——自由通过路段 a 的出行时间；
- x_a ——路段 a 每小时的实际车流量；
- $C_a^{\text{正}}$ ——路段 a 的每小时实际通行能力；
- α, β ——参数；

表 8 β_1 及 β_2 值

$v_A / v, v_B / v$	0	0.50	0.55	0.60	0.65	0.70	0.75	0.85
β_1, β_2	1	0.25	0.20	0.16	0.12	0.09	0.06	0.04

5.1.3 连续平均法（Method of Successive Average）

要研究周边道路通行能力在小区开放前后是否有变化，就需要在交通流在网络中都

达到最优分配的前提下，比较交通网络的效率。交通流在网络当中的最优分配，即整个交通网络达到流量平衡状态，为了寻找平衡流量，引入连续平均法。

连续平均法，是介于增量分配法和平衡分配法之间的一种循环分配方法。也称二次加权平均法或迭代加权法。该算法通过不断调整各路段分配的流量而逐渐接近平衡分配结果，每步循环中，根据各路段分配到的流量进行一次 0-1 分配，得到一组各路段的附加流量，用该循环中各路段的已有流量和分配的附加流量进行加权平均，得到下一循环中的分配交通量当相邻两次循环中分配的交通量十分接近时，即停止运算，最后一次循环中得到的交通量即为最终结果。

具体运算步骤如下：

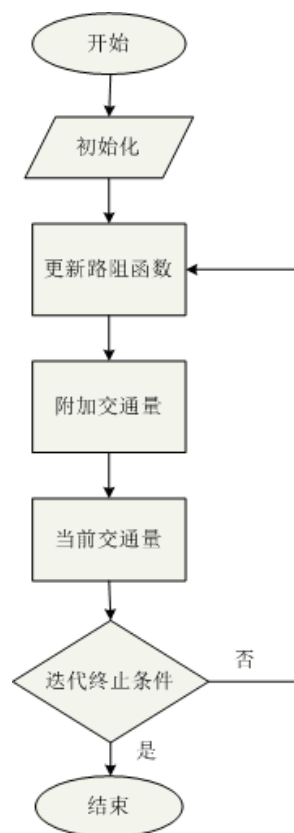


图 11 MSA 算法流程

第一步：初始化，根据各路段自由旅行时间进行 0-1 分配，得到初始解 x_a^0 。令迭代次数 $n=0$ ，路阻函数 $t_a^0 = t_a(0)$ ， $\forall a \in A$ ；

第二步：令 $n=n+1$ ，更新路阻函数 $t_a^n = t_a(x_a^{n-1})$ ， $\forall a \in A$ ；

第三步：按照第二步，求得的旅行时间和 OD 点对的分布交通量进行 0-1 分配。得到各路段的附加交通量 F_a^n ；

第四步：用连续平均方法计算得到各路段当前交通量 x_a^n

$$\alpha = \frac{1}{n}$$

第五步：若 $x_a^n - x_a^{n-1} < \mu$ ，停止计算。 x_a^n 即为最终的分配结果。否则，返回第二步。

注： α 为权重系数，由计算者给定，既可定位常数也可定为变数。

5.1.4 基于 Wardrop 第二原则的系统最优化模型（SO 模型）

交通流理论运用物理和数学的定律来描述交通特性，可以通过应用它来更好地解析交通现象及其本质。1952 年著名学者 Wardrop 提出了交通网络平衡定义的第一原理和第二原理，奠定了交通流分配的基础。Wardrop 第一原则（用户均衡原则）是：当用户试图选择最短路径而达到平衡时，被选择的各条路线的旅行时间相等且最小，即所有未被选择的路径的旅行时间均大于等于使用路径的旅行时间，没有人能够通过单方面改变自己路径的行为达到减少旅行时间的目的（纳什均衡）。Wardrop 第二原则（系统最优原则）是：在拥挤的路网中，其中的交通量应按照某种使得网络中平均或总出行成本为依据来分配，进而达到平衡，此时交通网络资源得到最优利用，也最大限度地发挥了交通网络效益。

小区开放，使得小区内部道路与城市支路、干路相联，增加了城市道路网密度，这直接影响到了小区周边和内部路段上的交通流，交通流速度、交通流流量和交通流密度也发生了相应的变化。衡量小区开放对道路通行的影响，可以分别从用户和系统的角度分别进行，依据 Wardrop 原则，即用各路段旅行时间是否相等且最小或交通网络所耗总成本最小，来判断小区开放是否达到了优化交通网络的目的。

基于以上分析，选择从系统的角度，以路段费用函数为基础，建立如下系统最优模型（SO 模型），用于有效评价小区开放对周边道路通行产生的影响：

$$\begin{aligned} \min W_{SO} f & \Rightarrow \sum_{a \in A} x_a t_a(x) \\ \text{s.t.} & \begin{cases} \sum_{l \in L^a} f_l^m = q^m, \forall m \in M \\ x_a = \sum_m \sum_{l \in L^m} \xi_{al}^m f_l^m \\ f_l^m \geq 0, \forall l \in L^m, m \in M \end{cases} \end{aligned} \quad (5.5)$$

式中：

f_l^a —— OD 点对 m 上第 l 条路径上的流量；

x_a —— 路段 a 上的流量；

$t_a(x_a)$ ——路段旅行费用函数，表达式为： $t_a(x_a) = t_{a_0} (1 + 0.15(\frac{x_a}{C_a^{\text{正}}})^4)$ ，其中 t_{a_0} 为

路段 a 的自由流速度；

q^m —— OD 点对 m 上的分布交通量；

ξ_{al}^m ——连接关系变量，当路径包含路段 a 时， $\xi_{al}^m = 1$ ，否则 $\xi_{al}^m = 0$ ；

L^m —— OD 点对 m 上所有路径 l 的集合，这些路径可能有流量，也可能无流量；

A ——交通网络所有路段 a 的集合；

M ——交通网络所有 OD 对 m 的集合。

5.2 道路网络效率模型的构建

随着小区的开放，道路网络的流量，各路段、路径上的流量会发生变化，相应的，交通网络效率和系统费用也会改变，为了研究小区开放前后道路网络效率的变化，在上述理论上，构建道路网络效率模型。

5.2.1 小区开放对各影响系数的影响

假设某小区在未开放前，从 A 点到 B 点，途经 n_a 个路段。小区开放后，依旧从 A 点到 B 点，途径 n^* 个路段。下面考虑，小区开放前后上述 5.1.1 和 5.1.2 里所涉及参数的变化情况。

小区开放后势必会增加路口数，进而会影响小区外路段的车速。因此有必要对小区开放后小区外路段车速进行修正，其修正公式为：

$$f_v = \frac{\Delta n}{n + \Delta n} \quad (5.6)$$

式中： Δn 为小区开放后新增的路口数；

n 为小区开放前的路口数。

因此，小区开放后路段车速为： $v^* = f_v \cdot v$ ，这里 v^* 为小区开放后的路段车速， f_v 是车速修正系数， v 是小区未开放前路段车速。

路口数的增加也会改变交叉口影响系数 $f_c^* = f_c + \Delta f$ ，其中 f_c^* 为小区开放后的交叉口影响系数， f_c 为小区开放前交叉口影响系数， Δf 为小区开放前后交叉口影响系数的改变量。

因此，当小区开放前通过路段 a 的通行时间为： $t_a = t_{a0} \left[1 + \alpha \left(\frac{x_a}{C_a^{\text{正}}} \right)^\beta \right]$ 。其中：

$C_a^{\text{正}} = C_a^{\text{基}} \cdot f_w \cdot f_n \cdot f_c \cdot f_p = \frac{1000v_a}{l} \cdot f_w \cdot f_n \cdot f_c \cdot f_p$ 。当小区开通后通过路段 a^* 的通行时间为：

$$t_{a^*}^* = t_{a^*}^{\text{正}} \left[1 + \alpha \left(\frac{x_{a^*}^*}{C_{a^*}^{\text{正}}} \right)^\beta \right] \quad \text{其中：} \quad C_{a^*}^{\text{正}} = C_{a^*}^{\text{基}} \cdot f_w \cdot f_n \cdot f_c^* \cdot f_p = \frac{1000v_{a^*}^*}{l} \cdot f_w \cdot f_n \cdot f_c^* \cdot f_p ,$$

$$v_{a^*}^* = \frac{\Delta n}{n + \Delta n} \cdot v_a , \quad f_c^* = f_c + \Delta f \text{。}$$

5.2.2 小区开放前后的系统最优化模型

开放前：

$$\begin{aligned} \min W_{SO}(f) &= \sum_{a \in A} x_a t_a(x_a) \\ \text{s.t.} \quad &\begin{cases} \sum_{l \in L^m} f_l^m = q^m, \forall m \in M \\ x_a = \sum_m \sum_{l \in L^m} \xi_{al}^m f_l^m \\ f_l^m \geq 0, \forall l \in L^m, m \in M \end{cases} \end{aligned} \quad (5.7)$$

式中：

f_l^a ——OD 点对 m 上第 l 条路径上的流量；

x_a ——路段 a 上的流量；

$t_a(x_a)$ ——路段旅行费用函数，表达式为： $t_a(x_a) = t_{a_0} (1 + 0.15(\frac{x_a}{C_a^{\text{正}}})^4)$ ，其中 t_{a_0} 为

路段 a 的自由流速度；

q^m ——OD 点对 m 上的分布交通量；

ξ_{al}^m ——连接关系变量，当路径包含路段 a 时， $\xi_{al}^m=1$ ，否则 $\xi_{al}^m=0$ ；

L^m ——OD 点对 m 上所有路径 l 的集合，这些路径可能有流量，也可能无流量；

A ——交通网络所有路段 a 的集合；

M ——交通网络所有 OD 对 m 的集合。

开放后：

$$\min W_{SO}^*(f^*) = \sum_{a^* \in A^*} x_{a^*}^* t_{a^*}^*(x_{a^*}^*)$$

$$s.t. \begin{cases} \sum_{l^* \in L^{a^*}} f_{l^*}^{m^*} = q^{m^*}, \forall m^* \in M^* \\ x_{a^*}^* = \sum_{m^*} \sum_{l^* \in L^{m^*}} \xi_{a^* l^*}^{m^*} f_{l^*}^{m^*} \\ f_{l^*}^{m^*} \geq 0, \forall l^* \in L^{m^*}, m^* \in M^* \end{cases} \quad (5.8)$$

式中：

$f_{l^*}^{a^*}$ —— OD 点对 m^* 上第 l^* 条路径上的流量；

$x_{a^*}^*$ ——路段 a^* 上的流量；

$t_a^*(x_a^*)$ ——路段旅行费用函数，表达式为： $t_a^*(x_a^*) = t_a^* (1 + 0.15 (\frac{x_a^*}{C_{a^*}^{正*}})^4)$ ，其中 t_a^*

为路段 a^* 的自由流速度；

q^{m^*} —— OD 点对 m^* 上的分布交通量；

$\xi_{a^* l^*}^{m^*}$ ——连接关系变量，当路径包含路段 a^* 时， $\xi_{a^* l^*}^{m^*} = 1$ ，否则 $\xi_{a^* l^*}^{m^*} = 0$ ；

L^{m^*} —— OD 点对 m^* 上所有路径 l^* 的集合，这些路径可能有流量，也可能无流量；

A^* ——交通网络所有路段 a^* 的集合；

M^* ——交通网络所有 OD 对 m^* 的集合。

5.2.3 多目标性能效率模型的建立

综上，基于问题一所得交通性能模型和上述道路网络运行效率模型，可以建立多目标性能效率模型如下：

$$\begin{aligned}
\max Z &= \alpha \cdot PI - (1 - \alpha) \cdot W_{so}(x) \\
s.t. \left\{ \begin{aligned}
PI &= \sum_{i=1}^2 w_i \sum_{j=1}^3 w_{ij} c_{ij}, \\
s_0 &\leq c_{11} \leq s_1, \\
p_0 &\leq c_{13} \leq p_1, \\
\rho_0 &\leq c_{211} \leq \rho_1, \\
n_0^i &\leq c_{21i} \leq n_1^i, i = 2, 5, \\
l_0^i &\leq c_{21j} \leq l_1^i, i = 3, 4, \\
\rho_0^i &\leq c_{221} \leq \rho_1^i, \\
t_0^k &\leq c_{23k} \leq t_1^k, k = 1, 2, 3, 4, \\
W_{so}(x) &= \sum_{a^* \in A^*} x_{a^*} t_{a^*}(x_{a^*}), \\
\sum_{l \in L^m} F_l^m &= q^m, \forall m \in M, \\
x_{a^*} &= \sum_{a^*} \sum_{l \in L^m} \xi_{a^* l}^m F_l^m, \\
F_l^m &\geq 0, \forall l \in L^r, m \in M,
\end{aligned} \right.
\end{aligned}$$

5.3 模型求解

为了求解模型，我们引入正态分布随机数，对传统遗传算法进行改进，得到 *ND-GA* 算法，最后给出算法流程，对模型进行求解。

5.3.1 遗传算法：

受生物进化论的启发，美国 Michigan 大学 J. Holland 教授在 1975 年提出遗传算法（Genetic Algorithm, GA）。GA 是一种自适应算法，它基于“适者生存”的生物进化原则，将问题求解表示为通过“染色体”种群的选择、复制、交叉、变异等操作，世代进化，最终得到“最适应”个体的过程。遗传算法的显著特点是它的并行搜索机制以及全局解空间搜索特性，通过简单的编码技术和遗传操作，得到问题的最优解，既不受限制性条件的约束，同时又具有自适应、自组织、自学习的优势。

遗传算法的基本步骤为：

- 步骤 1** 产生初始种群，每个染色体由 N 个基因构成，评价各个染色体的适应度；
- 步骤 2** 判断是否满足 GA 收敛准则，若满足则搜索结束，输出结果；否则，继续执行；
- 步骤 3** 根据得到的适应函数值，进行择优选取，对选定的染色体进行复制操作；
- 步骤 4** 染色体以概率 P_c 进行交叉操作；
- 步骤 5** 染色体以概率 P_m 进行变异操作；

步骤 6 返回步骤 2 并进行判断。

上述过程中，染色体适应性评价衡量标准是个体计算的适应函数值；复制适应值高的染色体操作，能够提高种群的平均适应能力，使其个体在下一代中遗传到自身优良基因的概率也相对较大；交叉操作使后代能够继承父代的优良基因，从而产生更优秀的个体；变异操作随机改变个体中的某些基因，能够增强种群的多样性，避免早熟现象。

采用遗传算法求解相关问题的优势如下：

(1) *GA* 将相关问题参数转化为对“染色体”编码操作，由于进化过程中，不针对参数本身，因此不受问题函数的约束条件限制，更加灵活和通用；

(2) *GA* 采用并行搜索方式，它从问题转化的初始种群开始计算，并将主要搜索目标放在群体中性能较高的染色体部分，不但可以提高算法的搜索效率，而且很大程度上能够减小算法陷入局部极小；

(3) *GA* 根据个体的适应函数值选择合适的群体进行搜索，搜索过程中采用的遗传操作通常是随机的，这样使得下一代的群体更加丰富多样化，适应性也更强；

(4) *GA* 采用全局并行搜索，对于复杂问题以及和非线性问题的搜索具有极强的优势；

当然，遗传算法的主要缺点是对于较复杂优化问题占用的搜索空间较大，搜索时间也比较长，容易出现早熟收敛和收敛性能差等问题，并且，算法结果的好坏直接依赖于初始种群的选择。因此，我们在使用遗传算法的过程中，必须设法选择有利于产生优良后代又能充分涵盖解空间的个体组成初始种群，并对遗传操作、算法结构以及函数优化等方面进行相应的改进。

5.3.2 泊松分布产生随机车流量：

泊松分布是一种统计与概率论里经常看到的离散机率分布，常常用于描述单位时间内随机事件发生的次数，本文提到的车流量问题近似服从泊松分布，故引入泊松分布来研究车流量问题。

泊松分布 (Poisson distribution)：如果随机变量序列 X_1, X_2, \dots, X_n 满足以下概率分布函数

$$P(X = k) = \frac{\lambda^k}{k!} e^{-\lambda}, k = 0, 1, \dots,$$

其中 $\lambda > 0$ ，则称序列 X_1, X_2, \dots, X_n 服从泊松分布。

5.3.3 正态分布随机数（中心极限定理）：

本文采取正态分布随机数来产生一组随机数，用于 *GA* 算法的交叉，变异概率。下

面介绍用中心极限定理来产生随机数的方法。

中心极限定理(central limit theorem) 是概率论中讨论随机变量序列部分和分步渐进于正态分布的一类定理。这组定理是数理统计学和误差分析的理论基础，指出了大量随机变量积累分布函数逐点收敛到正态分布的积累分布函数的条件。

林德伯格-莱维(Lindeberg-Levi)中心极限定理：如果随机变量序列： X_1, X_2, \dots, X_n 独立同分布，并且具有有限的数学期望和方差， $E(X_i)=u$ ， $DX_i=\sigma^2>0$ ， $i=1,2,\dots,n$ 。对一切 $x \in R$ 有

$$\lim P\left(\frac{1}{\sqrt{n}\sigma}\left(\sum_i X_i - nu\right) \leq x\right) = \int_{-x}^x \frac{1}{\sqrt{2\pi}} e^{-(t^2/4)} dt ,$$

因此，对于服从均匀的随机变量 X_i ，只要 n 充分大，随机变量 $\frac{1}{\sqrt{n}\sigma}\left(\sum_i X_i - nu\right)$ 就服从 $N(0,1)$ 。

综上所述，得到 $ND-GA$ 算法流程图：

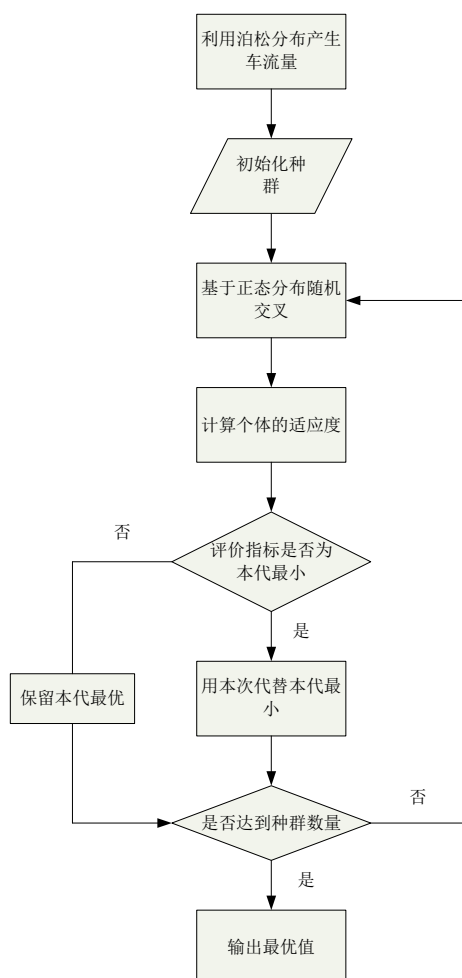


图 12 $ND-GA$ 算法流程图

六、道路网络运行效率模型的应用

6.1 模型参数的设定

为了更好的进行有效的模拟和数据分析，需要对一些参数进行设定。车身长度 $l_{\text{车}}$ (m)、车辆的安全距离 $l_{\text{安}}$ (m)、道路宽度修正系数 f_w 、多车道修正系数 f_n 、多车道修正系数 f_n 、行人影响系数 f_p 、启动加速度 a (m/s^2)、制动加速度 b (m/s^2)、车道长 s (m)、其他参数 α 、 β 、 β_1 、 β_2 。以上这些参数的取值见下表。

表 9 部分参数设定

车身长度	车辆的安全距离	道路宽度修正系数	多车道修正系数	行人影响系数	启动加速度	制动加速度	车道长	α	β	β_1	β_2
5	2	1.0	0.95	0.63	0.45	1.40	25	0.2	4	0.12	0.2

6.2 基于通行能力指数模型的模拟仿真求解

考虑小区类型为居民区，时间范围 00：00-24：00，采用泊松分布随机产生每两个小时车流量，结合 ND-GA 算法给出模拟结果。

为了节省篇幅，这里只列举出上午 6：00-8：00 和晚上 22：00-24：00 的模拟结果，见表格 2 和表 3。

表 10 时间段为 6：00-8：00 之间的居民区小区模拟结果

	面积 (万平方米)	位置	小区未开放				小区开放后			
			周围道路车流量	路口数	路段数	通行能力指数	周围道路车流量	路口数	路段数	通行能力指数
居民区	3	0	3215	1	2	0.50	2986 (2634)	2 (3)	3 (4)	0.62 (0.67)
		1	3922	1	2	0.45	3610 (3221)	2 (3)	3 (4)	0.68 (0.71)
	5	0	3517	1	2	0.53	3291 (2997)	2 (3)	3 (4)	0.67 (0.74)
		1	4223	1	2	0.38	3917 (3375)	2 (3)	3 (4)	0.78 (0.80)
	7	0	3917	1	2	0.57	3601 (3291)	2 (3)	3 (4)	0.71 (0.79)

		1	4525	1	2	0.32	4298 (3977)	2 (3)	3 (4)	0.86 (0.88)
	9	0	4018	1	2	0.61	3703 (3199)	2 (3)	3 (4)	0.73 (0.77)
		1	4575	1	2	0.28	4290 (3987)	2 (3)	3 (4)	0.88 (0.90)

(0 代表非城区，1 代表城区)

根据表 2，在时间段为上午 6：00-8：00 车流量在高峰期时，可知当同样面积大小的居民区小区，位于城区位置的小区在开放前后通行能力指标差异相对于位于非城区位置的小区在开放前后通行能力指标差异较大。这说明在一定范围内，位于城区的居民区小区开放更有助于提高小区周围道路的通行能力。同位置同类型不同面积的居民区小区，从小区开放前后通行能力指标可得到“并不是小区面积越大，开放小区更有助于提高面积大的居民小区周边道路的通行”的结论。从表 2 的路口数和路段数以及小区开放后的道路通行能力指数可以看出同一个商业区小区其内部道路不同时，多修一条路更有助于提高小区周围道路通行能力。

表 11 时间段为 22：00-24：00 之间的居民区小区模拟结果

	面积 (万 平方 米)	位置	小区未开放				小区开放后			
			周围 道路 车流 量	路口 数	路段 数	通行 能力 指数	周围道路 车流量	路口 数	路段 数	通行 能力 指数
居 民 区	3	0	162	1	2	0.80	141 (110)	2 (3)	3 (4)	0.83
		1	207	1	2	0.75	188 (157)	2 (3)	3 (4)	0.80
	5	0	178	1	2	0.86	194 (166)	2 (3)	3 (4)	0.88
		1	251	1	2	0.78	224 (201)	2 (3)	3 (4)	0.81
	7	0	176	1	2	0.89	147 (108)	2 (3)	3 (4)	0.92
		1	247	1	2	0.82	226 (197)	2 (3)	3 (4)	0.84
	9	0	169	1	2	0.84	138 (105)	2 (3)	3 (4)	0.86
		1	238	1	2	0.85	208 (169)	2 (3)	3 (4)	0.87

(0 代表非城区，1 代表城区)

根据表 3，在时间段为上午 22：00-24：00 的车流量在低峰期时，可知当同样面积大小的居民区小区，位于城区位置的小区在开放前后通行能力指标差异相对于位于非城区位置的小区在开放前后通行能力指标差异不大，而且同位置同面积的居民区小区在小

区开放前后给予周边道路通行能力的影响不大。从表 3 的路口数和路段数以及小区开放后的道路通行能力指数可以看出同一个商业区小区其内部道路不同时，多修一条路更有助于提高小区周围道路通行能力。

考虑小区类型为商业区，时间范围 00：00-24：00，采用泊松分布随机产生每两个小时车流量，结合 ND-GA 算法给出模拟结果。为了节省篇幅，这里只列举出上午 6：00-8：00 和晚上 22：00-24：00 的模拟结果，见表格 4 和表 5。

表 12 时间段为 6：00-8：00 之间的商业区小区模拟结果

	面积 (万 平方 米)	位置	小区未开放				小区开放后			
			周围 道路 车流 量	路 口 数	路 段 数	通行 能力 指数	周围道路车 流量	路口 数	路段 数	通行能力指 数
商业 区	3	1	3876	1	2	0.42	2012(1976)	2(3)	3(4)	0.62(0.68)
	5	1	4092	1	2	0.37	3217(2977)	2(3)	3(4)	0.58(0.61)
	7	1	4128	1	2	0.33	3326(3013)	2(3)	3(4)	0.67(0.72)
	9	1	4252	1	2	0.30	3475(3121)	2(3)	3(4)	0.73(0.75)

(0 代表非城区，1 代表城区)

根据表 2，在时间段为上午 6：00-8：00 车流量在高峰期时，从小区开放前后的道路通行能力指标上可以看出：小区的开放在一定程度上很大改善了小区周边道路的道路通行能力。从表 4 的路口数和路段数以及小区开放后的道路通行能力指数可以看出同一个商业区小区其内部道路不同时，多修一条路更有助于提高小区周围道路通行能力。

表 13 时间段为 22：00-24：00 之间的商业区小区模拟结果

	面积 (万 平方 米)	位置	小区未开放				小区开放后			
			周围 道路 车流 量	路口 数	路段 数	通行 能力 指数	周围道路 车流量	路口 数	路段 数	通行能力指 数

	米)									
商业区	3	1	192	1	2	0.79	163 (132)	2 (3)	3 (4)	0.81 (0.82)
	5	1	182	1	2	0.80	156 (122)	2 (3)	3 (4)	0.82 (0.84)
	7	1	169	1	2	0.78	149 (118)	2 (3)	3 (4)	0.79 (0.80)
	9	1	155	1	2	0.84	131 (102)	2 (3)	3 (4)	0.85 (0.87)

(0 代表非城区, 1 代表城区)

根据表 4, 在时间段为上午 22:00-24:00 的车流量在低峰期时, 可知当同样面积大小的居民区小区, 位于城区位置的小区在开放前后通行能力指标差异相对于位于非城区位置的小区在开放前后通行能力指标差异不大, 这说明商业区小区在小区开放前后给予周边道路通行能力的影响不大。从表 3 的路口数和路段数以及小区开放后的道路通行能力指数可以看出同一个商业区小区其内部道路不同时, 多修一条路对提高小区周围道路通行能力很微弱。

基于以上分析, 可得到我们建立的道路通行能力指标模型在一定的范围内和一定程度上可以定量的分析出小区开放前后小区对小区周边道路通行能力的提高。

七、模型的优缺点分析

7.1 模型优点

(1) 为了寻找平衡流量, 引入连续平均法, 算法通过不断调整各路段分配的流量而逐渐接近平衡分配结果, 具有一定的科学性和合理性, 这是本文建模思路的创新。

(2) 综合交通性能模型和道路网络运行效率模型建立多目标性能效率模型, 为了求解模型, 我们引入正态分布随机数, 对传统遗传算法进行改进, 这也是本文建模思路的创新, 较好的反映了现实情况。

(3) 文中综合了车身长度、车辆的安全距离、道路宽度修正系数、多车道修正系数、行人影响系数、启动加速度、制动加速度、车道长很好的反应对道路通行能力的影响。

7.2 模型缺点

(1) 道路通行能力是受多方面因素的影响, 其中还有一些不确定因素, 如行人的年龄大小和车辆的类型, 各模型很难表示出这些因素对道路通行能力的影响, 因此我们所做出的模型只能作为计算车辆通行能力的参考。

(2) 由于某些影响因素是定性的不能够量化, 所以未能对所有的影响因素做出相关性

分析。如小区的结构和路网的结构，不同的小区结构与路网结构对道路的通行能力影响是显著的。

八、关于小区开放的合理化建议

本文通过建立适当的数学模型，定量地研究小区开放对周边道路通行的影响，并得出一些重要结论。为此我们向城市规划和交通管理部门提供如下建议报告。

8.1 针对城市规划部门的建议

封闭式的管理也在一定程度上保障了居民的人身与财产安全，但随着近年来车流量的剧增，交通压力日益膨胀，封闭式的小区对车辆的自由通行的确有所阻碍，破坏了四通八达的路网结构，容易造成交通拥挤。考虑到每个住宅小区和单位大院的实际情况不同，需要做具体分析。譬如有些小区要考虑到其居民身份的特殊性或者由于独特的地理位置造成的小区开放后没有缓解交通压力，反而让有关部门的监管变得复杂，造成干扰等情况，就不能作为开放式小区投入使用。但在大多数情况下，封闭式小区的开放犹如疏通了城市的“毛细血管”，能够有效地增加道路的通行能力。

将封闭型的小区转变为开放型，这不仅仅是通行道路的增加，更是一种城市交通网络规划的补充，由此进行一种区域性交通组织是有必要的，它能够有效地将高密度交通流向低密度，确保道路使用的均衡以及行人的安全、有序。

根据我们的模型，我们给规划部门有以下几点建议：

（1）在一定条件下，面积相对不大且位置处于交通网络压力不大的小区，可以不考虑进行开放。

（2）在一定条件下，小区面积相对不大但位置处于交通网络压力大的区域时，在考虑进行开放的时候在小区内部尽量少增加小区内部的道路数。

（3）在一定条件下，小区面积相对大且位置处于交通网络压力大的区域时，可以考虑对小区进行开放，在不影响小区绿化和功能的前提下尽可能的多增加道路数。

（4）在一定条件下，小区面积相对不大但位置处于交通网络压力大的区域时，在考虑进行开放的时候在小区内部尽量少增加小区内部的道路数。这样可以在一定程度上提高小区周围道路通行能力。

（5）在一定条件下，面积位置条件都相同的条件下，尽可能的开放商业区小区。

8.2 针对交通管理部门的建议

首先要把开放式小区纳入到交通管理部门的执法范围内，要做到规范开放式小区的

经营秩序,严格遵守法律法规。另一方面由于开放式小区的自由性,需要严格整治小区内车辆停车无序,任意占道的现象。考虑到居民的人身安全问题,要遵循行人和非机动车优先的原则,或专门开辟行人和非机动车专用车道。

根据我们的模型,我们给规划部门有以下几点建议:

- (1) 交通管理部门在在新增路口出可以合理调整红绿灯的变化周期。
- (2) 在新增道路上给予合理的科学的车速限制。
- (3) 结核小区周边的道路情况实行限行政策。

参考文献

- [1]陈华友. 数学模型与数学建模[M]. 北京师范大学出版社, 2014.
- [2]陶志富, 周礼刚, 陈华友. 基于相对熵的模糊多属性决策的多目标规划方法[J]. 四川兵工学报, 2010, 31(1):132-135.
- [3]李向朋. 城市交通拥堵对策—封闭型小区交通开放研究[D]. 长沙理工大学, 2014.
- [4]商宇航. 城市街区型住区开放性设计研究[D]. 大连理工大学, 2015.
- [5]冷欢平. 城市路网交通状态评价研究[D]. 吉林大学, 2008.
- [6] 周均, 甘守武, 徐进, 等. 道路通行能力模型及其受车辆性能影响分析[J]. 重庆交通大学学报(自然科学版), 2010, 29(2):272-275.
- [7] 王兆林. 低等级道路通行能力计算方法探讨[J]. 西南公路, 2006(3):20-22.
- [8]彭燕. 开放式结构居住小区的发展研究[D]. 重庆大学, 2008.
- [9]马小凤. 开放型住区实证研究[D]. 华中科技大学, 2013.
- [10]孙超, 王欣, 童蔚苹, 等. 用户均衡与系统最优原则下交通分配模型的建立与分析[J]. 中国科技论文, 2013.
- [11]陈湛. 重庆小城镇高层住区设计研究[D]. 重庆大学, 2014.
- [12]游向然. 住区开放度均衡策略研究[D]. 同济大学建筑与城市规划学院 同济大学, 2008.
- [13]王峥. 城市居住区的开放型模式研究[D]. 郑州大学, 2012.
- [14]陆化普, 蔚欣欣, 卞长志. OD 需求不确定的离散交通网络设计模型研究[J]. 公路交通科技, 2011, 28(5):128-132.
- [15]王晓, 陈华友, 周礼刚, 等. 基于相对熵的多粒度语言信息的多属性群决策方法[J]. 运筹与管理, 2010, 19(5):95-100.
- [16]徐磊. 基于遗传算法的多目标优化问题的研究与应用[D]. 中南大学, 2007.

附录

```
function varargout = tsp_ga(xy,dmat,popSize,numIter,showProg,showResult)
%本函数整个算法的主体部分，通过 ND-GA 算法计算出全局最优路径。
% Process Inputs and Initialize Defaults
nargs = 6;
for k = nargin:nargs-1
    switch k
        case 0
            xy = 10*rand(50,2);
        case 1
            N = size(xy,1);
            a = meshgrid(1:N);
            dmat = reshape(sqrt(sum((xy(a,:)-xy(a',:)).^2,2)),N,N);%矩阵维数变换
        case 2
            popSize = 100;
        case 3
            numIter = 1e6;
        case 4
            showProg = 1;
        case 5
            showResult = 1;
        otherwise
            end
    end
end
% Verify Inputs
[N,dims] = size(xy);
[nr,nc] = size(dmat);
% if N ~= nr || N ~= nc
%     error('Invalid XY or DMAT inputs!')
% end
n = N-1;
% Sanity Checks
popSize = 4*ceil(popSize/4);
numIter = max(1,round(real(numIter(1))));
showProg = logical(showProg(1));
showResult = logical(showResult(1));

% Initialize the Population 初始化种群
pop = zeros(popSize,n);
pop(1,:) = (1:n);
for k = 2:popSize
    pop(k,:) = randperm(n);
end
% Run the GA
globalMin = Inf;
totalDist = zeros(1,popSize);
distHistory = zeros(1,numIter);
tmpPop = zeros(4,n);
newPop = zeros(popSize,n);
if showProg
    pfig = figure('Name','TSP_GA | Current Best Solution','Numbertitle','off');
end
for iter = 1:numIter %迭代次数
    % Evaluate Each Population Member (Calculate Total Distance)
    for p = 1:popSize
```

```

%      d = dmat(pop(p,n),pop(p,1)); % Closed Path 选择算子
%      for k = 2:n
%          d = d + dmat(pop(p,k-1),pop(p,k)); %交叉算子、变异算子
%      end
      totalDist(p) = Evaluate(pop(p,:)); % 计算适应度
end
%找到最小和最大适应度的染色体及它们在种群中的位置
% Find the Best Route in the Population
[minDist,index] = min(totalDist);
distHistory(iter) = minDist;
% 代替上一次进化中最好的染色体
if minDist < globalMin
    globalMin = minDist;
    optRoute = pop(index,:);
    if showProg
        % Plot the Best Route
        figure(pfig);
        rte = optRoute([1:n 1]);
        if dims > 2,
            plot3(xy(rte,1),xy(rte,2),xy(rte,3),'r-');
        else
            plot(xy(rte,1),xy(rte,2),'r-');
        end
        title(sprintf('Total Distance = %1.4f, Iteration = %d',minDist,iter));
    end
end
end
% Genetic Algorithm Operators
randomOrder = randperm(popSize);
for p = 4:4:popSize
    rtes = pop(randomOrder(p-3:p),:);
    dists = totalDist(randomOrder(p-3:p));
    [ignore,idx] = min(dists); % #ok
    bestOf4Route = rtes(idx,:);
    routeInsertionPoints = sort(ceil(n*rand(1,2)));
    I = routeInsertionPoints(1);
    J = routeInsertionPoints(2);
    for k = 1:4 % Mutate the Best to get Three New Routes
        tmpPop(k,:) = bestOf4Route;
        switch k
            case 2 % Flip
                tmpPop(k,I:J) = tmpPop(k,J:-1:I);
            case 3 % Swap
                tmpPop(k,[I J]) = tmpPop(k,[J I]);
            case 4 % Slide
                tmpPop(k,I:J) = tmpPop(k,[I+1:J I]);
            otherwise % Do Nothing
        end
    end
    newPop(p-3:p,:) = tmpPop;
end
pop = newPop;
end

```