

重庆大学

数学建模校内竞赛论文



论文题目：深圳关内外交通拥堵探究与治理

组号：127#

成员：杨阳 刘蛰 熊莹

选题：B 题

姓名	学院	年级	专业	学号	联系电话	数学分析	高等代数	高等数学	线性代数	概率统计	数学实验	数学模型	CET4	CET6
杨阳	动力工程学院	2011	核工程与核技术	20114102	/	/	/	96	94	78	95	100	480	/
刘蛰	自动化	2011	自动化	20115095	/	/	/	89	83	69	95	100	/	/
熊莹	机械工程	2011	机械设计制造及其自动化	20112654	/	/	/	90	91	/	90	100	/	/

2013-06-05

摘要

深圳有相当的一部分人口在关外居住，在关内上班，导致在上下班高峰期各关口进出通道经常成为交通最拥堵的地方，尤其以布吉关、梅林关等处为甚，在高峰期发生道路交通事故更会严重影响到广大市民的工作和生活。本文要解决的问题就是在这个背景提出的。

对于问题一，我们先使用一维管流模型对交通高峰时期关口区域的交通情况进行数值模拟，发现关口区域交通道路的形状设计不合理：在梅林关处多条交通主干线汇集且路面由宽变窄，呈现出漏斗状的地形，非常容易形成交通拥堵。其次，在对关口广场各连接道路分类时由于没有专家系统或者是更多的经验数据的信息我们采用自组织映射神经网络（SOM）对道路进行分类，并得到了分类结果。针对关口高峰期拥堵问题，我们提供两种解决方案：1.在此处规划道路引导标线和分流护栏的建设，以此合理引导相同路段缩窄段的交通汇流，并通过拓宽路面减轻汇流的剧烈程度。2.在车流密度大的部分修建引流车道，将车流引到远离关口广场的道路上。针对交通数据采集问题，我们通过 FFT^[4] 由附件 1 的数据分析出交通具有周期性的特征，建议如果有条件有关部门应采集一周的交通数据；如果条件不允许则应至少采集 24 小时的交通数据或者采集高峰期时段的详细数据特别是仅乘一人的私家车的的历史数据；对于数据较充裕的情况可以采用识别率高误报率低的有导师学习神经网络进行交通模式识别。

对于问题二，城市分区就是要使得分区后各区工作人口密度趋于均匀，使得各交通主干道承载的车流量分布相当均匀，以达到缓解沟通关内外交通拥堵的目的。我们使用 CAD 软件做出深圳市关外主干路交通简图，采用图论中的着色问题建立模型后给出调整城市分区功能以缓解交通拥堵的参考方案。根据功能区的四大特点，我们划分出 3 个集合区，决策者（相关部门）可根据其考虑选择任意集合区或其子区建立合适数目的功能区；通过第一问一维管流模型参数的分析并结合现在关口区域的功能构架，给出改变关口区域功能架构以及改善交通管控措施缓解梅林、布吉等关口交通拥堵的建议。

对于问题三，我们由问题一中建立的一维管流模型分析，根据管流分流减压的原理，给出在不考虑建设成本的条件下，在车流密度大的部分修建引流车道，将车流引到远离关口广场的道路上，在关内修建 AB 与 CD 两条道路的方案。

本文的主要特点在于，我们将交通流与流体力学管流类比，通过查阅相关文献，采用一维管流模型建立关口交通模型，并采用自组织映射神经网络（SOM）对关口广场各连接道路进行分类，可信度高。另外，本文所建立的模型简单、所用算法比较清晰，易于程序实现。

关键字：交通拥堵 FFT 一维管流模型 数值模拟 SOM 神经网络 图论 分流

一 问题的重述

交通拥堵是目前中国各大城市面临的共同难题，但拥堵的成因各不相同，因而需要在摸清规律的基础上有针对性地提出解决方案。由于历史的原因，深圳由关内关外两个区域组成。关外由宝安、龙岗两个行政区和光明新区、龙华新区、坪山新区、大鹏新区四个功能区组成；关内含罗湖、福田、南山、盐田四个行政区。关外与关内由自然山丘隔开，沟通关内外的主要通道有宝安大道/新安（22.548005,113.902194）、107 国道南头（22.552058,113.910531）、同安路荔山（22.558983,113.916094）、广深高速同乐（22.569654,113.923931）、南光高速（22.599412,113.932321）、沙河西路白芒（22.625915,113.938683）、福龙路（22.595767,114.016038）、梅观路（22.595717,114.050027）、清水河（22.618864,114.094852）、布吉关（22.585331,114.115838）、沙湾（22.605763,114.163884）、北山道盐田坳（22.604894,114.218802）、盐坝高速背仔角（22.601422,114.344448）等检查站，括号内为 Google 地图经纬度坐标。由于有相当的一部分人口在关外居住，在关内上班，导致在上下班高峰期各关口进出通道经常成为交通最拥堵的地方，尤其以布吉关、梅林关等处为甚，在高峰期发生道路交通事故更会严重影响到广大市民的工作和生活。

为了解决这一长期困扰深圳发展的问题，政府在道路建设上投入了大量的资源。目前，主要关口道路的互联互通程度越来越高，直接增加了关口交通管控工作的复杂度。与此同时，大规模的基础设施建设也对交通信息采集设备的完好性和可靠性造成了不良影响，从而使关口交通管控和事故应急处理决策愈加困难。

因此，使用数学方法对不完整的交通信息进行建模分析，就成为定量分析关口交通特性及构成要素的重要手段。如果能在不断修正、调整的基础上取得较可靠的分析结果，将对制定有效、合理的交通管控及事故应对方案提供有益的帮助。

我们根据本题附件给出的交警部门记录的各主要关口进出通道瓶颈断面代表时段的交通流量、对应车速数据和行车道数，部分与拥堵严重的梅林关关口广场连接道路对应时段的相关参考数据，以及我们收集到的深圳城市功能分区规划、实际城市发展等方面的相关资料对以下问题进行了分析讨论：

问题一：分析造成各关口拥堵的深层原因。以梅林关为例，考虑信息不完备的影响因素构建关口交通模型，分析造成关口广场区域高峰期拥堵的直接原因，对关口广场各连接道路进行分类或定出拥堵指数；根据你的模型参数，给出今后进一步研究关口广场拥堵问题所需交通数据的采集侧重内容建议。

问题二：在不增加关内外通道数量的情况下，能否通过调整城市分区功能、改变关口区域功能架构以及改善交通管控措施等来缓解梅林、布吉等关口的交通拥堵；

问题三：如果可以增加关内通道，试问应选在哪些地方（不考虑建设成本）。

二 符号说明

ρ ：车流密度 (veh/km)

q ：流量 (veh/h)

u ：车速 (km/h)

A ：道路的路面的宽度 (km)

m ：交通状态指数

c : 比拟声速

三 模型假设

3.1 基本假设

- 1、连续介质假设：车流在宏观上视作连续性介质；
- 2、在行车过程中，车主首选交通压力小、行驶速度快的路线；
- 3、

3.2 其它假设

- 4、在高峰期时段内关口的交通情况基本不变，即流场定常
- 5、重点考察关口构型对交通压力的影响，不考虑交通拥堵随着时间的疏导过程；
- 6、使用数值方法解一维管流模型方程时，允许数值计算中存在误差

四 问题的分析

4.1 交通数据分析：

交通流是一个非常强的非线性复杂过程，非线性系统的典型特征就是混沌，因此利用线性系统只能短期的预测交通流，随着时间的发展预测数据与实际之间的偏差将会增大。尽管交通流是复杂的但也表现出一定的相似性和周期性。运用一定的数据处理手段将从数据中挖掘出有用信息。

现以附件一中的 107 国道(广深公路)南头检查站南行-北-战略截面的完整数据和 G4(广深高速)(2260km+969m)南行-北-战略截面的完整数据为例进行数据分析对比，最后给出结论。

1. 107 国道的交通数据分析：

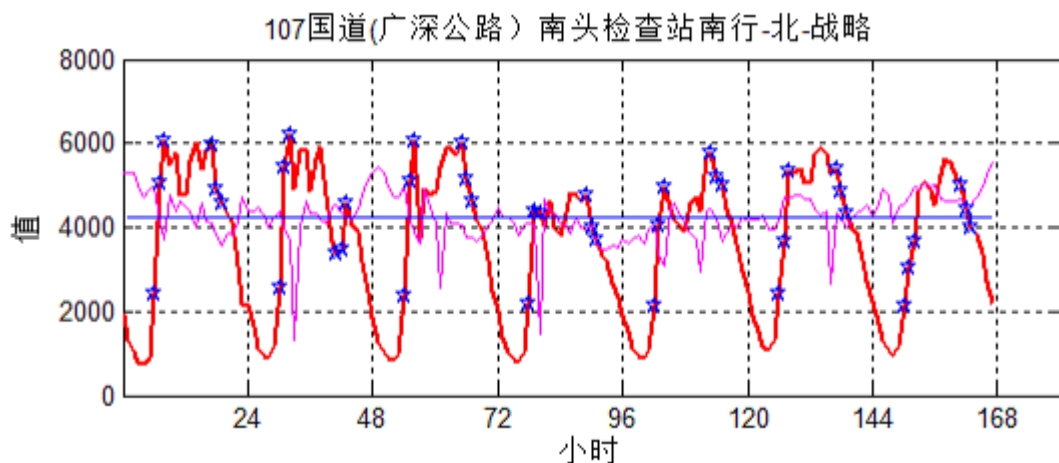


图 1 107 国道一周的交通情况总览图

对 107 国道一周的交通情况分析：图中的粗红线代表了交通的流量，纵坐标是与其对应的值；星点代表高峰期；细的紫线代表车速数值是纵坐标的值除以放大倍数 100；细蓝线代表了平均车速。图中可以读出一周平均车速约为 40km/h，

且拥堵发生时车速会立刻急剧下降。所以车速是标志交通状态的一个重要标志。并且图中可以看出交通状态具有周期性。

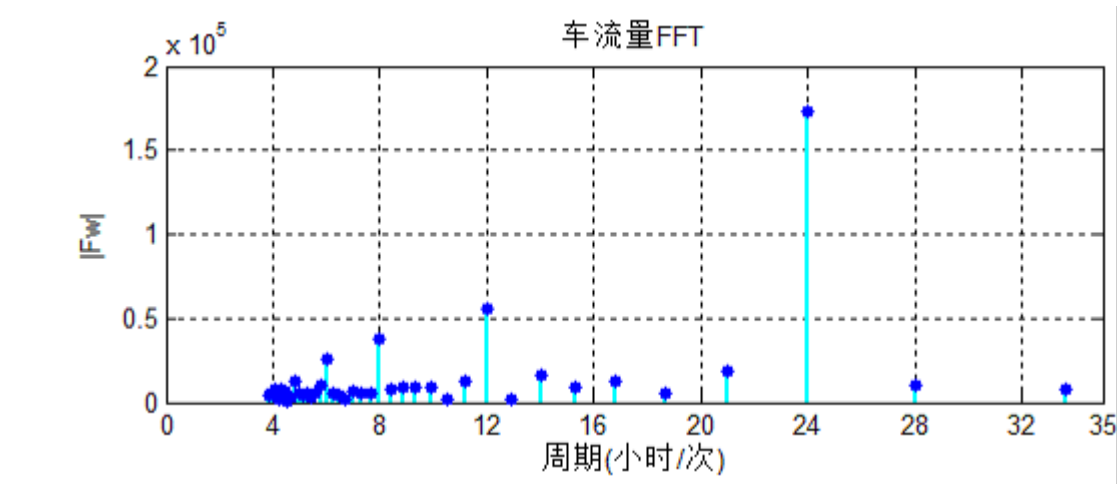


图 2 107 国道一周的交通流量频谱图

对 107 国道一周的交通流量进行频谱分析：从谱方法分析出来的结果看出交通流量的主周期为 24 小时，故可以推断交通情况是以 24 小时为一个周期重复的。

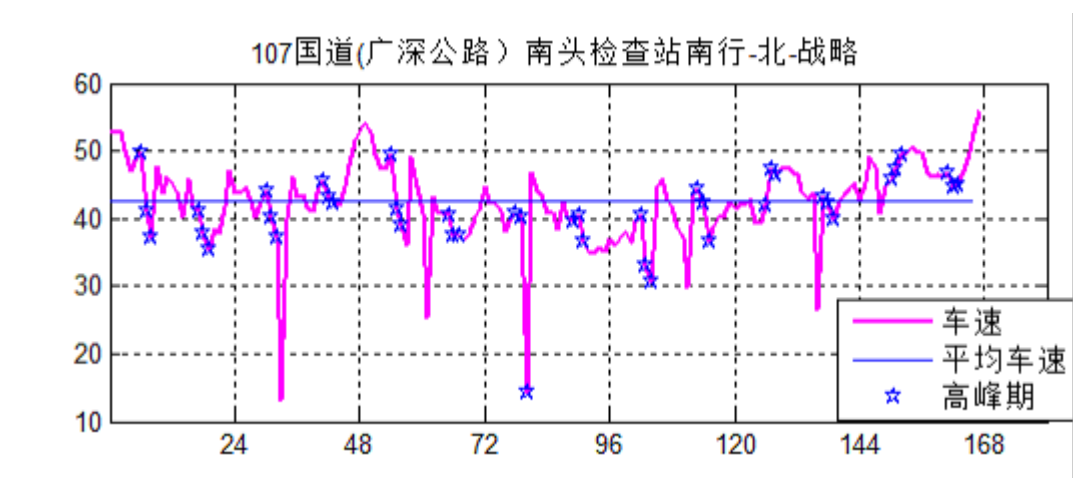


图 3 107 国道一周车速总览图

单独分析 107 国道的一周车速变动情况：图中可以看出车速最低的地方并不全是高峰期而是在高峰期附近，或者说是在高峰期后表现出一种迟滞效应。也并不是每一天的高峰期车速都很低，比如图中的周日。

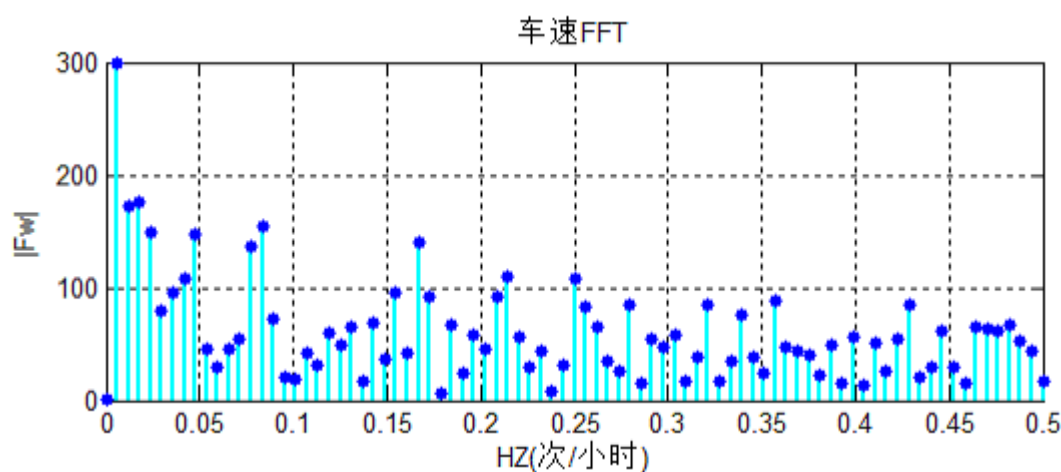


图 4 107 国道一周的车速频谱图

107 国道一周车速的频谱分析：车速不像车流量那样有着显著的主周期，能量没有集中分配到某一特定的频率上。

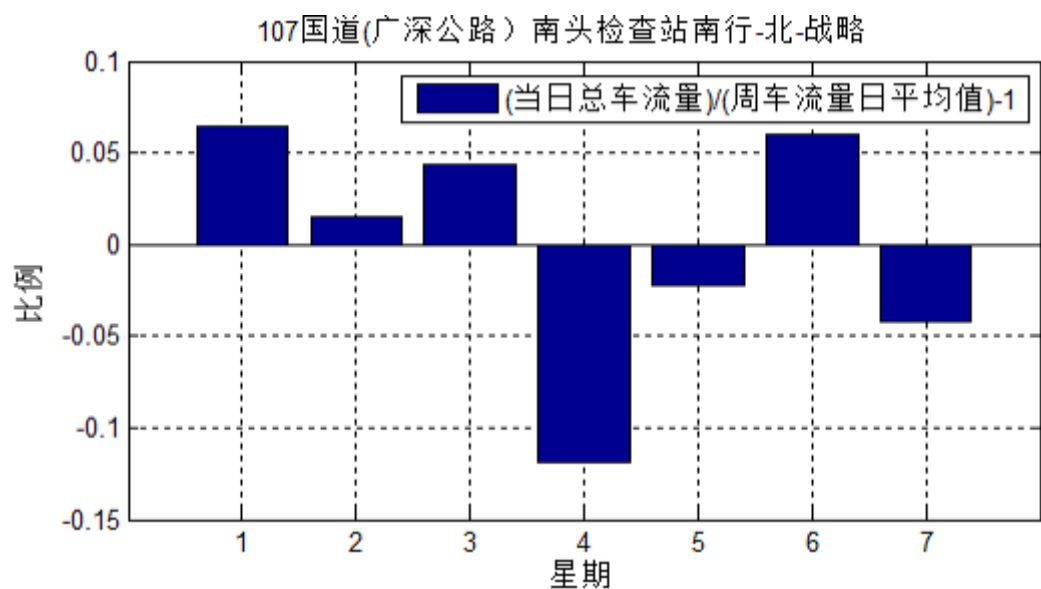


图 5 107 国道日车流量统计图

107 国道日车流量统计结果：图中看出星期四的车流量占一周的流量最少，远小于周平均水平，显然星期四 107 国道有较大的交通余量，故该数据对 107 国道的交通调度有指导意义。

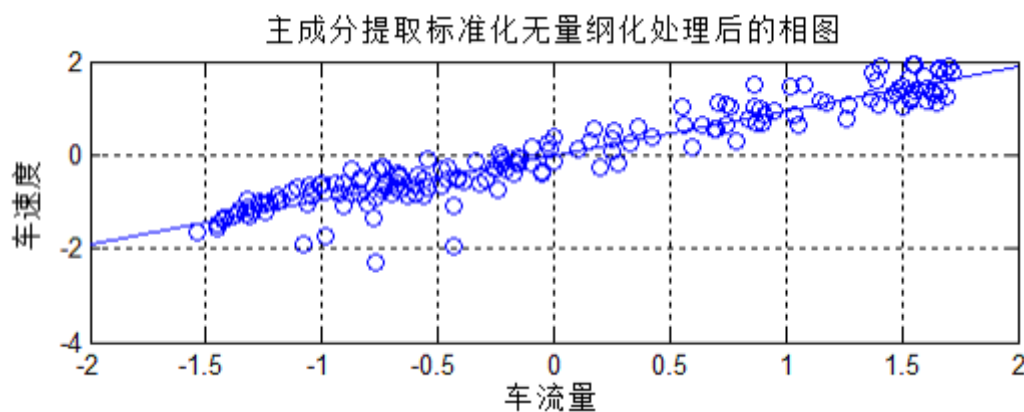


图 6 107 国道日车速度—车流量相图

分析经过主成分提取和标准化无量纲化处理后的 107 国道交通数据的相图：数据经过整理后基本都集中在一条回归直线上落在直线左下方的散点为交通密度 ρ 较大的点。

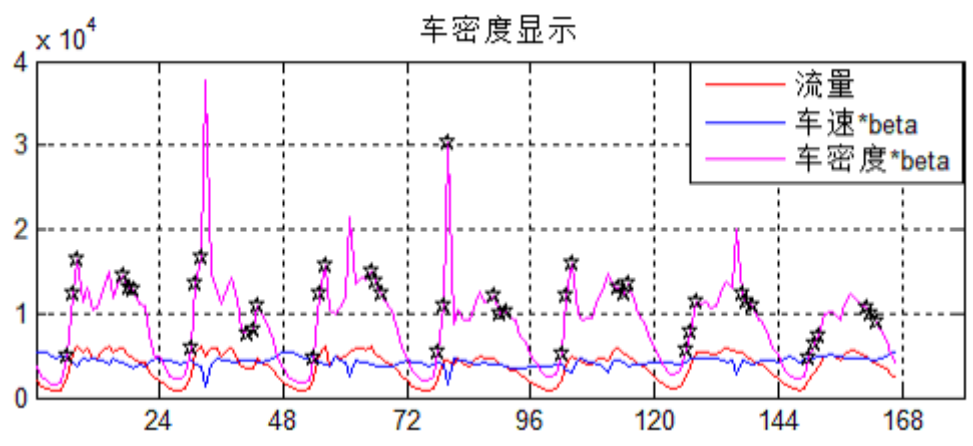


图 7 107 国道车流密度图

分析车流密度（放大倍数 $\beta=100$ ）：在交通拥挤发生时，交通密度也会有很大的变动，因此交通密度也是表征交通状态的一个重要指标。其中密度的尖点与相图中回归曲线左下方的散点对应，放大系数 $\beta=100$ 。

2. G4 广深高速的交通数据分析：

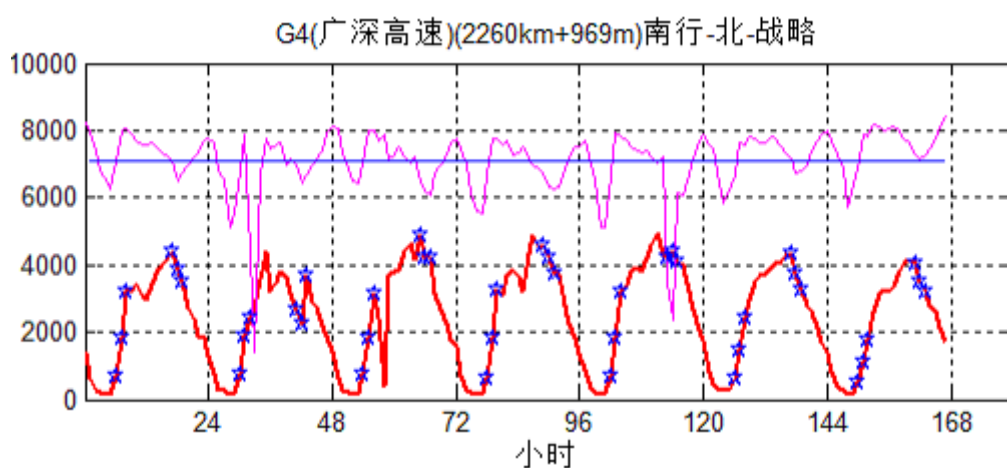


图 8 G4 高速一周的交通情况总览图

G4 高速一周交通情况：图中反映出 G4 高速的交通量与 107 国道的交通量情况具有类似的周期性，而不同之处是由于 G4 是高速路所以车速较高，周平均值约为 70km/h。

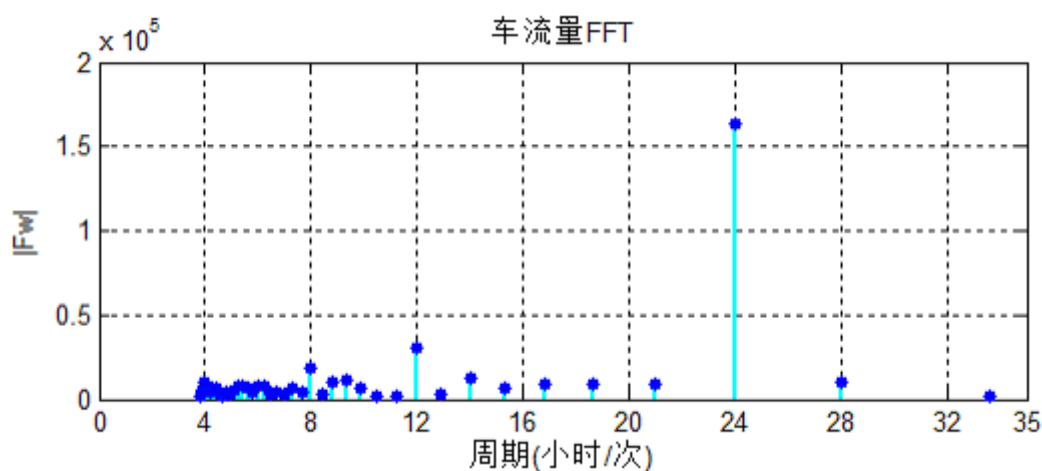


图 9 G4 高速一周的交通流量频谱图

使用谱方法分析 G4 高速的一周交通量：G4 高速与 107 国道的周交通量主周期相同都为 24 小时。显然交通流量是具有周期性的，并且由所给数据对所有路段使用谱方法都可以得到交通流量的主周期是 24 小时。

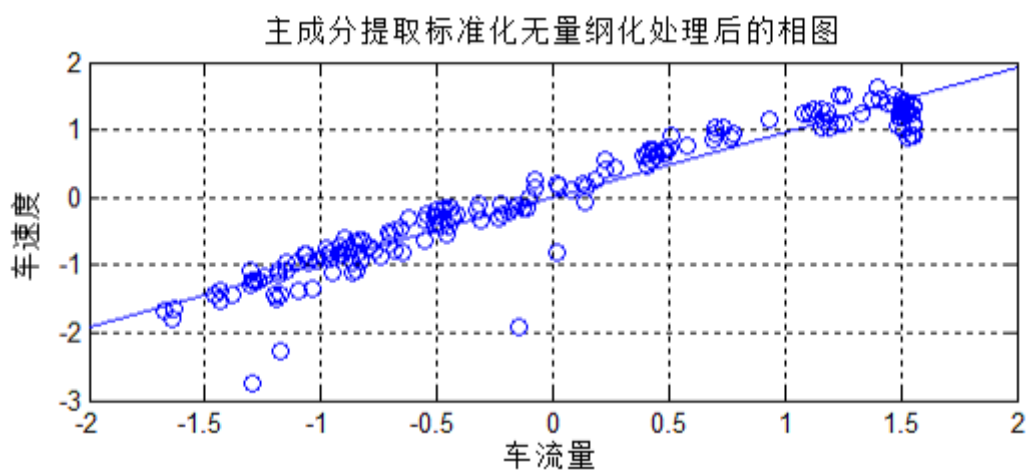


图 10 G4 高速日车速度—车流量相图

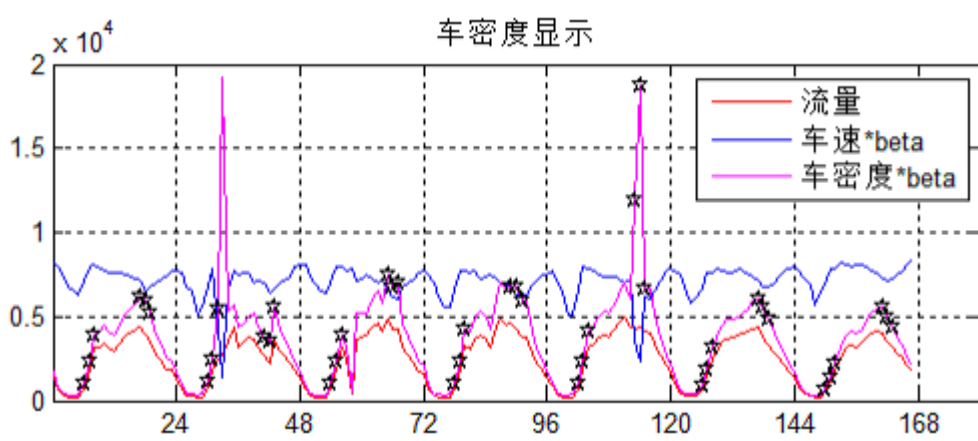


图 11 G4 高速车流密度图

图 10、图 11 两幅图显示出来的规律与 107 国道的类似，速度与车密度是识别交通状态的重要指标。并且不同类型的道路如：国道与高速，都具有类似的特点。G4 高速的车密度曲线的尖点同样与相图中回归直线下方离得较远的散点对应。这些规律都与 107 国道的相同。

3. 结论

通过以上数据分析我们可以得出以下结论：

1. 交通流量具有周期性，并且主周期为 24 小时。
2. 车速和车密度具有很强的标志交通状态的作用。
3. 不同类型的道路可能平均车速和流量有所不同，但是表现出来的规律是类似的。

4.2 问题一：

对交通数据进行分析总结规律后，通过查阅相关文献以及对流体力学管流的理解，我们可采用一维管流模型作为关口交通模型。对采用的模型参数进行分析后，可给出梅林关关口广场区域高峰期拥堵的直接原因。然后采用自组织映射神经网络（SOM）对关口广场各连接道路进行分类。最后根据我们的模型参数，给出今后进一步研究关口广场拥堵问题所需交通数据的采集。

4.3 问题二：

我们对收集到的深圳城市功能分区规划、以及实际城市发展等方面的相关资料进行仔细分析后，发现以深圳市实际城市发展权衡，深圳市的分区规划并不合理。由表 1 可知，各区域的人口密度相差悬殊，关外地域面积比重相当大，同时关内地域面积相对很小，但关外各区人口密度都低于深圳市的平均人口密度，而关内各区的人口密度几乎都大于平均人口密度，并且由于有相当的一部分人口在关外居住，在关内上班，直接导致在上下班高峰期各关口进出通道经常成为交通最拥堵的地方。从图 1 中可直观的看到，从星期一到星期天，在上班期间该通道车流量均居高不下，分析速度可知，在星期二、三、四均出现拥堵。说明各种因数导致的连接关外关内交通的拥堵确实严重，并急需采用各种可行的方法来缓解其拥堵状况。对于问题二提出的调整城市分区功能来缓解交通拥堵，我们认为确实可行。由各区人口情况表以及其他相关资料，我们使用 CAD 软件做出深圳市关外主干路交通简图，采用图论中的着色问题建立模型后给出调整城市分区功能以缓解交通拥堵的参考方案。通过第一问一维管流模型参数的分析并结合现在关口区域的功能构架，可给出改变关口区域功能架构以及改善交通管控措施缓解梅林、布吉等关口交通拥堵的建议。

表 1 深圳市各区人口情

地区名	常住人口（人）	人口密度（人/平方公里）
深圳市	10357938	5201
罗湖区	923423	11726
福田区	1318055	16756
南山区	1087936	5877
宝安区	4017807	7059
盐田区	208861	2798
龙岗区	481420	3097
光明新区	2011225	2945
坪山新区	309211	1852
龙华新区	3000000	1648
大鹏新区	151000	4513

4.4 问题三：

我们由问题一中建立的一维管流模型分析，根据管流分流减压的原理，在不考虑建设成本的条件下，我们认为在车流密度大的部分修建引流车道，将车流引到远离关口广场的道路上，将大大缓解梅林关口的交通拥堵，由此可给出建设关内通道的方案。

五 模型的建立与求解

5.1 问题一

5.1.1 一维管流模型的建立

连续介质力学的两大观点为统计观点和唯象观点，并且其中的连续介质假设为：所有物体都是由单独的粒子组成的，然而对我们来说有意义的体积包含大量粒子，所以可以把物体认为是充满空间的连续介质假设^[2]。引入流体力学可压缩流体一维正压运动的非线性运动的基本方程组即系统控制方程：

1. 欧拉方程：

$$\frac{\partial u}{\partial t} + u \frac{\partial u}{\partial x} + \frac{1}{\rho} \frac{\partial p}{\partial x} = 0$$

2. 连续性方程：

$$\frac{\partial \rho}{\partial t} + \frac{\partial(\rho u)}{\partial x} = 0$$

3. 状态方程：

$$p = A \rho^r$$

其中 A 与 r 为与气体性质有关的常数。将流体力学模型类比到交通流中，交通流视作连续介质，则可以建立交通一维管流模型，其中交通流系统的控制方程组：

$$\begin{cases} \frac{\partial \rho}{\partial t} + \frac{\partial(\rho u)}{\partial x} = 0 \\ \frac{\partial u}{\partial t} + u \frac{\partial u}{\partial x} + \frac{c^2}{\rho} \frac{\partial p}{\partial x} = -\frac{\tau_w}{\rho A} \end{cases}$$

方程组中第一式为连续性方程，第二式为代入了状态方程的动量方程。式中系数

$c = \frac{m-1}{2} \rho^{\frac{m-1}{2}}$ ， τ_w 为比拟的车流“摩擦阻力”， A 路面宽度或者道路数目， m 为交通指数，其取值范围为 $1 < m < 3$ 。过研究发现 m 取值大代表交通比较畅通，取值小代表交通状态为拥堵。在我们所研究的问题中 m 取 2.0 时数值十分不稳定。由于模拟的关口为拥堵状态故数值模拟时参数 m 取 1.5， τ_w 取 0.05。

由于高峰期时段内车流量变化不大所以可以把流场视作定常的，专门考察由于关口构型对交通密度的影响，得到以下常微分方程组：

$$\begin{cases} \frac{d(\rho u)}{dx} = 0 \\ u \frac{du}{dx} + \frac{c^2}{\rho} \frac{d\rho}{dx} + \frac{\tau_w}{\rho A} = 0 \end{cases}$$

假设在一个断面上速度是常数，以上方程组可以化成：

$$\begin{cases} \rho u A = \text{const} \\ \frac{dp}{dx} = \frac{\text{const}^2 \frac{dA}{dx} \rho - \tau_w p^2 A}{-\text{const}^2 A + c^2 p^2 A^3} \end{cases}$$

接下来定义边界条件：由于流场是定常的，取关口进入的流量 $q = 5790$ ，流速

$u = 15$ ，可以得到常数 $\text{const} = \rho u A = qA$

为了便于观察路面面积变化对车流密度的影响，并考虑到汇流过程是由 11 条车道到 6 条车道，假设每条车道宽 3.75m，取路面的形函数为：

$$A(x) = \frac{51}{1600} - \frac{3 \tanh(-ax)}{320}$$

选用 $\tanh(-ax)$ 类型的函数作为形函数可以得到一个可调参数 a ，并通过调整 a 得到不同的汇流剧烈程度。

不同 a 值 $\tanh(-ax)$ 的曲线如图 12 所示。

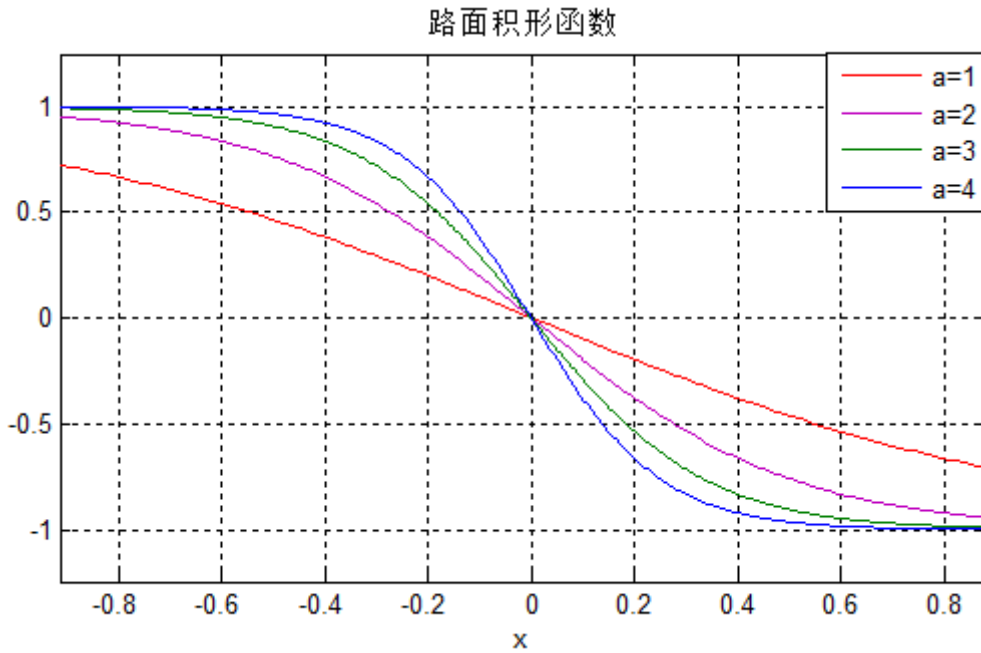


图 12 不同 a 值 $\tanh(-ax)$ 曲线图

由于空气是低粘度，可认为空气为无粘度的可压缩流体，这与交通流类似，并且与交通流服从极其类似的控制方程，故在合适选取参数的情况下可以使用空气动力学仿真关口交通流，从而得到关口的二维压强分布云图和速度分布矢量图，以便更直观的展示关口区域的交通细节。类比关口交通流特点仿真中，流场出口是自由的压力出口，进口是速度恒定的速度进口。通过比拟关口的二维构型可以

得到流场的二维构型。

5.1.2 模型的求解与分析

由模型建立得到的微分方程和边界条件，使用 4 到 5 阶 Runge-Kutta 法求微分方程的数值解。模型中参数 a 分别取 1 到 8，步长为 2，比较不同 a 取值下的交通密度和车速的变化曲线。

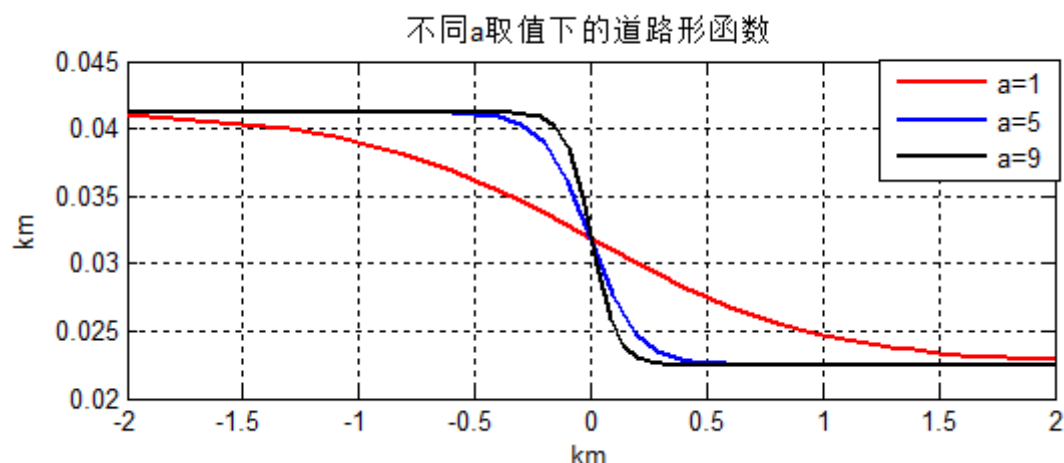


图 13 不同 a 值道路形状变化曲线图

无论 a 取什么值，道路的宽度 A 都是从 40m 左右到 23m 左右，即从 11 车道变为 6 车道，但是不同的 a 取值道路形函数在中心处的变化剧烈程度不一样，这样车流在中心处收到的压缩剧烈程度也不同。由图 1 可知 a 取值较小时，压缩烈度小；反之，压缩烈度大。

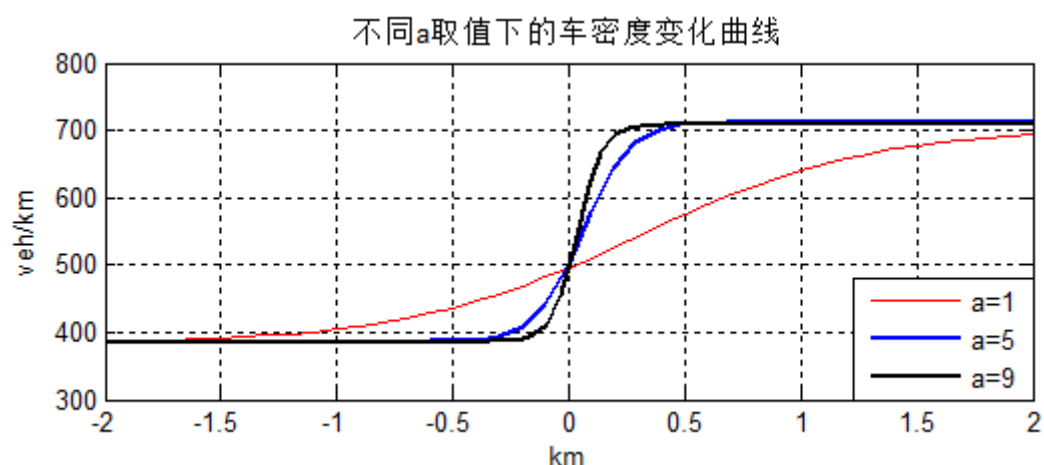


图 14 不同 a 值车密度变化曲线图

车流密度直接反应了交通压力的大小，从车流密度变化曲线中可以看出无论参数 a 怎么取，车流密度都是由进入关口的 400 (veh/m) 左右增加到 700 (veh/m)。但是在关口中心区即横坐标 $(-0.5, 0.5)$ 区间内的密度大小呈现出非常不同的规律。图中看出，当 a 取值较小时，交通密度增加的很平缓，而参数 a 取值较大

时，交通密度在关口中心地带变化的十分剧烈。甚至在流体力学上可以近似认为发生了突击压缩。

从参数 a 的取值对交通密度的影响可以看出解决关口区域高峰期拥堵的一个重要手段就是改变关口的交通道路结构，使得汇流情况不像原本的那么集中。具体做法可以是，加长关口的长度，减小路面缩小的速度。或者在汇流集中的区域适当的分流，将车辆引到到远离关口区域的道路上。

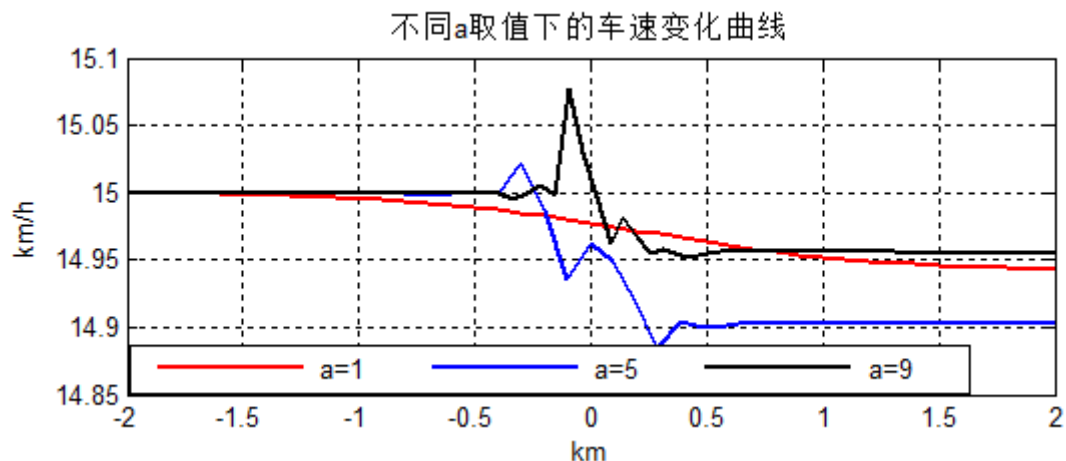


图 14 不同 a 值下的车速变化曲线图

图 14 中的三条曲线分别代表了不同 a 取值时的过关车辆速度变化情况，可以看出路面汇流剧烈程度不同导致最终稳定后的行车速度也不同。并且当 a 取 1 时，路面变化较慢，速度平缓的单调递减。这种情况当然是所期望的，代表了车流平稳的汇流。而当 a 的取值增大时，在关口中心地带速度不再单调而有较大的跳跃。此种情况流体力学中可以理解为发生了突击压缩，而在交通流中则可以视作车辆加减速频繁，形成了速度的突跃。这种情况不但交通压力大而且容易出现交通事故。

5.1.3 二维流场分析

由于一维模型较为抽象，为了更直观的展示关口区域构型对交通压力的影响，对关口区域运用空气动力学进行二维流场定常仿真。

对求解区域即关口区域网格划分后（图 15），采用 RNG 形式的 k -epsilon 压力隐式算法，得到区域的压强分布云图（图 17、18、19）和速度分布云图（图 16）。流场中上方的通路代表右行道，下方的通路代表左行道。所有的分布云图中蓝色代表数值小而红色代表数值大，依靠色度体现数值。



图 15 关口区域网格划分图

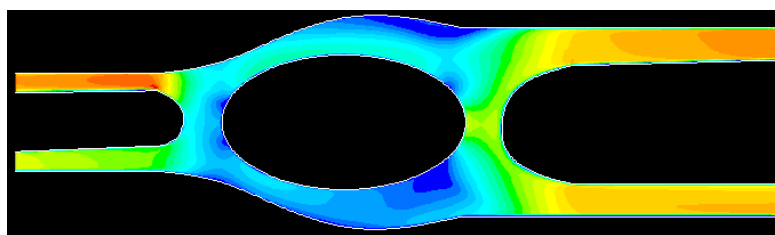


图 16 速度分布云图



图 17 静压强分布云图

速度分布云图分析：分析速度分布云图可以看出在流场的中心地带流速较低，即关口的中心地带拥堵最严重，而净出口的流速相对较高。

静压强分布云图分析：静压分布直接代表了流体压力的大小，可以看出在关口中心附近压强很大，若放大速度分布矢量图观察还可以看到无论是右行还是左行，都有“倒灌”现象的存在，这可以理解为，由于前方交通压力过大，司机不得不放弃前行而变道到逆行方向另找出路。

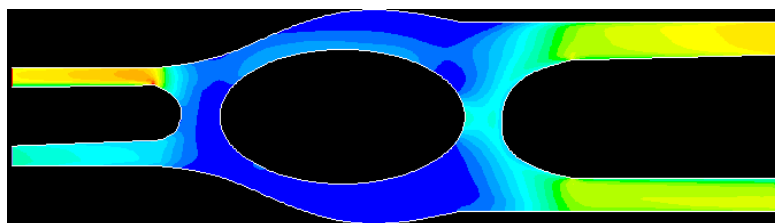


图 18 动压分布云图



图 19 总压分布云图

总压代表了流体的能量高低，在交通流中可以理解为“速度大，压力也大”的区域，显然这些地方是交通事故的高发区域，也是交通混乱度较大的区域。

5.1.4 SOFM 神经网络模型的建立

1. SOFM 神经网络的运行过程:

(1) 训练阶段:

在训练开始阶段, 竞争层哪个位置的神经元将对哪类输入模式产生最大响应是不确定的。当输入模式的类别改变时, 二维平面的获胜神经元也会改变。在获胜神经元周围的邻域内的所有神经元的权向量均向输入向量的方向作不同程度调整, 调整力度依邻域内节点与获胜节点的远近而逐渐衰减。网络通过自组织方式, 用大量训练样本调整网络的权值, 最后使输出层各神经元成为对特定模式类敏感的神经网络。从而竞争层各神经元的连接权向量的空间分布能够正确反映输入模式的空间概率分布。

(2) 工作阶段:

SOM 网训练结束后, 输出层各节点与输入模式类的特定关系就固定下来, 因此可用作模式分类器。当输入一个模式时, 网络输出层代表该模式类的特定神经元将产生最大响应, 将该输入自动归类。当输入模式不属于网络训练时见过的任何模式时, SOM 网将它归入最接近的模式类。

2. 建立道路交通状态分类指标体系:

指标类别	指标名称
道路通行能力	车道数
早高峰交通状态	车速 u_1 流量 q_1 车流密度 ρ_1
晚高峰交通状态	车速 u_2 流量 q_2 车流密度 ρ_2

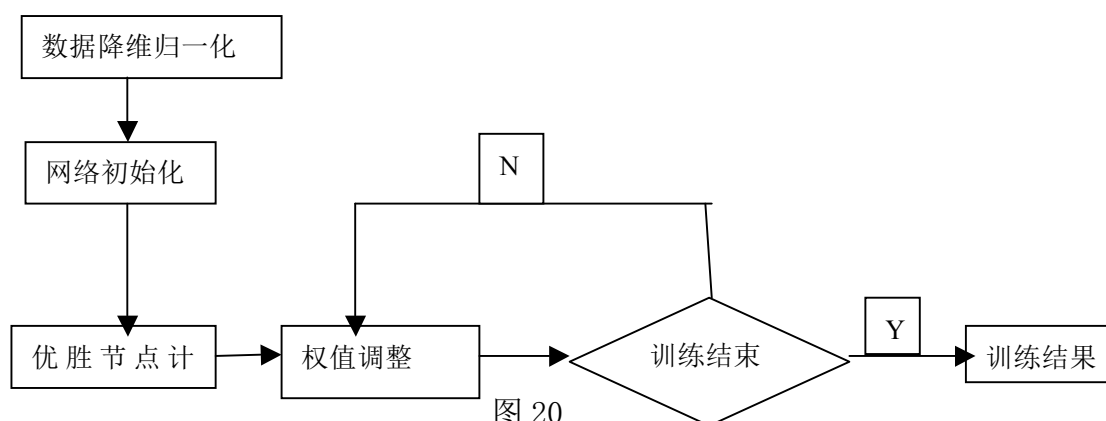
3. 建立关口连接道路分类的 SOFM 模型:

由于车速流量车道数的量纲不同并且数量级也不同, 并且交通流系统是个无限维非线性动力系统, 将数据进行分类前采取对数据先进行主成分分析达到降低数据维数的目的然后再将数据归一化。

归一化的过程可表示为公式:
$$x_k = \frac{x_k - x_{\min}}{x_{\max} - x_{\min}}$$

经过处理后的数据直接可以导入神经网络中进行聚类。

SOFM 神经网络聚类算法流程图:



5.1.5 SOFM 神经网络模型的求解及分析:

1. 网络的初始化:

输入层由 7 个神经元组成其具体对应样本的指标为:

输入层神经元	对应指标
1#	早高峰流量 q_1
2#	早高峰车速 u_1
3#	早高峰车流密度 ρ_1
4#	晚高峰流量 q_2
5#	晚高峰车速 u_2
6#	晚高峰车流密度 ρ_2
7#	车道数

样本序号与对应的关口连接道路:

样本序号	关口连接道路名称
1#	梅观公路普滨加油站南行-北-战略
3#	梅观公路南行-市区方向
4#	梅观公路南坪立交桥下北行-南-战略
5#	南坪快速路 1.3 公里东行-西-战略
6#	南坪快速路 1.3 公里西行-东-战略

由于关口部分道路的数据缺失,反应交通状态仅凭流量一个参数远不够,故选择交通状态参数完整的道路进行分类。

2. SOFM 网络参数设定

SOFM 网络参数名称	设定值
网络拓扑结构维数	2×2
网络拓扑函数	hexatop
网络距离函数	linkdist
距离递减到 1 的步数	200
初始邻近距离	3

3. 分类结果:

样本序号	关口连接道路名称	类别
1#	梅观公路普滨加油站南行-北-战略	1
3#	梅观公路南行-市区方向	2
4#	梅观公路南坪立交桥下北行-南-战略	4
5#	南坪快速路 1.3 公里东行-西-战略	4
6#	南坪快速路 1.3 公里西行-东-战略	3

样本被分到的类别代表了样本对训练完毕的神经网络第几号神经元起到刺激兴奋的作用。SOFM 的二维神经元编号按照从左到右从上到下的顺序编号,最左下角的神经元为 1 号神经元。

获胜神经元统计图：

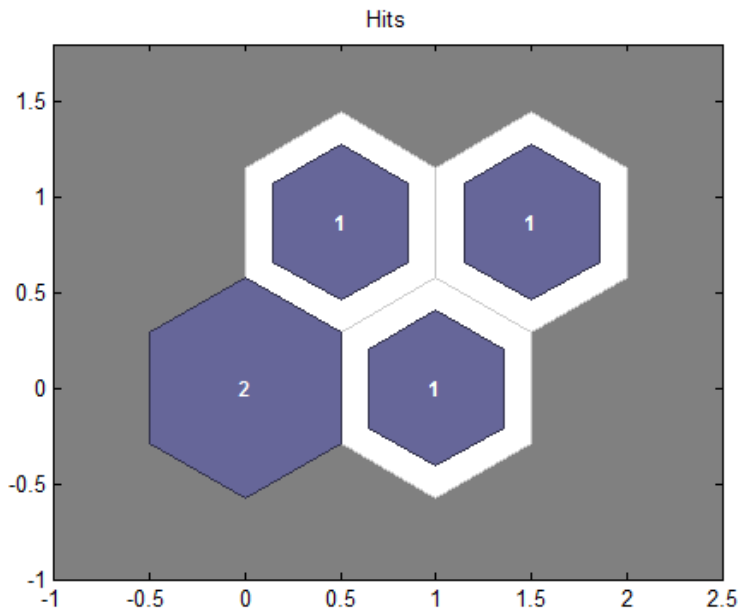


图 21

获胜神经元统计图中可以看出一号神经元获胜了两次二、三、四号神经元分别获胜了一次。神经网络把 5 个样本中的两个聚集为了一类另外三个分别为一类。

邻近神经元距离分布图：

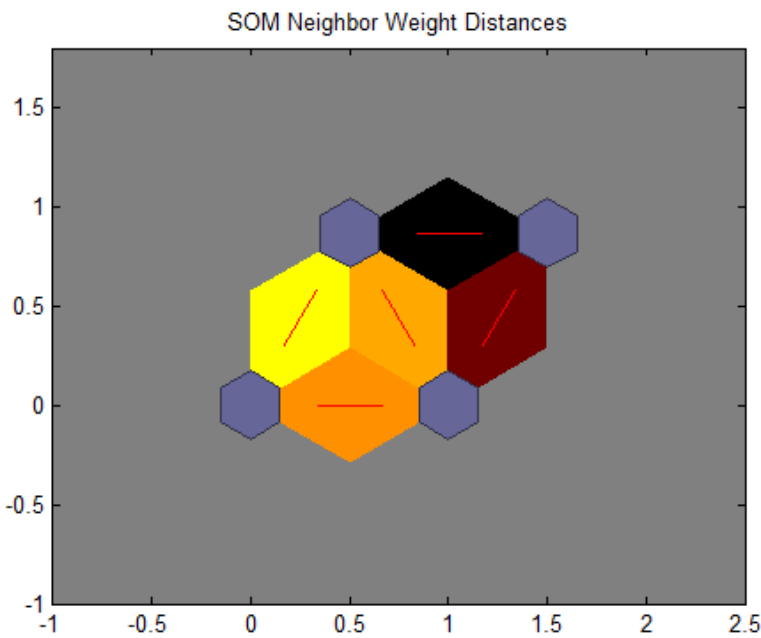


图 22

邻近神经元距离分布图中颜色越深代表距离越远，可以看到一号神经元和三号神经元距离最近，而三号神经元和四号神经元距离最远。因此神经元距离分布图对分析聚类结果有指导作用。

样本属性分量权重图：

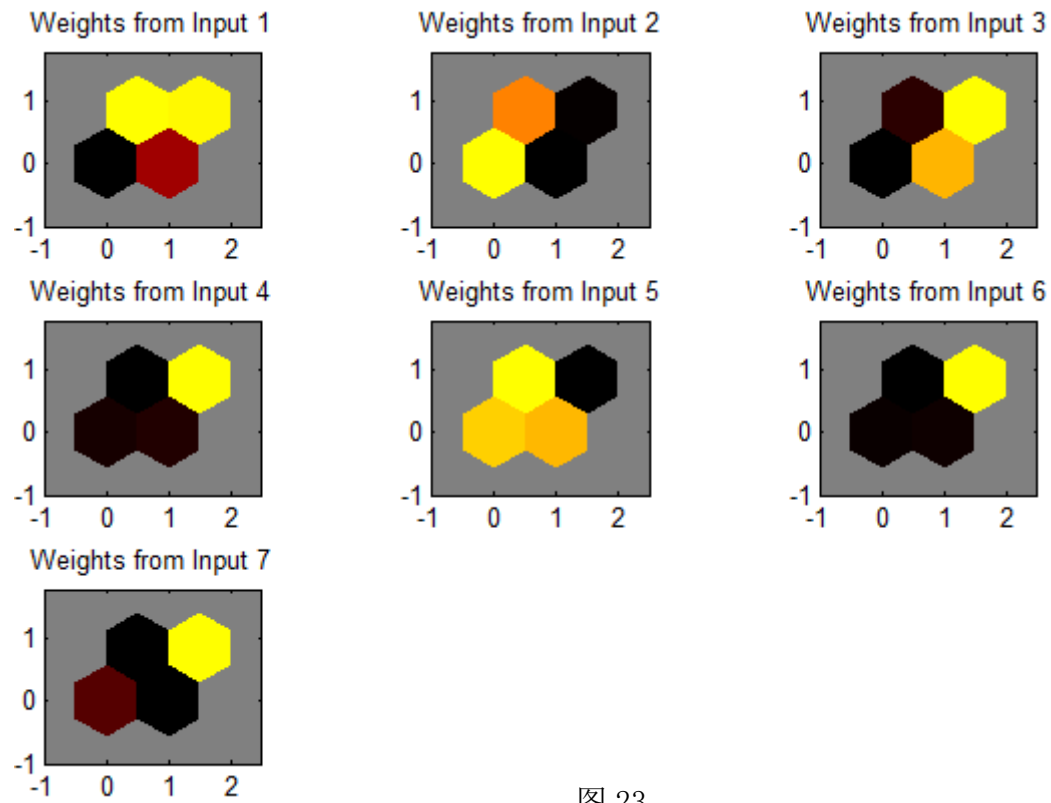


图 23

样本属性的 1-7 号分量分别代表了早高峰车速，早高峰流量，早高峰密度，晚高峰车速晚高峰流量，晚高峰密度，车道数。

SOM 神经网络权重分布图：

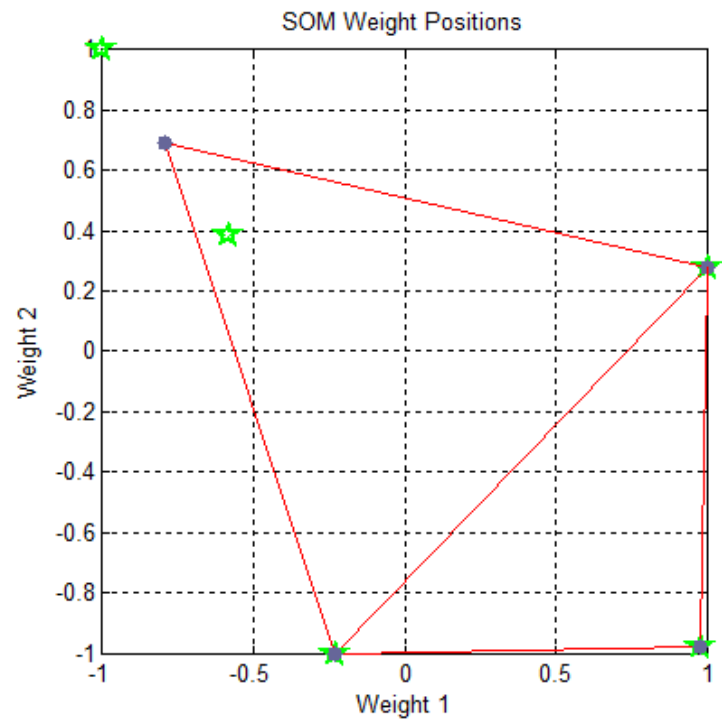


图 24

根据具体的 5 段道路的数据

样本编号	1#样本	3#样本	4#样本	5#样本	6#样本
早高峰车流量	4810	3931	3370	3671	4825
早高峰车速	8	7.5	63	46	43
早高峰车密度	601.25	524.1333	53.4921	79.8043	112.2093
晚高峰车流量	5790	4104	4034	4094	3987
晚高峰车速	12	49	48	54	55
晚高峰密度	482.5	83.7551	84.0417	75.8148	72.4909
车道数	7	4	5	4	4

最后的到由神经网络分类，并观察出其特征的分类结果表：

样本编号	关口连接道路	所分类别	类别特征
1#	梅观公路普滨加油站南行-北-战略	1	车流量密度最大最拥堵，车流量也最大，车速最低属于严重拥堵类别，并且由于早晚高峰都拥堵属于常发性拥堵区段
3#	梅观公路南行-市区方向	2	早高峰较拥堵，车速较低，晚高峰较为畅通，属于偶发性拥堵区段
4#	梅观公路南坪立交桥下北行-南-战略	4	车速较高流速较小属于畅通区段
5#	南坪快速路 1.3 公里东行-西-战略	4	车速较高流速较小属于畅通区段
6#	南坪快速路 1.3 公里西行-东-战略	3	车速较高流量较小属于畅通区段，但早高峰较晚高峰拥堵

由表格所列结果可以指导 1#样本最为拥堵而且是常发型拥堵需要长期驻扎警力进行交通疏导，而 3#样本属于早高峰拥堵晚高峰正常，所以只需早高峰驻扎警力进行交通疏导。而 4#、5#样本较为畅通，可以不进行交通疏导，6#也较为畅通，但应该适当注意晚高峰交通情况。

5.2.1 调整城市分区功能

1.1 城市分区的介绍及分析

1.2 城市功能区的四大特点

1.3 选取模型

以上是分区与功能区的相关内容。由表 1 可知关内人口密度几乎都高于深圳市平均人口密度, 并且关内区域面积占总面积的比例相对较少。这样的城市分区使得连接关内外的交通要道必然会因为相当一部分人在关外居住关内上班而在上班高峰期造成常发性拥堵。因此我们不考虑对关内区域进行功能分区规划, 而建议政府在关外合理的多建立功能区。我们知道, 人们都愿意在社会经济效益高的地方工作, 在关外建立功能区, 将使得关外居民能够在关外工作, 以此缓解连接关内外交通要道拥堵。我们考虑以关外主干道为规划分区的边界线(图 5 为关外主干道交通简图为简化模型), 每一交通回路中可划分为一个区域。问题变成, 我们希望关外各分区均匀, 即相邻交通回路不能划分为同一分区, 以此在关外建立功能区将使得各交通主干道上承载的车流量分布相当均匀。由此我们采用图论中的着色问题建立模型求解。将各回路交通简化为一个圆, 标号从 1 到 14, 用线连接表示它们相邻, 如图 25 所示交通回路简化模型, 使用着色问题, 找到着色最少所需颜色数, 给出合理的关外功能区划分方案^[1]。

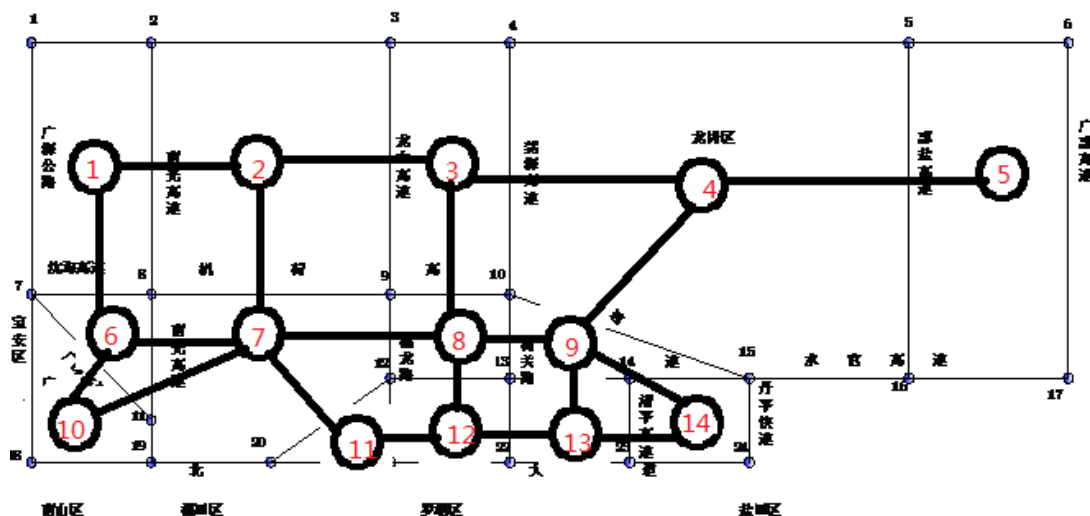


图 25 交通回路简化模型

2. 模型建立

引入 0-1 变量 y_{ik} ，当 v_i 着第 k 种颜色时， $y_{ik} = 1$ ；否则 $y_{ik} = 0$ 。设颜色种数为 y ，建立如下模型：

$$\begin{aligned} \min \quad & x \\ \text{s. t.} \quad & \begin{cases} \sum_{k=1}^{e+1} y_{ik} = 1, i = 1, 2, \dots, 14 \\ y_{ik} + y_{jk} \leq 1, v_i v_j \in E \\ y \geq \sum_{k=1}^{e+1} y_{ik}, i = 1, 2, \dots, 14 \\ y_{ik} = 0 \text{ 或 } 1, i = 1, 2, \dots, 14; k = 1, 2, \dots, e+1 \\ y \geq 0 \end{cases} \end{aligned}$$

该模型的邻接矩阵为

A =

$$\begin{bmatrix} 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 1 & 0 & 1 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 1 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 1 & 0 & 1 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 1 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 1 & 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 1 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 \end{bmatrix}$$

3. 模型求解与分析

本题使用 matlab 软件编程求解（程序见附录）得到最小所需颜色数为 3 种，其分布矩阵为 $B = [1 \ 2 \ 1 \ 2 \ 1 \ 3 \ 1 \ 2 \ 1 \ 2 \ 2 \ 1 \ 2 \ 3]$ 。令 1 为红色，2 为蓝色，3 为黄色，给出各环路交通的染色方式如下图 7 染色方案图所示。

由此，我们可以把交通回路分为 3 个不同的集合区，其中 1、3、5、7、9、

12 为同一集合区，2、4、8、10、11、13 为同一集合区，6、14 为同一集合区。根据城市分区规则，我们可以在任意回路集合区建立城市功能区，但考虑到各功能区的管理复杂度，功能区的建立不宜太多，如若太少，又达不到缓解沟通关内外交通要道拥堵的目的，这需要有关部门对城市总体的了解把握，可以在任意集合区选择合适数目的区划分为功能区。通过综合分析，我们建议在将 1、3、5、7、9、12 这一集合区划分为功能区。由功能区的四大特点知，这样分区，可使关内外工作人口密度趋于均匀，吸引关外的居民在关外上班、生活，使得关外进关内的人数大大减少，缓解梅林关、布吉关的交通拥堵

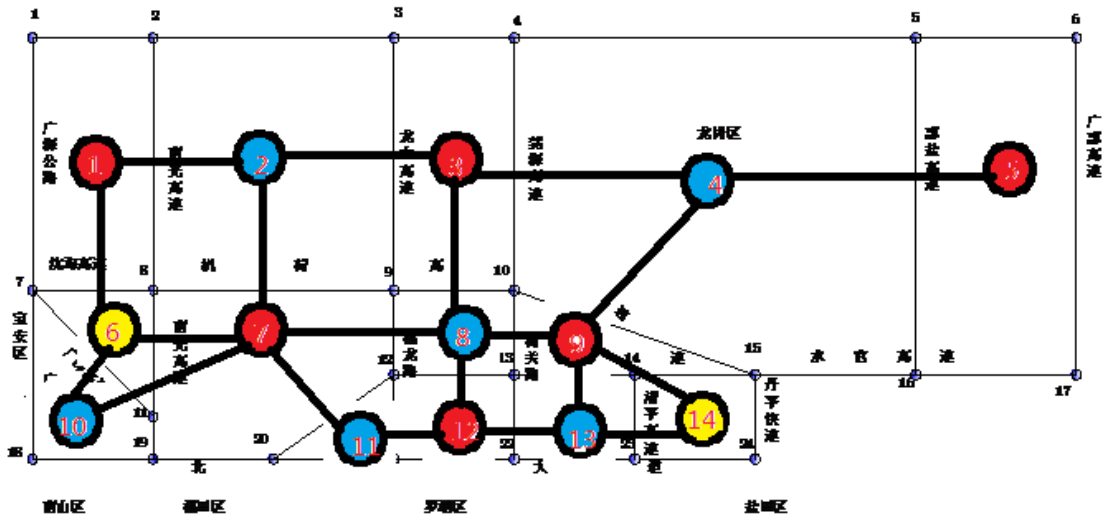


图 26 染色方案图

5.2.2 改变关口区域功能架构

对关口区域功能构架进行分析后，我们发现，关口区域有检查站以及货柜车停车场，还有两个掉头车道，并且关口区域的人流量相当大，而左行道与右行道上公交接驳站场都只有一个。关口区域是连接深圳市关内关外的要道，这样的构架相当不合理，也是造成关口交通拥堵的直接原因。

所以我们建议，1. 合理规划检查站车辆的进口与出口，保证进出检查站的车辆不会影响其他车辆在道路上的正常行驶，减小行车速度变更率，由不同 a 值下车速变化分析知，这样可减少交通事故发生的频率，缓解交通拥堵；2. 迁移货柜车停车场，拓宽此处交通道路路面，由静压强分布云图可知，这样可使得车流在此处得到缓冲，缓解交通拥堵；3. 增设公交接驳站场，使得关口往来人流量均匀分布，减少公交车停靠站时间，有利于缓解交通拥堵

5.2.3 改善交通管控措施

在问题一关口二维流场的总压分布云图分析中，我们知道，红色区域的能量高，其交通流速度大压力也大，这些地方是交通事故的高发区域，也是交通混乱度较大的区域。在不增加关内外通道下，建议在这些区域进行限速，减小交通事故发生的频率；或密集安装摄像仪，以便检查预测交通事故的发生，在交通事故发生后可以进行实时快速疏导；并且可以在这些区域附近建立交巡警平台，维持

交通秩序；渠化、分离公交车流与社会车流，使其有序的各行其道。

5.3 问题三

从一维管流模型中路面形函数的可调参数 a 的取值对交通密度的影响分析知，我们可以在汇流集中的区域适当的分流，将车辆引到到远离关口区域的道路上，达到缓解交通拥堵的目的。根据总压分布云图，能够看到，关口广场区域交通拥堵比较频繁，且右行车道交通拥堵极其严重。由此在不考虑建设成本的基础上，我们考虑修建 AB 以及 CD 两条关内通道（如图 8）：出关车流从皇岗路到梅林关口相当拥堵，过梅林关口后车流变小，由此可从皇岗路修建一条到梅林关口的道路即道路 AB，使得在交通从源头开始分流，减小或消除交通拥堵现象；进关车流在梅林关口相当拥堵，出梅林关口后车流变小，由此可修建一条从梅林关口到梅关高速的道路即 CD，在 C 处易形成交通拥堵的地段引流，使得该处的通行能力加强，可减小或消除交通拥堵现象，同时也合理利用了已有的道路资源。

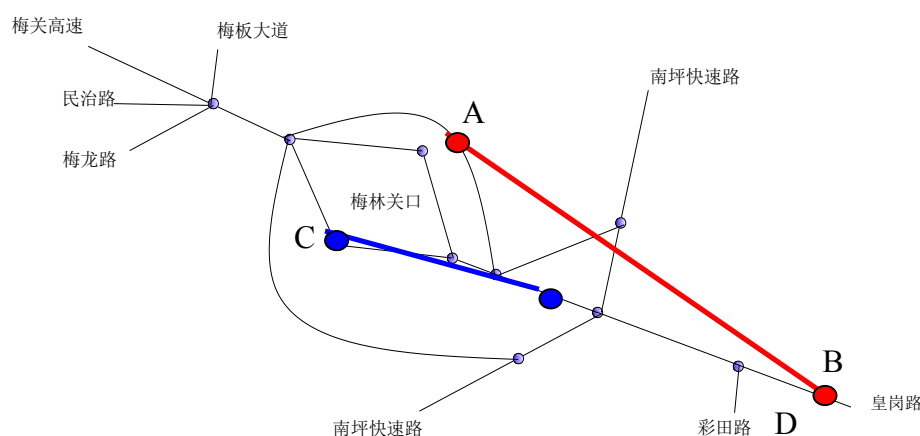


图 23 梅林关交通道路简图

六 模型的优缺点及改进

6.1 一维管流模型的评价

6.1.1 模型的优点

1. 交通流与管流相似，且已有大量研究基础，建立一维管流模型确实可行；
2. 将流体力学模型类比到交通流中，交通流视作连续介质，可深入挖掘到交通流的信息状态；
3. 该一维管流模型参数可调，适合对各种不同的道路进行分析；
4. 数值模拟交通情况，并在合适选取参数的情况下，使用空气动力学仿真关口交通流，更直观的展示关口区域的交通细节，对交通部门具有指导意义。

6.1.2 模型的缺点

1. 由于没有大量实测数据,有的数据只能通过经验合适选取,有一定的不准确性;
2. 该模型只考虑了一维定常问题,不能考察交通情况随时间的疏导过程;
3. 该非线性方程组数值求解过程误差较大。

6.1.3 模型的改进

在条件允许,实测数据充足的情况下,可以建立一维不定常的管流模型,通过数值模拟以及空气动力学仿真,可得到更加合理可靠的交通信息,为减小或消除交通拥堵提供更加有效地参考依据。

6.2 SOM 神经网络模型的评价

6.2.1 模型的优点

1. SOM 神经网络自组织特征映射网以若干神经元同时反映分类结果,使得其具有很强的抗干扰特性;
2. SOM 在模式识别和分类方面有很大的优势,可提高分类判断的客观性,减少主观性,分类结果可靠。

6.2.2 模型的缺点

1. 该模型需要大量实测数据进行训练,而这正是我们所缺乏的。

6.2.3 模型的改进

在使用 SOM 神经网络模型进行分类时,应拥有足够的实测数据,信息越完备越好,分类的结果越可靠有效。

6.3 图论模型的评价

6.3.1 模型的优点

1. 使用 CAD 作出深圳市关外交通主干道简图,形象直观;
2. 求解出能够设立功能区不同交通回路的最少划分区域;
3. 给出建立功能区的可行方案。

6.3.2 模型的缺点

1. 对关外交通主干道划分粗糙,存在一定的主观因数;
2. 由于信息有限,只考虑了主干道交通回路的承载能力,未考虑其他道路因功能分区的承载能力。

6.3.3 模型的改进

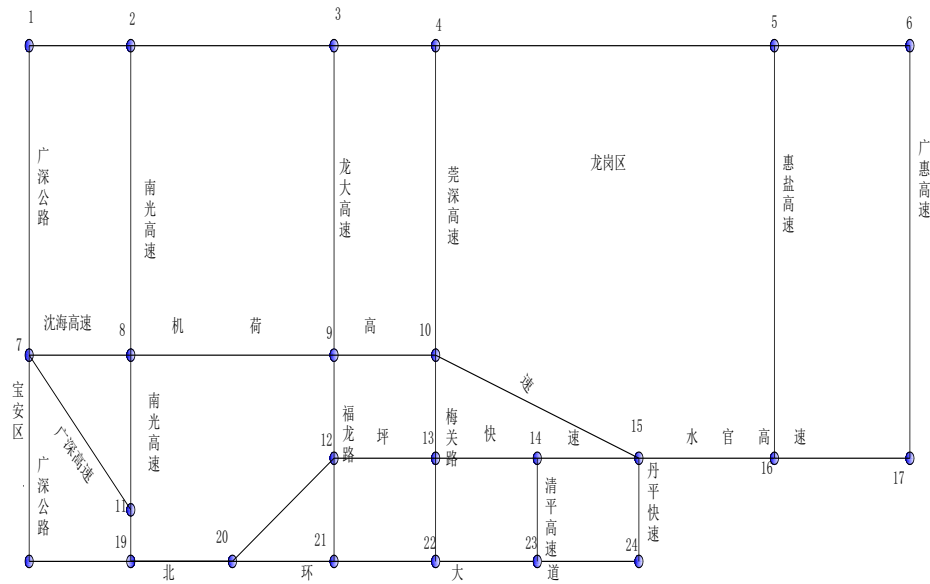
城市功能分区,不仅仅是简单地因为功能分区的四大优点,而应该进行全局规划取其参数,建立更加有效地模型;可将交通回路与该回路中的人口流量,车辆数量,工作人口等联系起来,从更广的层面进行功能分区规划。

七 参考文献

- [1] 汪晓银,周保平. 数学建模与数学实验[M]. 北京: 科学出版社, 2010. 2
- [2] (俄罗斯)谢多夫. 连续介质力学[M]. 北京: 高等教育出版社, 2009. 7
- [3] 史峰,王辉等. MATLAB 智能算法 30 个案例[M]. 北京: 北京航空航天大学出版社, 2011. 7
- [4] (美)莫勒 (Moler, C. B.). MATLAB 数值计算[M]. 北京: 机械工业出版社, 2006. 6
- [5] MATLAB 中文论坛. MATLAB 神经网络 30 个案例分析[M]. 北京: 北京航空航天大学出版社, 2010. 4

八 附录

8.1 关外主干道交通简



8.1 问题一的相关源程序及部分结果:

数据分析与处理程序:

%数据可视化处理

```
load('C:\Users\apple\Desktop\B 题程序\xls.mat');
```

```
a=linspace(1,168,168)-1;
```

```
special_hour=[7 8 9 18 19 20];
```

```
aa=special_hour;
```

```
tt=aa;
```

```
for i=0:24:168-48
```

```
    tt=[tt i+aa+24];
```

```
end
```

```
A=xls1;
```

```
A(find(isnan(A)==1))==0; %把 NaN 换成 0
```

```
s=input(' 请输入你想查看的序号 (行向量) :\n');
```

```
beta=input(' 车速尺度因子 beta(建议 50<->100): \n');%车速尺度因子
```

```
day=input(' 请输入想单独观看的天:(1<->7)\n');
```

%地名数据模块

```
road1=' 107 国道(广深公路) 南头检查站南行-北-战略';
```

```
road2=' 深南大道南头检查站出-南-战略';
```

```
road3=' G4(广深高速) (2260km+969m) 南行-北-战略';
```

```

road4='广深高速同乐检查站出-东-战略';
road5='沙河西路白芒关检查站出-南-战略';
road6='松白路白芒检查站入-北-战略';
road7='福龙隧道-南向北行驶';
road8='福龙隧道-北向南行驶';
road9='梅观公路南坪立交桥下北行-南-战略';
road10='梅观公路普滨加油站南行-北-战略';
road11='清坪快速清水河联检站出口北行-南-战略';
road12='清坪快速清水河联检站入口南行-北-战略';
road13='保洁路清水河检查站出-南-战略';
road14='西环路清水河检查站入-北-战略';
road15='布吉路-深惠路南向北行驶';
road16='深惠路-布吉路北向南行驶';
road17='丹沙路沙湾检查站入-北-战略';
road18='沙湾路沙湾检查站出-南-战略';
ROAD=char(road1, road2, road3, road4, road5, road6, road7, road8, road9, ...
    road10, road11, road12, road13, road14, road15, road16, road17, road18);
m=length(s);
%数据显示模块
for ii=5:5:5*m
    i=ii/5;
    figure(ii-4);
    subplot(3,1,1)
    plot(a,A(2*s(i)-1,:), 'r');
    grid on;
    hold on;
    plot(a,beta*A(2*s(i),:), 'mx--');
    set(gca, 'xtick', [24 48 72 96 120 144 168]);
    xx=1:0.01:168-1;
    yy=beta*mean(A(2*s(i),:))*ones(size(xx));
    plot(xx,yy, 'b');
    title(ROAD(s(i),:));
    plot(a(tt),A(2*s(i)-1,tt), 'p')
    legend('流量/台', '车速(1/beta*km/h)', '平均车速', '高峰期');
    xlabel('小时');
    ylabel('值');

    %减去平均值然后做傅里叶分析
    subplot(3,1,2)
    averange=mean(A(2*s(i)-1,:));
    y=A(2*s(i)-1,:)-averange;
%数据有线性趋势时候使用此段
%c=polyfit(a,y,1);

```

```

%trend=polyval(c,a);
%y=xls1(1,:)-trend;
n=length(y);
Fs=1;          %Sample rate onece per hour so Fs=1(hour)
Y=fft(y);
Fw=abs(Y(1:n/2+1));
f=((0:n/2)*(Fs/n));
plot([f;f],[0*Fw;Fw],'c-',f,Fw,'b.','linewidth',2,'markersize',16);
grid on;
title('车流量 FFT');
xlabel('HZ(次/小时)');
ylabel('|Fw|');
subplot(3,1,3);
k=5:44;
Fw=Fw(k+1);
f=f(k+1);
f=1./f;
plot([f;f],[0*Fw;Fw],'c-',f,Fw,'b.','linewidth',2,'markersize',16);
grid on;
title('车流量 FFT');
xlabel('周期(小时/次)');
ylabel('|Fw|');

%分天显示
figure(ii-3)
start=(day-1)*24+1;
final=(day-1)*24+24;
aa=linspace(start,final,24);
subplot(2,1,1)
plot(aa-start,A(2*s(i)-1,start:final),'r');
set(gca,'xtick',0:23);
grid on;
legend('流量/台');
xlabel('小时');
ylabel('值');
title(ROAD(s(i),:));
subplot(2,1,2)
plot(aa-start,A(2*s(i),start:final),'mx--');
hold on;
xx1=start:0.01:final;
yy1=mean(A(2*s(i),start:final))*ones(size(xx1));
plot(xx1-start,yy1,'b');
set(gca,'xtick',0:23);

```

```

grid on;
title(ROAD(s(i),:));
legend('车速(km/h)', '平均车速(km/h)');
xlabel('小时');
ylabel('值');

%每周车流量变化趋势
COUNTER=zeros(1,7);
figure(ii-2)
for v=0:24:144
    counter=0;
    for k=1:24
        counter=counter+A(2*s(i)-1,v+k);
    end
    COUNTER(mod(v,23)+1)=counter;
end
bar((COUNTER/mean(COUNTER))-1,'stack')
grid on;
legend('(当日总车流量)/(周车流量日平均值)-1')
xlabel('星期');
ylabel('比例')
title(ROAD(s(i),:));

%车速度单独显示
figure(ii-1)
subplot(3,1,1)
plot(a,A(2*s(i),:),'mx--');
title(ROAD(s(i),:));
hold on;
plot(xx-1,yy/beta,'b');
plot(a(tt),A(2*s(i),tt),'p');
grid on;
legend('车速', '平均车速', '高峰期')
set(gca, 'xtick', [24 48 72 96 120 144 168]);
subplot(3,1,2)
e=A(2*s(i),:)-mean(A(2*s(i),:));
Y=fft(e);
Fw=abs(Y(1:n/2+1));
f=((0:n/2)*(Fs/n));

```

```

plot([f;f],[0*Fw;Fw], 'c-', f, Fw, 'b.', 'linewidth', 2, 'markersize', 16);
grid on;
title('车速 FFT');
xlabel('HZ(次/小时)');
ylabel('|Fw|');
subplot(3, 1, 3)
b=fir1(50, 0.4, 'low');
y=filtfilt(b, [1], e);
plot(a, y+mean(A(2*s(i), :)), 'r');
hold on;

plot(xx-1, yy/beta, 'b');
set(gca, 'xtick', [24 48 72 96 120 144 168]);
title('滤波处理后')
grid on;

%车速车流量时间相图
figure(ii)
subplot(3, 1, 1);
pro=processpca([A(2*s(i)-1, :);A(2*s(i), :)]); %提取主成分
pn1=mapstd(pro(1, :)); %单位化无量纲化
pn2=mapstd(pro(2, :)); %单位化无量纲化
%pn1=mapminmax(pn1);%消除极差
%pn2=mapminmax(pn2);%消除极差
plot3(pn1, pn2, a, 'o');
title('主成分提取标准化无量纲化处理后的相图(均值为零方差为1)')
xlabel('车流量');
ylabel('车速度');
zlabel('时间(小时)')
grid on;
view(2)
subplot(3, 1, 2)
plot(pn1, pn2, 'o');
xlabel('车流量');
ylabel('车速度');
grid on;
lsline;

subplot(3, 1, 3);
p=beta.*A(2*s(i)-1, :)./A(2*s(i), :);
plot(a, A(2*s(i)-1, :), 'r', a, beta*A(2*s(i), :), 'b', a, p, 'm');
hold on;
plot(a(tt), p(tt), 'kp');
hold off;

```

```

grid on;
set(gca, 'xtick', [24 48 72 96 120 144 168]);
title('车密度显示');
legend('流量','车速*beta','车密度*beta')

end
pause;
close all;
clear;
clc;

模型一程序
主函数：
%流动定常问题求解函数
global a
global const
global m
global tw
%初始化数据
q0=5790; %关口进入点的流量
v0=12; %关口进入点的车速
p0=q0/v0; %关口进入点车流密度
m=input('please enter the variable m:\n'); %模型参数 道路拥挤取 2.5 道路畅通
去 2.8
tw=0.05; %切应力
x0=[-2 2]; %空间区间

%求解常微分方程(四到五阶 Runge-Kutta method)
for i=1:5
    a=0.25*4*i;
    const=p0*(-0.9375000000e-2 * tanh(a * x0(1)) + 0.3187500000e-1)*v0;
    [x,y]=ode45('xlsodefun',x0,p0,[],[a const m tw]);
    y1=-0.9375000000e-2 * tanh(a * x) + 0.3187500000e-1;
    subplot(3,1,1)
    plot(x,y1);
    grid on;
    hold on;
    subplot(3,1,2)
    plot(x,y);
    grid on;

```

```

        hold on;
        subplot(3,1,3)
        plot(x,const./y./y1);
        grid on;
        hold on;
    end
    hold off;
    clear
    clc

```

子函数:

%常微分方程目标函数

```

function dP=xlsodefun(x,y)
global a
global const
global m
global tw

A=-0.9375000000e-2 * tanh(a * x) + 0.3187500000e-1;
dA=(3*a*(tanh(a*x)^2 - 1))/320;
c=(m-1)/2*y^((m-1)/2);

dP=(const^2*dA*y-tw*y^2*A^2)/(-const^2*A+c^2*y^2*A^3);

```

神经网络数据分类程序:

```

load xls;
chedao=zeros(1,8);
chedao(1)=7;
chedao(2)=3;
chedao(3)=4;
chedao(4)=5;
chedao(5)=4;
chedao(6)=4;
chedao(7)=4;
chedao(8)=4;
%将数据矩阵转置 变成一个 4*8 的矩阵
data2=data2';
%将关键性的因子车密度算出
indata=zeros(size(data2)+[3 0]);
indata(1,:)=data2(1,:);
indata(2,:)=data2(2,:);
indata(3,:)=data2(1,:)./data2(2,:);
indata(4,:)=data2(3,:);

```



```

indata(5,:)=data2(4,:);
indata(6,:)=data2(3,:)./data2(4,:);
indata(7,:)=chedao(:);
indata2=[indata(:,1) indata(:,3) indata(:,4) indata(:,5) indata(:,6)];
indata2=processpca(indata2);%数据降维
indata2=mapminmax(indata2);%数据归一化
%调用神经网络工具箱
nctool %建议建立 2*2 的网络
pause
p_train=indata2(:,1:5);
t_train=[1 3 4 5 6];
t_sim=sim(net,p_train);
T_sin=vec2ind(t_sim);
result=[t_train' T_sin']

```

结果:

```
>> datasort
```

```
result =
```

```

1      1
3      2
4      4
5      4
6      3

```

8.2 问题二的相关程序

```

function f=hebing(A,B)
for i=1:length(B)
    flag=0;
    for j=1:length(A)
        if(B(i)==A(j))
            flag=1;
            break;
        end
    end
    if(flag==0)
        A(length(A)+1)=B(i);
    else
        continue;
    end
end
end
%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%
function f=xianglin(XX)

```

```

j=1;
for i=1:length(XX)
    if(XX(i)~=0)
        C(j)=i;
        j=j+1;
    end
end
f=C;
%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%
f=A;
A=zeros(14);
A(1,2)=1;A(1,6)=1;
A(2,1)=1;A(2,3)=1;A(2,6)=1;
A(3,2)=1;A(3,4)=1;A(3,8)=1;
A(4,3)=1;A(4,5)=1;A(4,9)=1;
A(5,4)=1;
A(6,1)=1;A(6,2)=1;A(6,7)=1;A(6,10)=1;
A(7,6)=1;A(7,8)=1;A(7,10)=1;A(7,11)=1;
A(8,3)=1;A(8,7)=1;A(8,9)=1;A(8,12)=1;
A(9,4)=1;A(9,8)=1;A(9,13)=1;A(9,14)=1;
A(10,6)=1;A(10,7)=1;
A(11,7)=1;A(11,12)=1;
A(12,8)=1;A(12,11)=1;A(12,13)=1;
A(13,9)=1;A(13,12)=1;A(13,14)=1;
A(14,9)=1;A(14,13)=1;
%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%
len=length(A);
for se=2:len
    clear C
    B=zeros(1,len);
    B(1)=1;
    C=hebing(1,xianglin(A(1,:)));
    fla=0;
    for k=1:len
        C=hebing(C,xianglin(A(C(k),:)));
        for j=1:se
            yan=j;
            flag=0;
            x=C(k);
            %%%%%compare yan x
            %xÔªËÖÜÎŞÓÐÎÏÿan ÓÐf=0£»Ã»ÓÐf=1
            P=xianglin(A(x,:));
            flagg=0;
            for i=1:length(P)

```

```

        if(B(P(i))==yan)
            f=0;
            flagg=1;
            break;
        end
    end
end
if(flagg==0)
    f=1;
end
clear P flagg yan
%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%
    if(f==1)
        B(C(k))=j;
        clear f
        break;
    else
        flag=1;
        clear f
    end
end
if(flag==1)
    flag=1;
    break;
end
end
if(fla==0)
    break;
end
end
B

```