

过饱和状态下交通控制小区动态划分方法

杨晓光, 黄 玮, 马万经

(同济大学 交通运输工程学院, 上海 201804)

摘要: 控制系统对过饱和状态作出迅速响应首先要确定与过饱和路段相关联的交通控制小区的范围. 从判别过饱和路段出发, 以交叉口之间的关联度为量化指标, 建立并验证关联度计算模型, 并通过界定阻塞区、过渡区和常态区以及消散区提出过饱和状态下交通控制小区的动态划分方法. 结合实例标定划分小区的关联度关键值, 给出控制结构范围确定的具体流程. 过饱和状态交通控制小区的划分为城市道路网过饱和和交通信号控制策略的研究提供参考.

关键词: 交通控制小区; 小区动态划分; 过饱和; 关联度
中图分类号: U 491.2 + 65 **文献标识码:** A

Method of Delimiting Urban Traffic Signal Coordinate Control Subarea Under Oversaturated Condition

YANG Xiaoguang, HUANG Wei, MA Wanjin
(College of Transportation Engineering, Tongji University, Shanghai 201804, China)

Abstract: To find an effective method to control an oversaturated network, it is essential for the traffic control system to make a quick response to the oversaturated circumstance. Accordingly, the traffic signal control subarea related to the oversaturated link should be delimited at the very beginning. The oversaturated link was identified at first, and then the connection model was presented and verified on the basis of quantizing the connection index between intersections. A dynamic method was proposed to delimit the coordinate control subarea under oversaturated condition by defining the congested area, interim area, normal-state area and dissipated area. The threshold values of connection index for subarea delimitation were calibrated and the detailed steps of delimitation were also explained via a case study. The research of delimiting signal coordinate subarea under oversaturated state lays the foundation for the research of traffic control strategies for an oversaturated urban traffic

signalized network.

Key words: traffic signal coordinate control subarea; dynamic delimiting; oversaturation; connection index

城市交通小区划分问题最早在规划领域提出并得以发展. 为了定义路网中交通起讫点位置, 并运用需求预测模型对不同区域之间的交通出行量进行预测, 需要将整个路网划分为不同的小区. 这种交通小区更多地是从出行活动性质、行政区域功能、地形地貌等方面的考虑, 小区在很长的一段时间内是静态不变的. 在城市交通控制领域, 由于交通流状态变化的复杂性和随机性, 将大规模的路网解耦为若干个交通小区进行分级递阶控制是必然的发展结果. 典型的城市交通控制系统, 如 SCOOT 和 SCATS 系统, 通常将所要控制的整个区域划分为若干个相互独立的小区^[1], 立足于控制分区建立交通模型, 从而对路网进行整体优化.

1971 年, 美国学者 Walinchus 第一次提出交通控制小区的概念^[2]. Yagoda, Chin-ping Chang 等学者利用数学建模的手段对小区划分的控制指标、阈值和算法进行了研究^[3-4], 但并未得到明确的小区划分方法. F. Donati, J. F. Barriere 等一些学者提出了面向交通控制的交通小区的划分技术, 以解决控制技术对规模较大的路网交通控制问题处理能力不足的局限. 但是早期的小区划分一般为静态划分, 以路网的物理特征为依据, 不能适应动态交通变化的需求. 为了适应交通控制系统的发展需要, 一些学者从动态角度研究小区的划分方法. 王学堂研究城市交通信号整体优化理论的概念和方法, 把区域复杂系统分解为几个简单系统, 对各个子系统进行研究^[5]. 李振龙探讨城市交通分区问题, 研究交通分层体系以及动态分区过程, 为交通诱导与控制的实用性研

收稿日期: 2009-06-22
基金项目: 国家自然科学基金重点资助项目(70631002); 国家“八六三”高技术研究发展计划资助项目(2008AA11Z205)
作者简介: 杨晓光(1959—), 男, 教授, 博士生导师, 工学博士, 主要研究方向为交通系统工程. E-mail: yangxg@tongji.edu.cn

究提供了一定的方法^[6]. 同济大学杨晓光教授提出动态交叉口群协调控制理论与方法,对交叉口群的划分方法进行了深入研究,把交叉口间的关联性作为划分交叉口群的依据,主要考虑物理关联和路径关联 2 个原则^[7-9]. 这些小区划分方法出发点是服务于常态条件的交通控制,对非常态交通条件下的交通小区划分技术方法并没有深入研究. 此外,也有从诱导角度进行的研究,王薇讨论了基于网络平衡的大范围交通流动态管理,她提到为解决计算效率瓶颈问题,应对网络进行有效划分,提出了在路网诱导层面划分诱导子区的解决思路^[10].

随着城市机动化进程的发展,城市交通阻塞问题日益突出. 在路网中一些通行能力不足的交通瓶颈处,常常会出现排队长度无法及时消散的需要进行二次排队的过饱和交通状态. 在发生过饱和的情况下,原来控制小区内的相关性必定发生改变,需要根据新的交通状态重新划分交通小区. 从实施过饱和交通控制角度来看,首先需判断哪里需要控制,再由引起过饱和处的交通流从哪里来、到哪里去的信息界定控制范围,基于这些考虑,笔者在以往的研究基础上,考虑路网实时交通流变化,提出过饱和交通条件下交通控制小区动态划分方法.

1 过饱和交通问题基本概念及控制小区划分基本研究思路

1.1 基本概念

为了对过饱和状态特征进行直观的把握,从过饱和现象开始描述. Pignataro 等曾指出^[11],过饱和状态是阻塞状态中的一个子类,表现为排队延伸到上游交叉口,并对上游交叉口造成负面影响. 对于过饱和状态,最直观的现象就是超长排队蔓延至上游交叉口,单周期内无法消散完毕,严重至排队溢出的极限程度,甚至造成路口“死锁”现象. 总地说来,本质上过饱和的发生是因为流量的增加超过了当前路径上瓶颈点的通行能力;表象上,过饱和发生时路段排队蔓延,影响至上游交叉口.

排队蔓延是过饱和交通的重要的空间特征,著名学者 Papageorgiou 指出^[12],城市道路交通阻塞往往是由某个地点暂时性超出通行能力的交通需求而导致阻塞将在时间上与空间上扩展. 严重的交通阻塞现象都是先从某一路段的排队开始,逐步蔓延至上游交叉口,产生最为恶劣的系统排队溢出的过饱

和状态,这一过程显示了过饱和状态的空间扩散性.

本文研究正是面向过饱和和排队蔓延的起源点,从起源点开始划分过饱和控制结构的范围,是进一步提出过饱和交通控制策略的基础.

1.2 过饱和控制小区划分问题的提出

本文过饱和交通状态下控制小区的划分问题起源主要有 2 个方面. 一是交通流状况发生变化后子区要进行相应调整的需求. 当路网中出现过饱和状态时,各个节点及节点之间的饱和度、排队状态等变化较大,原先小区内各交叉口之间的关联性必定改变,需要根据新的交通特征重新划分控制区域,以增强控制系统的应变能力. SCATS 系统以子系统(sub-system)形式作为最小协调单元进行自适应控制,其子系统即子区的概念,当交通流发生变化时候,其子区将按各个路口交通状况及它们相互之间的相关性重新调整. 二是根据过饱和控制策略对控制结构范围的界定提出要求. 文献[13]提出了“减少汇入车辆数,实现路网的分层截流控制”的过饱和交通信号控制策略,SCOOT 系统的门户控制利用上游的排放限制来解决下游交叉口的拥挤问题, RHODES 系统在优化过饱和控制中考虑控制上游交叉口的排放率以防止溢出,这些控制策略均体现了上游截流的核心思想. 从控制系统的角度,最理想的状态是能实时获取车流上游从哪里来、下游到哪里去的信息,从整体上把握交通状态的变化情况并给出相应措施. 归纳起来就是上游截流、下游疏散的控制策略. 控制范围的确定是控制策略实施的前提,而控制策略是小区划分的依据,由过饱和的信号控制策略提出以下的小区划分思路及方法,使过饱和控制小区的划分与过饱和的解决方法相呼应,同时也证明了小区划分的意义及划分问题的可行性.

1.3 基本研究思路

以交叉口之间的关联度作为划分依据,交叉口关联度是交叉口之间关联性的度量^[9]. 在路网中发生过饱和情况时,主要考虑过饱和条件下交叉口之间关联度的变化. 在发生过饱和情况下,系统更关注的是能实现上游尽量截流、下游尽快疏散,均衡过饱和和路段周边各交叉口的通行能力. 在这一目标下,确定过饱和和交通控制小区划分的基本思路为:首先通过最大的关联度判断过饱和路段,确定阻塞的源头,然后由阻塞源头向周边扩展,主要向上游追溯,根据关联度界定出阻塞区、过渡区和常态区,其中阻塞区落在过饱和和小区内,符合关联度条件的部分过渡区也划分在过饱和小区内,而其余的过渡区归入常态区域中;同时,

考虑下游的疏散能力,将下游疏散最快的路径也划分为统一控制小区,以便于过饱和控制策略的实现.控制小区的各个状态区界定用图1简单表述.

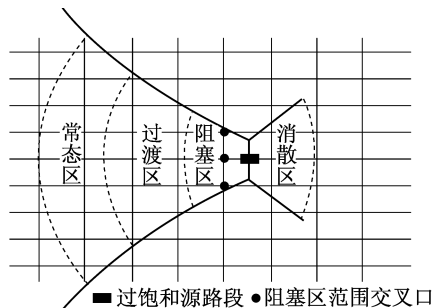


图1 交通控制小区各个状态区界定

Fig.1 Delimiting traffic control subarea by defining four types of areas

过饱和状态下的小区作为界定的控制区域范围,是要在其中实现尽快疏散区域拥堵、削峰填谷的目标,均衡拥堵区与周边区域范围的饱和度,由整个路网而并非某个过饱和节点承担过饱和的排队车辆.

2 过饱和交通小区划分方法

2.1 关联度的量化分析

以往研究对过饱和状态的描述基本都归结到对排队的描述上^[13-15],下游交叉口排队蔓延甚至溢出至上游交叉口,这是对过饱和的最直观描述,排队车辆与过饱和密切相关,是过饱和状态的重要表征.此外,排队长度也是过饱和控制目标考虑的主要因素.

将研究对象交叉口之间的空间看作输入输出系统,可以将系统的排队状况的研究简化为研究某一时刻或者时间段内输入输出之间的关系.获取系统中已有的车辆数信息,并通过检测器采集输入输出的数据,由此可以实时得到研究时间、研究范围内的车辆数,对应研究此时的排队状况.

同时,把路段剩余存储空间的影响考虑在内,采用相邻交叉口之间排队长度与路段长度的比值作为过饱和条件下交叉口之间的过饱和度的判断依据,此处排队的单位是车辆数,即研究时段内相邻交叉口之间的排队车辆数与整个路段空间能容纳的最大车辆数的比值.在量化关联度之前,引入中间过渡的状态变量,即路段排队比 l

$$l = \frac{L_q}{L_D}$$

式中: L_q 为研究时段内交叉口之间的排队车辆数

目; L_D 为交叉口之间路段能容纳的最大车辆数.排队比指标能反映城市道路空间的使用情况^[9].

此处的路段排队比概念与密度概念有一定相似度,不论在理论研究还是工程实践中,密度都是描述交通阻塞情况的有效指标,因此用路段排队比研究过饱和情况下交叉口关联度有其合理依据.密度表示车辆的密集程度,对于一股通畅行驶的紧凑车队,其检测密度也有可能较大;路段排队比将交叉口之间路段长度考虑在内,反映整个路段的空间使用情况,具有道路空间剩余容量的涵义.当 l 较小时,表明路段上的剩余空间还较多,下游交叉口的排队对上游交叉口的通行能力影响较小;当 l 较大时,说明下游排队对上游通行能力有较大影响,甚至会蔓延至上游,造成排队溢出.

按照路段排队比的概念,给出阻塞排队比 l_j 的表达如下:

$$l_j = \frac{L_{jam}}{L_D}$$

式中: L_{jam} 表示阻塞排队长度.可依据阻塞密度取值以及标准车辆长度确定 l_j 的值.

通过以上对路段排队比的描述,引出过饱和条件下交叉口初始关联度 I_o 的量化表达式

$$I_o = \frac{l}{l_j} = \frac{L_q/L_D}{L_{jam}/L_D} = \frac{L_q}{L_{jam}}$$

2.2 过饱和交通控制小区划分方法

以过饱和路段为源,顺次按阻塞区、过渡区和常态区向上游扩展树状路网结构,同时考虑下游的消散区域.过饱和路段上下游各区域及相关变量以及过饱和控制小区划分流程图如图2所示.

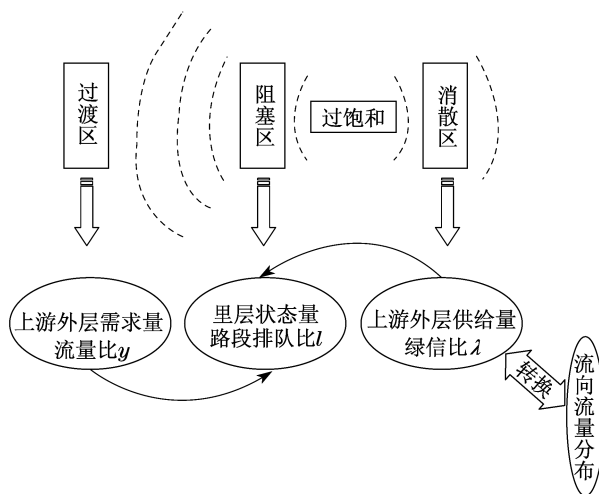


图2 过饱和路段上下游各区域及相关变量示意

Fig.2 Relationship among varieties related to oversaturated link

图3中, I_{omax} 为研究路网内最大的初始关联度值; $I_{t,ij}$ 为过渡区内交叉口 i 与其下游交叉口 j 之间的路段关联度; $I_{o,ij}$ 为交叉口 i 与 j 之间的路段初始关联度; y_j 为从交叉口 j 上游流入 j 的各向车流中的最大流量比; I_P 为关联度限值; I_{critical} 为过饱和和条件下的关联度临界值。

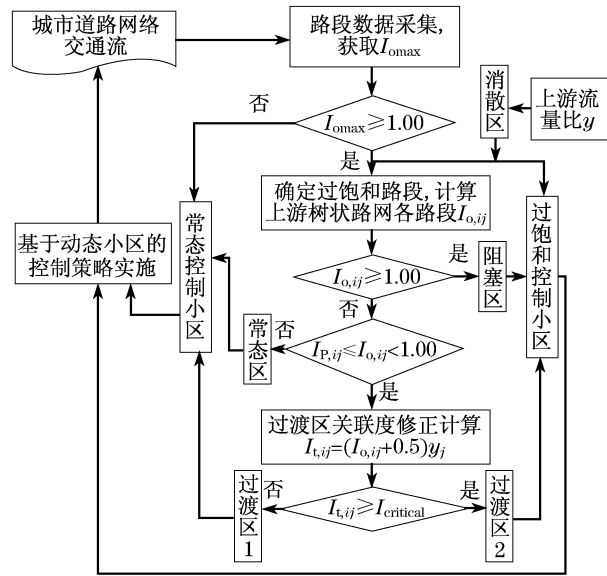


图3 过饱和状态下控制小区划分流程

Fig.3 Flow chart of delimiting oversaturated control subarea

首先通过数据采集计算得到最大初始关联度值 I_{omax} , 当存在路段 $I_{\text{omax}} \geq 1.00$ 时, 路网处于过饱和状态, 以 I_{omax} 路段为过饱和源路段向外扩展形成过饱和和控制小区. 向上游依次为阻塞区、过渡区和常态区, 下游将消散区包含在控制范围内。

2.2.1 阻塞区

由过饱和源路段向上游扩展, 若上游路段的初始关联度 $I_{o,ij}$ 满足 $I_{o,ij} \geq 1.00$, 将此范围界定为阻塞区, 划分到过饱和和控制小区结构范围中。

2.2.2 过渡区

初始关联度 $I_{o,ij}$ 满足 $I_P \leq I_{o,ij} < 1.00$, 定义此区域为过渡区. 在过渡区, 对关联度进行修正计算如下:

$$I_{t,ij} = (I_{o,ij} + 0.50) y_j = \frac{\max \left(\sum_{a=1}^{K_p (p=1, \dots, P)} q_a \right)}{(I_{o,ij} + 0.50) C_{ij}}$$

式中: K_p 为对应上游交叉口各相位内能同时流向下游的车流流向, 即第 p 相位时能同时流向下游的车流流向, $p = 1, 2, \dots, P$, 其中 P 为上游交叉口的相位

数; $1 \leq K_p \leq n$, K_p, n, p 取整数; n 为上游交叉口的流入流向数; q_a 为上游交叉口第 a 流入流向的流量, $\text{veh} \cdot \text{h}^{-1}$; C_{ij} 为交叉口 i 与交叉口 j 之间路段通行能力, $\text{veh} \cdot \text{h}^{-1}$ 。

用上游外层的需求变量 y_j (流量比) 修正里层的状态变量 $I_{o,ij}$ (路段排队比), 当需求较高时, 即使排队比较小, 也不能忽略潜在的危险; 当需求较低时, 里层当前的排队状况或许较差, 但会因为上游的汇入车流较少而使得局势的发展较为乐观. 过渡区内修正的关联度 $I_{t,ij}$ 可以同时反映上游驶入的车流需求和当前路段的排队状态。

将 $I_{t,ij} \geq I_{\text{critical}}$ 的过渡区划分到过饱和控制小区中, $I_{t,ij} < I_{\text{critical}}$ 的过渡区归为常态区域, 即过渡区可划分为 2 个部分, 满足关联度要求的与阻塞区划为同一交通控制小区。

如图4所示, 在相应的分界位置取 I_{critical} , I_P , 应根据规定或视具体交通状况取值。

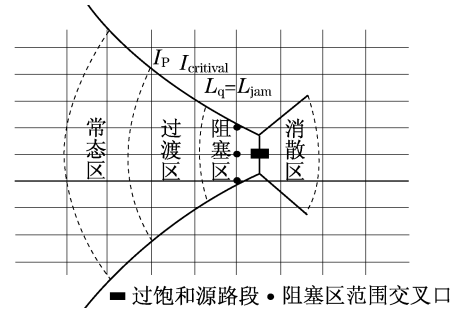


图4 关联度关键值示意

Fig.4 Critical values of connection index

2.2.3 常态区

初始关联度 $I_{o,ij}$ 满足 $I_{o,ij} < I_P$ 的区域定义为常态区, 与部分过渡区共同纳入常态交通控制小区范围中。

2.2.4 消散区

在过饱和交通状态下, 要作出适当的控制策略, 需要知道车流是从上游的什么地方汇入拥堵区域以及主要流向的车流将会流向下游的什么地方去. 获取上游从哪里来、下游到哪里去的信息之后, 控制策略可简单概括为上游截流、下游疏散. 因此将交叉口的各流向流量分布也作为是否将 2 个交叉口划分到同一小区范围内的依据. 流向流量分布系数 R_y 的表达式如下:

$$R_y = \frac{q_a}{\frac{1}{m} \sum_{a=1}^m q_a}$$

其中, m 为交叉口的车流向数.

控制结构应当包括当前单点交叉口的控制范围, 过饱和源路段的下游交叉口为当前交叉口, 与该交叉口相连的下游交叉口首先划分到控制范围的消散区域中, 在此基础上向外扩展. 先确定当前交叉口下

$$R_{y, \max} = \frac{\max_{a=1}^m q_a}{\frac{1}{m} \sum_{a=1}^m q_a},$$

以这一流向的下游交叉口为研究对象, 再将该口流向流量分布系数最大的下游流向交叉口划分到小区中, 将下游的主要疏散路径考虑在小区范围内, 在同一控制器中实现下游疏散的控制策略.

总的来说, 过饱和控制小区的划分首先以路段排队比这一状态变量作为初始关联度判断阻塞源路段与阻塞区域; 在过渡区域以最大的路径需求量修正初始关联度, 并在下游考虑疏散最快的路径; 而针对具体路径应采取什么控制手段, 则在划定控制范围之后的控制策略中对应不同路径流向确定具体解决方法.

2.3 过渡区关联度模型检验

以2个交叉口作为路网基本组成单元, 选取如图5所示的2个交叉口进行VISSIM仿真以验证上述建立的过渡区关联度修正公式, 通过固定里层路段排队比状态而改变上游外层需求量和固定上游外层需求量而改变里层路段排队比2种方式说明过渡区的路段关联度由排队状态和流量需求2个参数共同影响. 研究对象示意图和仿真路网模型如图5所示.

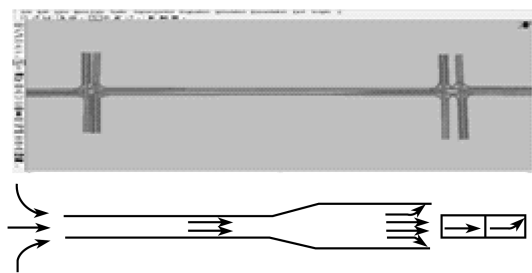


图5 仿真对象建模示意
Fig.5 Simulation modeling

2.3.1 基本道路条件和基本假设

取2个交叉口的间距为500 m, 交叉口路段2车道(单向), 进口展宽段4车道, 设计车速为40~45 km·h⁻¹. 假设道路渠化条件良好, 交叉口展宽段足够; 等饱和原则分配绿信比, 未从过饱和控制角度调整控制策略; 路段阻塞密度取111.1 veh·km⁻¹.

2.3.2 仿真输入数据

仿真的主要输入有流量、转向比例和控制方案, 研究对象交叉口的左直右车流比例取3:5:2, 取120 s的固定周期4相位控制, 以直行为主要车流进行讨论.

分2种方式进行验证分析, 流量按不同方式输入. 方式1: 固定上游流量需求, 改变排队比状态. 方式2: 固定排队比状态, 改变上游流量需求.

2.3.3 结果分析

车均延误是信号控制中较为典型的评价指标, 笔者选取车均延误作为研究指标, 判断两交叉口是否应划分到同一结构中进行协调控制. 对2种输入方式下的输出结果分析如下.

考虑仿真路网初始化阶段, 取仿真240 s周期时的排队作为排队比状态量, 分析后2个周期(240~480 s)的进口道车均延误变化. 在固定流量变排队的输入方式1下, 对小(单车道流量600 veh·h⁻¹)、中(单车道流量1000 veh·h⁻¹)、大(单车道流量1600 veh·h⁻¹)3种流量需求量进行讨论; 在固定排队变流量的输入方式2下, 对4种排队比状态(0.18, 0.42, 0.76, 1.00)进行讨论, 如图6、图7.

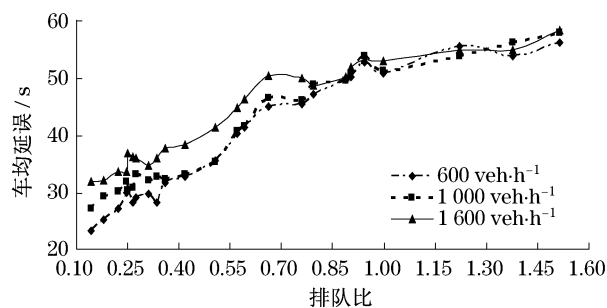


图6 不同排队比状态下的延误变化

Fig.6 Curve of delay change with the queue length

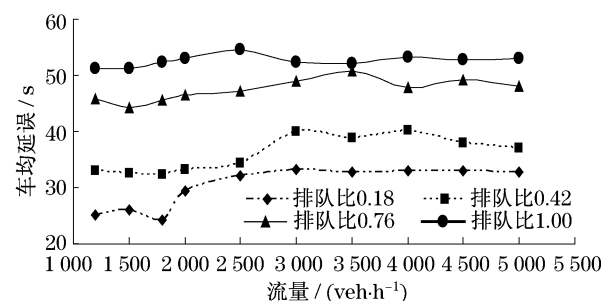


图7 不同流量需求下的延误变化

Fig.7 Curve of delay change with the traffic volume

在接近阻塞区之前, 上游的小流量需求对下游造成的延误负荷并不太大; 排队比较小时, 即使外层的较高流量需求也不会引起车流延误太大的增加,

这从现实中也易理解,初始排队较小时,有足够的空间容纳上游的来车,但随着排队的增加,若不及时调整控制策略,上游的高流量输入将很快引起下游的拥挤阻塞;此外,在初始排队比超过 1.00 时,交叉口已经处于阻塞状态,即使上游流量需求不高,造成的延误仍较大,需要调整控制结构以及协调控制策略尽快疏散车流。

对比流量需求,车流延误对初始的排队状态较为敏感,本研究选择排队比变量计算初始关联度,在过渡区用外层需求变量修正初始关联度模型,由上述仿真结果分析也可知,初始排队状态和上游流量需求二者对判断是否协调的关联度值均有影响。

至于具体的过渡区关联度关键值的取值(关联度限值 I_P 、关联度临界值 $I_{critical}$)则需要根据不同地点的道路交通特点获得。不同地点不同道路交通条件下,临界值也将不同,在实际应用中应事先标定这些参数。

3 实例分析

3.1 仿真建模与输入

以安徽铜陵市市中心的 2 个交叉口及其包含的路段所构成的路网基本协调单元为例,通过仿真对过饱和条件下交叉口关联度关键值进行标定,从而可由实际的关联度大小确定两交叉口是否归属于同一控制小区,进而由相邻两两交叉口的关联关系得到控制小区的划分结果。长江路是铜陵市的核心道路之一,长江路—义安大道、长江路—铜都大道位于铜陵市市中心,是该市的重要交通节点。VISSIM 仿真建模如图 8 所示。

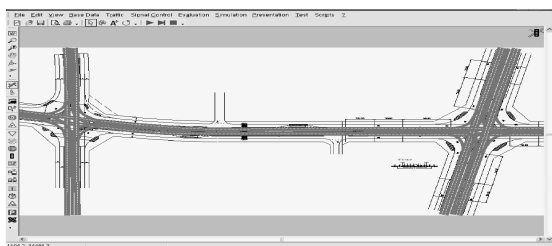


图 8 实际路网仿真建模示意

Fig.8 Simulation modeling of real network

取车均延误作为判别指标,为考察关联度与延误的关系,仿真输入时变的流量值。根据实际调查的流量和转向比例数据,以 15 min 为时间间隔,分别输入动态变化的午高峰、早高峰和晚高峰的高峰小时流率。为了更好地创造过饱和条件,在晚高峰小时

每 15 min 流率的基础上加载 50% 的流率大小,再输入 4 个 15 min 流率。由于是讨论交叉口划分区域的问题,采取原先未考虑过饱和协调控制的信号配时方案。以 3 min 为时间间隔采集数据。

3.2 仿真结果数据拟合与关联度取值分析

根据仿真结果计算交叉口之间的初始关联度。观察所得数据,首先筛去初始关联度大于 1.00 的数据点。一是关联度大于 1.00 后的仿真结果与实际有较大误差,这是仿真软件在表示拥挤状态时的自身缺陷所造成的,在排队比超过 1.00 时,车流处于严重拥堵状态,长时间无法通过交叉口的车辆会有部分消失,故延误反而变小,曲线会有较大回落。再者,重点在标定过渡区上的 2 个关联度关键值,筛选去大于 1.00 的数据对阻塞区的划分并无影响,在划分的第一步已将初始关联度大于 1.00 的划为阻塞区。

3.2.1 关联度限值

以初始关联度为 X 坐标、车均延误为 Y 坐标,借助 MATLAB 的曲线拟合工具获取最佳的关系拟合曲线。根据坐标点的分布,采用常用的多项式拟合。

通过多次拟合对比得到较佳的拟合曲线是 6 次多项式拟合结果,图 9 和表 1 列举了其中的 6 条拟合关系曲线。

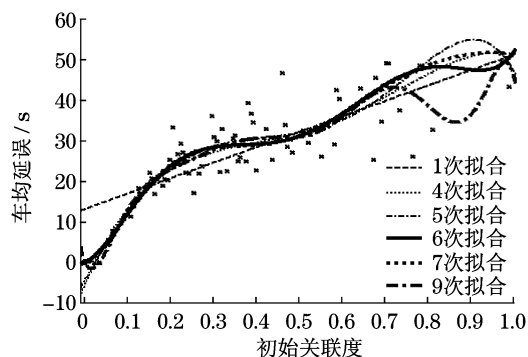


图 9 车均延误与初始关联度关系拟合

Fig.9 Fitting curves to average delay and initial connection index

表 1 车均延误与初始关联度关系的多项式拟合评价表

Tab.1 Evaluation of the fitting to average delay and initial connection index

拟合阶数	均方差	相关系数 R	R^2
1	7.201	0.785	0.617 0
4	6.570	0.834	0.694 9
5	6.314	0.850	0.722 4
6	5.154	0.904	0.817 8
7	5.425	0.895	0.801 3
9	6.243	0.863	0.745 1

根据延误与关联度的6次多项式拟合曲线,分析关联度限值取值.观察曲线变化,应特别关注曲线变化最剧烈的点,在曲线急剧转折处及时采取措施(如调整控制策略)预防交通状况的进一步恶化,因此以该点对应的关联度作为临界点划分控制小区.通过MATLAB曲线拟合工具箱的数据分析功能寻找曲线变化最快的点.由数据分析结果可知,曲线斜率最大的前3个点对应的 X 坐标点分别为0.99, 0.20, 0.60,剔除路网初始化阶段(关联度为0.20)和近阻塞区时(关联度为0.99)延误急剧变化阶段,近似取0.60为过渡区的关联度限值.初始关联度大于0.60的区域划分到过渡区中.

3.2.2 过渡区内关联度临界值

标定过渡区修正公式中划分阻塞区与常态区的关联度临界值 I_{critical} ,将介于0.60与1.00之间的初始关联度按照过渡区关联度修正公式进行修正,并分析修正后的车均延误与关联度的关系.同样借助MATLAB曲线拟合工具获得较佳的关系拟合曲线是5次多项式拟合曲线,拟合图形如图10.

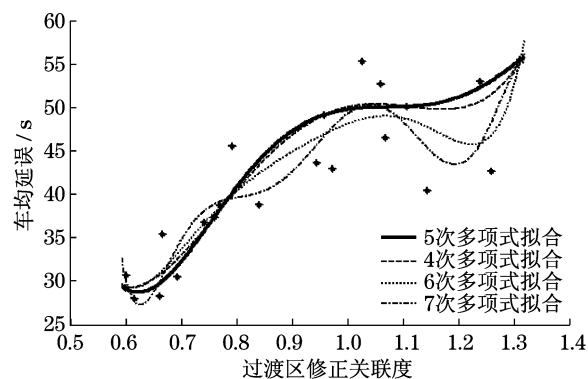


图10 车均延误与过渡区修正关联度关系拟合

Fig.10 Fitting curves to average delay and revised connection index

5次多项式拟合曲线均方差为3.720,相关系数 R 为0.932.同理分析曲线变化最快的点,由MATLAB数据分析结果可知,曲线斜率最大的点对应的 X 坐标点为0.74,取0.74为过渡区内修正后的关联度临界值,即过渡区中修正后的关联度大于0.74的归为阻塞区,其余的列入常态区.

基于上述,总结过饱和条件下交通控制小区的动态划分流程:首先计算相邻交叉口初始关联度,确定阻塞区;然后标定关联度限值,确定过渡区;接着进行过渡区关联度修正,标定关联度临界值,根据修正后关联度确定阻塞区和常态区;判断消散区;最后形成过饱和状态控制小区并采取相应的截流疏散控

制策略.总体来说,划分的过程是要搜索关联度,由临界点确定何时搜索完毕,界定控制结构范围.

4 数据需求及适用性分析

需要说明的是,进行交通小区划分应具备城市交通网络的物理基础信息和交通数据信息的支撑,信息越完备,关联度的计算越精确,交通小区的划分就越便于交通控制和管理具体策略的实施.交通控制小区划分的数据需求主要包括两大类,一类是道路网络结构、几何及拓扑数据、道路等级、通行能力等基本属性数据;一类是交通专题数据,具体有:信号周期、相位、绿灯时长等交通控制系统数据,流量、速度、密度、饱和度、拥挤度、监控视频以及行程时间、行程车速等检测数据.基础属性数据可通过实地勘测、地理信息系统查询等方式获取;对于交通专题数据的获取,有交通控制系统数据记录、固定检测器检测、GPS移动检测等主要来源方式.此外,通过对数据的处理,可得到延误、排队等评价指标数据.数据检测、信息挖掘本身就是技术性很强的研究课题,本文假设研究环境中已具备这些检测处理功能,能获取流量、速度、排队等实时数据及信息的支撑.

本文研究适用范围是面向微观层的协调控制交通小区,重点在于从关键节点出发,研究周围关联性强的几个交叉口形成的小区域,将其作为一个整体进行交通信号控制参数的协调优化.微观层的交通控制小区是更大规模层面的诱导管理层区域的一个分解;微观小区协调控制与中观诱导管理是相辅相成的,在实现区域信号协调控制、促使交通合理分流的基础上,更高层面的控制诱导策略通过协调规模更大的路网提供包括路径信息、状态信息、事故信息等诱导信息解决交通拥堵问题,实现区域交通均衡.

5 结语

研究过饱和状态下交通控制小区的动态划分,主要研究内容及结论如下:

(1) 提出了过饱和状态下通过界定阻塞区、过渡区、常态区和消散区的思路进行过饱和控制小区动态划分方法,提出过饱和交通状态下的控制小区动态划分具体流程.

(2) 量化过饱和状态下交叉口关联度指标,以排队比表示交叉口初始关联度;用流量比的上游需求修正过渡区关联度,提出过渡区关联度计算模型,

并仿真验证模型.

(3) 借助 MATLAB 曲线拟合工具拟合车均延误与关联度曲线,选择拟合效果较佳的曲线对关联度限值和关联度临界值进行实际应用的标定.

研究的过饱和状态下的交通控制小区动态划分方法更侧重于关联度模型建立及关联度关键参数的实地标定.通过模型建立及仿真验证提出了从判别过饱和路段、求解路段关联度到标定关联度关键值、界定不同状态区域的划分交通控制小区的思路与方法;通过采集与处理路网中的实时数据信息,可完成实际路网中的交通控制小区划分.一方面研究结果可应用于过饱和状态及过饱和范围的判别;另一方面,在小区划分的基础上实施过饱和控制策略,实现缓解交通拥堵问题的目标,这也是有待进一步深入研究的问题.

本文是针对范围适中的过饱和区域的交通小区的划分,现实庞大路网的阻塞正是由这些各个关键节点所造成的各个区域的拥堵所造成的.信号控制能有直接快速的效果,在发挥控制系统潜力的基础上,应当结合优先发展、限制发展、经济杠杆等管理策略,双管齐下,从长远、根本上缓解拥堵、提高路网效率.

参考文献:

- [1] 全永崇. 城市交通控制[M]. 北京:人民交通出版社,1989.
QUAN Yongshen. Urban traffic control [M]. Beijing: China Communications Press, 1989.
- [2] Walinchus R J. Real-time network decomposition and subnetwork interfacing [R/CD]. Washington D C: Transportation Research Board, 1971.
- [3] Yagoda N H. Subdivision of signal systems into control areas [J]. Traffic Engineering, 1973, 43(12): 42.
- [4] Edmond Chang Chinping. Evaluation of interconnected arterial traffic signals[J]. Transportation Planning Journal Quarterly, 1986, 15(1): 137.
- [5] 王学堂. 城市交通信号整体优化理论的概念与方法[J]. 长安大学学报:自然科学版, 2002, 22(5): 90.
WANG Xuetang. Concepts and methods for urban traffic signal optimal theory [J]. Journal of Chang'an University: Natural Science Edition, 2002, 22(5): 90.
- [6] 李振龙. 城市交通分区的探讨[J]. 交通运输系统工程与信息, 2005, 5(6): 37.
LI Zhenlong. Discussions on urban traffic zones[J]. Journal of Transportation Systems and Information Technology, 2005, 5(6): 37.
- [7] 高云峰. 动态交叉口群协调控制基础问题研究[D]. 上海: 同济大学交通运输工程学院, 2007.
GAO Yunfeng. Fundamental research on the theory of coordinated control of dynamic intersections group [D]. Shanghai: School of Transportation Engineering, Tongji University, 2007.
- [8] 杭明升. 城市道路交叉口群实时自适应控制若干理论与方法研究[D]. 上海: 同济大学交通运输工程学院, 2002.
HANG Mingsheng. Research on theories and methods on real-time self-adaptive urban traffic control for grouped nodes[D]. Shanghai: Tongji University. School of Transportation Engineering, 2002.
- [9] 林瑜. 城市道路交叉口群阻塞机理研究[D]. 上海: 同济大学交通运输工程学院, 2006.
LIN Yu. Research on the mechanism of urban traffic congestion of intersections group[D]. Shanghai: School of Transportation Engineering, Tongji University, 2006.
- [10] 王薇. 基于网络平衡的大范围交通协调控制系统理论及技术研究[D]. 长春: 吉林大学交通学院, 2008.
WANG Wei. Study on the theories and technologies in large-scale traffic coordinated control systems based on network equilibrium[D]. Changchun: Jilin University. School of Traffic Engineering, 2008.
- [11] Pignataro L J, McShane W R, Crowley K W, et al. Traffic control in oversaturated street networks[R/CD]. Washington D C: Transportation Research Board, 1978.
- [12] Markos Papageorgiou. Review of road traffic control strategies [C]// Proceedings of IEEE Conference on ITS. Los Alamitos: IEEE, 2003, 91(2): 2043 - 2067.
- [13] 袁长亮. 城市路网过饱和和交通信号控制策略研究[D]. 上海: 同济大学交通运输工程学院, 2007.
YUAN Changliang. Traffic signal strategy in oversaturated urban network [D]. Shanghai: Tongji University. School of Transportation Engineering, 2007.
- [14] Randolph W Hall. Handbook of transportation science[M]. 2nd ed. Dordrecht: Kluwer Academic Publishers, 2002.
- [15] Rathi A K. A control scheme for high density traffic [J]. Transportation Research Part B, 1988, 22B(2): 81.