

引用格式: 赵志远, 尹凌, 胡金星, 等. 面向机动车出行OD监测的目标路段选择算法[J]. 地球信息科学学报, 2018, 20(5): 656-664. [ Zhao Z Y, Yin L, Hu J X, et al. A road section selection algorithm to monitor the OD flow of motor vehicle travels[J]. Journal of Geo-information Science, 2018, 20(5): 656-664. ] DOI: 10.12082/dqxxkx.2018.170595

# 面向机动车出行OD监测的目标路段选择算法

赵志远<sup>1,2</sup>, 尹凌<sup>1\*</sup>, 胡金星<sup>1</sup>, 冯圣中<sup>1</sup>, 黄思林<sup>3</sup>

1. 中国科学院深圳先进技术研究院, 深圳 518055; 2. 武汉大学测绘与遥感信息工程 国家重点实验室, 武汉 430079; 3. 深圳市德立达科技有限公司, 深圳 518063

## A road section selection algorithm for monitoring the OD flow of motor vehicle travels

ZHAO Zhiyuan<sup>1,2</sup>, YIN Ling<sup>1\*</sup>, HU Jinxing<sup>1</sup>, FENG Shengzhong<sup>1</sup>, HUANG Silin<sup>3</sup>

1. Shenzhen Institutes of Advanced Technology, Chinese Academy of Sciences, Shenzhen 518055, China; 2. State Key Laboratory of Information Engineering in Surveying, Mapping and Remote Sensing, Wuhan 430079, China; 3. Shenzhen Tenet Technology Co., Ltd, Shenzhen 518063, China

**Abstract:** The origin-destination (OD) information of motor vehicles serves an important foundation in urban traffic analysis and intelligent transport system management. Currently, most of the location-allocation algorithms of traffic detectors in transportation system focus on detecting traffic conditions (e.g., travel speed) at major junctions of road networks. However these algorithms fail to completely monitor the OD information of motor vehicle travels. This study proposes an algorithm to select the road sections where traffic detectors should be installed for the purpose of monitoring the OD information of motor vehicles traveling between regions of interest (ROIs) (e.g., residential communities and shopping malls). Two methods are adopted in this algorithm to maximize the usability of the detectors. First, since the demand of the detectors relies on the number of the road sections connected to the ROIs and the spatial resolutions of the ROIs affect the volume of connected road sections, the spatial resolutions of the ROIs are adjusted according to the closeness between the ROIs by a hierarchical clustering algorithm. During this process, special ROIs, for which the ODs need to be monitored independently, can be set to avoid being merged with other ROIs. Second, the redundantly monitored road sections are detected based on the conservation law of the traffic flows at a crossroad. This algorithm was examined in the area of Dapeng, Shenzhen. Specifically, we first used a museum and a road entrance to test the effectiveness of the special ROIs setting. Then we compared the outcomes of the hierarchical clustering algorithm using three different distance measurements between clusters, namely single linkage, complete linkage and average linkage. Third, the effectiveness of the redundant monitor road sections was examined at a crossroad. Last, we tested the effectiveness of the proposed algorithm when the supply of cameras were limited to 10 and 20, respectively, based on the simulation result of ODs between different locations. The results suggest

收稿日期 2017-12-08; 修回日期: 2018-03-07.

基金项目 国家自然科学基金项目(41771441); 深圳市科技创新委应用示范项目(KJYY20160608154421217); 深圳市基础研究项目(JCYJ20170307164104491). [ **Foundation items:** National Natural Science Foundation of China, No.41771441; Demonstration Project of Applications in Shenzhen City, No.KJYY20160608154421217; Basic Research Project of Shenzhen City, No.JCYJ20170307164104491. ]

作者简介 赵志远(1989-), 男, 博士生, 研究领域为交通 GIS, 时空大数据. E-mail: zhaozhiyuan@whu.edu.cn

\*通讯作者 尹凌(1981-), 女, 博士生导师, 副研究员, 研究领域为时空 GIS, 时空大数据分析建模.

E-mail: yinling@siat.ac.cn

that the proposed algorithm can effectively support the policy-making of selecting the target road sections to monitor the OD information of vehicle travels when the supplies of the detectors are limited under different situations.

**Key words:** origin-destination flow of motor vehicles; hierarchical cluster; facility location algorithm; camera; intelligent transport system

**\*Corresponding author:** YIN Ling, E-mail: yinling@siat.ac.cn

**摘要** 机动车在感兴趣区域(例如景点或小区)之间的出行起始和结束(Origin-Destination, OD)信息反映了居民使用机动车出行的活动需求分布,是建立城市智能交通系统中交通需求分析与管理的的基础信息之一。数量充足的监测设备能够收集的机动车出行信息更为精细,最终构建的OD信息可用性更强。然而在实际应用中,设备数量往往因为预算情况而存在限制。在设备数量有限的情况下,分析如何选择监测路段来实现OD信息可用性的最大化具有重要应用价值。考虑到感兴趣区域的空间精细程度直接影响监测设备的需求,首先采用层次聚类思想调整感兴趣区域的空间精细程度;然后,根据道路交叉口车流量守恒原则,探测冗余监测路段来进一步降低对监测设备的需求。本研究基于上述2步操作来实现给定数量设备监测能力的最大化。该算法以摄像头为例,在深圳市大鹏半岛区域进行了实验。结果显示,该算法能够支持在不同摄像头数量限制的情况下制定监测路段的选择方案,表明了算法的有效性。

**关键词** 机动车出行OD;层次聚类;设施选址;摄像头;智能交通系统

## 1 引言

伴随着我国城镇化水平快速增长,城市中机动车数量增长迅猛,给城市交通系统的服务能力带来了巨大的挑战<sup>[1-2]</sup>。机动车出行的起始和结束(Origin-Destination, OD)关注的是机动车“从哪里来,到哪里去”,反映了机动车在诸如景区、居民区等位置之间的转移信息,刻画了居民通过机动车出行的需求分布。收集并分析机动车出行OD信息的时空动态变化,能够指导区域范围内交通设施的合理配置,从而有效支持智能交通系统的构建<sup>[3-6]</sup>。本研究将这些区域抽象为感兴趣区域(Region of Interest, ROI),在与ROI关联的道路上安装车辆识别监测设备,能够用于构建机动车在区域之间的出行OD。在此种情况下,监测机动车出行OD所需要的设备数量依赖于ROI的空间精细程度。数量充裕的监测设备能够支持精细ROI之间(例如两栋建筑物之间)的机动车出行OD构建,相应信息的可用性能够支持更粗粒度的决策支持,因此可用性更强。然而,大量的监测设备也意味着更高的成本,在现实应用中,购买设备的预算往往存在限制。因此,当监测设备数量有限时,分析如何选择最优监测路段,尽可能保留监测设备所监测区域的空间精细程度,从而实现所获得的机动车出行OD效用最大化具有重要应用价值。这也是本研究需要回答的科学问题。

目前,构建机动车出行OD的方法可以分为2类:

基于移动对象追踪和基于定点位置监测。① 基于移动对象追踪的方法通过追踪安装定位装置的机动车辆或者携带定位设备的乘客位置来提取机动车出行OD信息。例如,装配有GPS定位系统的出租车位置追踪数据能够有效地反映监测区域之间相应车辆的出行信息<sup>[7-9]</sup>,而目前从大规模手机定位数据中推估个体出行和机动车出行信息也已经成为人类移动性研究的热点<sup>[10-12]</sup>。然而,由于样本上的偏差(浮动车数据只反映出租车信息)和相关出行语义信息的缺失(手机定位数据中缺乏居民出行方式信息),此类数据无法完备地反映不同ROI之间的机动车出行OD信息。② 基于定点位置的监测方法则是通过在固定的位置安装监测设备来获得通过的车辆信息,进而支持车辆出行信息的恢复与重建<sup>[13-16]</sup>。然而,该方法目前主要是面向诸如车流量、通行速度等道路通行特征的相关信息评估<sup>[17-19]</sup>,监测设备的布设也围绕此目标制定。例如文献<sup>[20]</sup>以最大化车流量为目标函数来选择设置道路传感器的路段;而文献<sup>[21]</sup>以道路节点为选址参考单元,以能够最大程度的覆盖道路分段为目标,采用最小顶点覆盖的方法来选择摄像头监测位置。此种方法在用于构建感兴趣之间机动车出行OD时存在3个方面的不足:① 当前的方法是以覆盖更多路段的通行特征为目标,在设备数量有限的情况下,往往优先将其设定在关键路口上,无法完备的覆盖任意2个ROI之间可通行的所有路段,机动车出行OD会因此存在疏漏。② 考虑到车辆在主干道上不同的

路段中重复出现的可能性更高,不同关键路口的监测设备所探测的车辆存在较程度的重复,在对机动车出行OD监测而言是冗余的。③当前设施选址的研究案例中,一般是给定路网和特定目标,计算至少需要多少监测设备以及在什么位置布设,鲜有在设备有限的情况下制定设施位置选择方案的研究案例。而在实际的情形中,可用监测资源往往存在限制,需要在满足限制条件的情况下制定选址方案。

针对现有方法中存在的局限,本研究提出一种面向机动车出行OD构建的监测路段选择算法,在监测设备数量有限的情况下,能够通过逐步合并操作调整ROI的精细程度,并进一步探测冗余监测路段来降低对监测设备的需求量,从而实现在设备数量有限的情况下,尽可能保留初始ROI的空间精细程度,实现所构建的机动车出行OD效用的最大化。

## 2 算法设计

### 2.1 感兴趣区域与关联路段的定义

本文将位于局部范围内的研究所关注的地物、路网节点和路网分段所组成的区域称之为感兴趣区域,即ROI。其中的地物是实际应用中所主要关注的对象,路网节点和分段是为了实现对地物进行观测而引入的辅助要素,因此地物本身可以构成一个ROI。例如,图1中地物A和B、路网分段1和2以及路网节点a的整体作为一个整体的ROI,其中地物

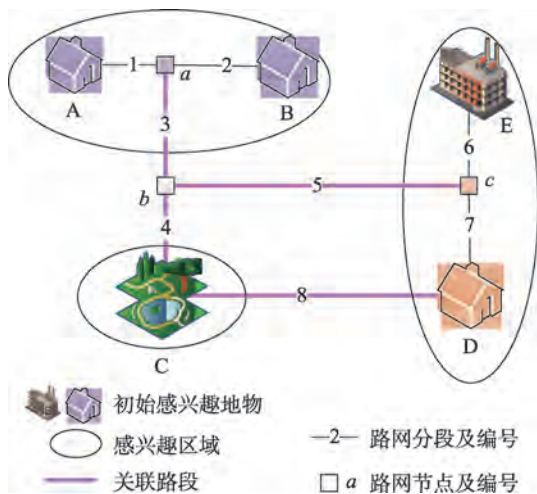


图1 感兴趣区域与关联路段

Fig. 1 Regions of Interest (ROIs) and target road sections

A和B是实际应用所主要关注的对象,同时地物C则独立组成了一个ROI。在图1所示的情形中,可以观察到3个不同的ROI。

本文将ROI的关联路段定义为与感兴趣区内所有要素直接相连的非内部路网分段。在含义上表示的是由ROI出发到其他区域或者由其他区域出发到该ROI所能经过的路段。例如,在图1中包含地物D和E的感兴趣区域,其关联路段包括编号为5和8的路网分段,其中的路段6和7为内部路段,并不属于关联路段的范畴。

机动车通过城市道路网络在各ROI之间进行转移,从而产生相应的出行OD。构建任意2个ROI之间完备的机动车出行OD需要对与其关联的每一个路段进行监测(图1中加粗的道路分段)。根据这2个定义,当单个监测设备监测能力确定的前提下,ROI关联的路段的数量直接影响监测设备的需求数量。在监测设备数量有限时,牺牲ROI的空间精细程度,能够降低对监测设备数量的需求。

### 2.2 算法总体设计

实际应用所感兴趣的地物是进行设备规划的基础。在选定感兴趣地物的基础之上,路网节点在界定地物之间的道路分段是否为内部分段上起到关键作用。因此,本算法以感兴趣地物为初始ROI,计算初始ROI之间以及与道路节点之间的邻近关系,据此利用层次聚类思想不断将ROI与道路节点或者不同的ROI进行合并,从而达到逐级降低ROI空间精细程度的目的。在计算特定空间精细程度所需的监测设备时,可以根据道路交叉口的车流量守恒原则探测冗余监测路段,进一步降低对监测设备的需求。

算法流程如图2所示,主要包括3个步骤:①初始ROI之间以及与路网节点邻近关系计算;②ROI的逐级合并;③监测设备需求数量计算。

#### 2.2.1 初始感兴趣区域之间以及与路网节点邻近关系计算

首先,结合实际应用目的确定与机动车出行有关的初始ROI。例如,知名景点、居民区、大型购物中心和工厂等,这些区域的空间精细程度相对较高。其次,从交通路网中提取道路分段以及连接度 $\geq 3$ 的路网节点<sup>①</sup>。最后,利用最短路径长度来度量

① 路网节点连接度是指节点所连接的道路分段数量。连接度为1,表示该节点为悬挂节点,一般为感兴趣地区;连接度为2表示该节点是一条路段的中间点,无法连接其他道路。因此,本文选取连接度大于等于3的路网节点作为ROI的潜在组成要素。



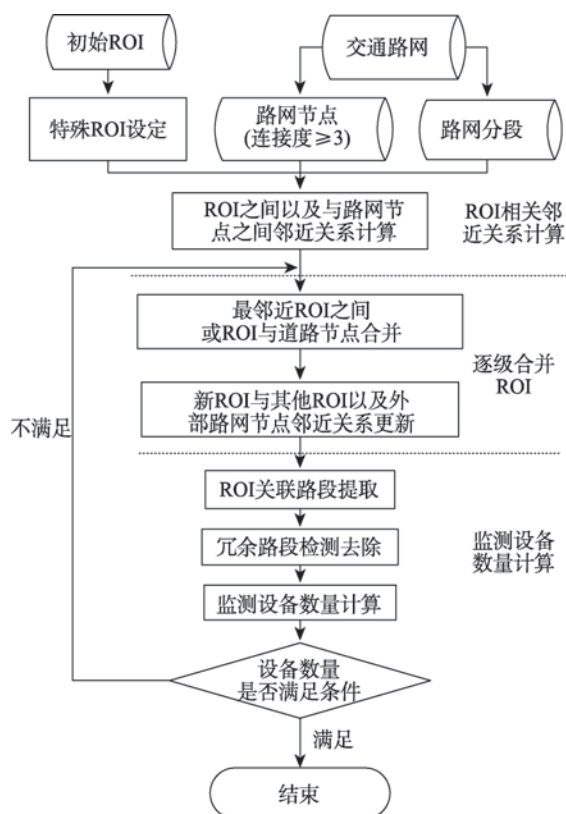


图2 算法流程图(ROI表示感兴趣区域)

Fig. 2 The flowchart of the algorithm. The ROI is the abbreviation of the region of interest

初始ROI之间以及初始ROI与路网节点的邻近关系,构建ROI之间以及与路网节点之间的邻近关系矩阵。考虑需要计算任意2个要素之间的邻近关系,在计算路网最短路径时,推荐采用Floyd-Warshall算法<sup>[22]</sup>实现。

在实际应用中,往往需要对某些特殊地物进行额外的关注。例如,需要确保进出某工厂的机动车都能够被监测到。然而,在监测设备有限的情况下,该区域可能会与其他邻近区域进行合并。为了满足这一需要,可以通过设定特殊ROI来实现这一目标。该设定将对应ROI与其他区域之间的邻近关系设为极大值,这样能够避免后续合并操作的影响。

### 2.2.2 感兴趣区域的逐级合并

根据ROI之间的邻近关系与由近及远的原则,逐次将距离最邻近的ROI与路网节点或者与其他ROI合并形成新的区域单元。经过合并操作后,新ROI内部要素之间的车流信息将被忽略,内部要素与其他区域之间的OD信息也将会被合并,因此,新区域与其他区域之间的OD具体是与哪一个内部要

素进行关联将无法直接判定。相应的监测结果主要关注该新形成的区域单元与其他区域单元之间在较为宏观空间尺度下的机动车出行OD情况。

本算法利用层次聚类<sup>[23]</sup>的思想来实现这一目标。与其他聚类方式产生单一聚类方案不同,层次聚类法产生的是一个聚类层次,在本算法中对应不同精细程度的ROI单元。考虑到由近及远的合并原则,本文采用自下而上的聚类方法,不断地对最邻近的类别进行合并,形成新的类别,直到满足设定目标为止。基本步骤如下:

- (1)将每一个初始ROI和路网节点归为一类;
- (2)根据ROI相关的邻近关系矩阵,将最邻近的ROI与道路节点或者其他ROI合并;
- (3)重新计算合并形成的新的ROI与其他区域之间的邻近关系;
- (4)根据ROI关联路段计算机动车出行OD监测所需设备数量,判断是否满足设定条件。如果不满足,则重复步骤(2)–(3),直到满足为止。

层次聚类过程中,步骤(3)中新形成的ROI与其他区域之间的邻近关系计算会直接影响到聚类结果。当类别中包含多个要素时,类别间的距离可以用不同类别中要素之间的距离进行刻画。常用方法有3种类型,分别是单连接法(Single-Linkage, SL)、全连接法(Complete-Linkage, CL)和均衡连接法(Average-Linkage, AL)。其中,单连接法中类间距为类别内部元素之间距离的最小值来表示类别之间的距离;全法的类间距对应的是最大值;均衡连接法的类间距则是用类别内部元素之间距离的平均水平来替代,一般用中值来表示。实际应用中,可以根据实际的需要选择相应的距离计算方法。

### 2.2.3 监测设备需求量计算

当设备的监测能力确定时,设备需求数量与目标路段的情况有关。设备的监测能力是指相应的设备能够捕捉多大范围内、以何种方式通过的机动车信息。以摄像头为例,监测能力包括所能覆盖的车道数量、所能检测车流方向(来向车辆和去向车辆)等。目标路段本身也具有车道数量、行车方向等属性信息,这些也会影响最终监测设备的需求数量。总体而言,随着ROI精细程度的降低,目标路段数量减少,相应的监测设备需求量也随之下降。

在计算所需监测设备数量时,需要考虑监测设备冗余的问题。实际上,车流量在道路交叉路口位置的流量是守恒的,如果道路交叉口的各个方向的

路段都属于监测目标路段(图1中路网节点*b*),其中一个路段的车辆进出信息可以通过其他方向的车辆进出信息估计得到,据此可以进一步降低对监测设备的需求。在双向十字路口时的评估的原理如图3所示。

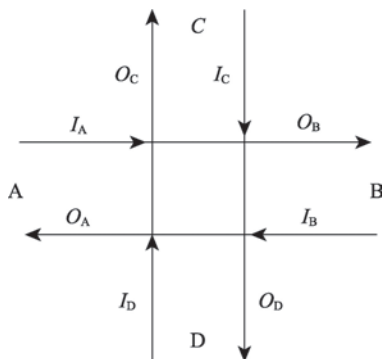


图3 道路交叉口所通过的车流数量守恒

Fig. 3 The conservation law of traffic flows at a road cross

其中, $I_A$ 和 $O_A$ 分别表示车辆从A方向进入和出去,而 $I_A$ 和 $O_A$ 分别表示车辆没有从A方向进入和出去,其他类推。那么,如果已知某车辆在A、B和C三个方向的车辆进出情况,可以推算该车辆是否从D方向的进出。具体方法如下:

$$I_D = (O_A \cup O_B \cup O_C) \cap (!I_A \cap !I_B \cap !I_C) \quad (1)$$

$$O_D = (I_A \cup I_B \cup I_C) \cap (!O_A \cap !O_B \cap !O_C) \quad (2)$$

通过统计式(1)–(2)的车辆信息,可以推估交叉路口中未配置监测设备路段的车辆通行情况。而其他类型路口的情况,可以根据此原理推广。

### 3 实验与分析

#### 3.1 研究区域

本研究以摄像头为例,在深圳市大鹏半岛区域进行了实验分析。大鹏半岛是相对封闭的区域,在半岛最狭长的地方有东西2个主要的出入道路,而半岛内拥有多个自然风景区,同时也包括城镇居民聚集区和城中村。如图4所示,其中杨梅坑、东涌和西涌地区为主要的景区,也有本地的居民;而在南澳和大新村区域则主要是本地居民;地质博物馆则位于大新村区域旁相对独立的位置;而七星湾区域则发展了游艇酒店等服务。在旅游旺季,本地居民的车辆与外来游客的车辆在大鹏半岛区域造成了严重的交通堵塞。然而不同类型的车辆在该区域中的停放模式并不相同,通过监测车辆出行OD,可

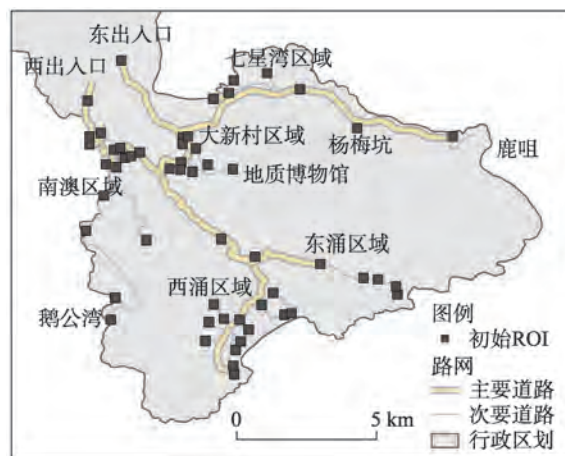


图4 研究区域

Fig. 4 Study area

以发现车辆的空间移动模式,为区域车辆通行需求分析与管理提供数据支持,从而为进一步改善交通服务水平奠定基础。

根据大鹏半岛的情况,选定自然风景区、城中村以及城镇居民小区等类型的地物为初始ROI共55个,而摄像头布设的目的则是为了监视区域之间的车辆OD情况。

在本研究中,利用ROI之间最短路径长度作为区域之间邻近关系的度量指标;在摄像头监测能力上,为简便起见,设定摄像头的规格可以监测道路上来向的车流信息,并且可以监测该方向上所有的车道的机动车,即一条双向通行的道路需要2个摄像头分别监测来向和去向的通过车辆。

#### 3.2 特殊区域的设定

在合并操作时,单纯依赖ROI之间欧氏距离得到的数值可能会将重要的ROI与其他区域进行合并。以大鹏半岛为例,有2个主要的出入口连接半岛区域与深圳市主城区(图4)。对应的两个出入口是非常重要的ROI单元,即使是在摄像头有限的情况下,应该优先保证相应关联路段的车辆OD的监测。如图5(a)中所示,西出入口与南澳区域在空间距离上很近,单纯利用欧氏距离衡量的邻近关系时,当设备有限的情况下会进行合并(相同颜色表示归属与同一个ROI)。针对这一情况,设定西出入口为特殊ROI,该区域与其他区域的邻近关系则默认为极大值,如图5(b)显示,即使摄像头有限的情况下,也会优先保证该区域的车辆OD监测需要。相同的情况在图5中的地质博物馆上也可以观测到。



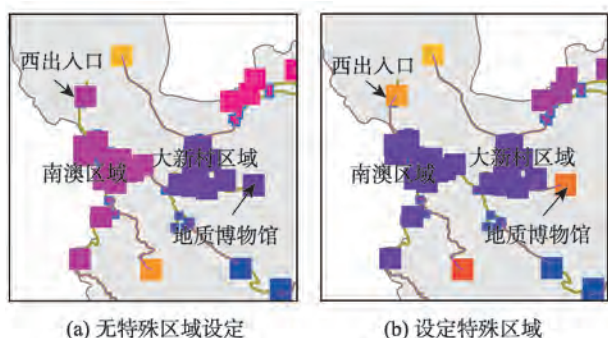


图5 特殊感兴趣区域(西出入口和地质博物馆)的设置效果比较

Fig. 5 The difference between the result of setting special ROIs and the result of setting on special ROIs

### 3.3 层次聚类中的类间距对目标路段选择的影响

在层次聚类过程中,利用不同的方法计算类别之间距离,得到的结果会有很大的差异。图6表示的相同设备数量约束的条件下,采用不同类间距方法时南澳区域、大新村区域和七星湾区域的合并情况。其中,SL类间距由于采用的是类别中元素之间距离的最小值来衡量,倾向于将区域进行合并,因

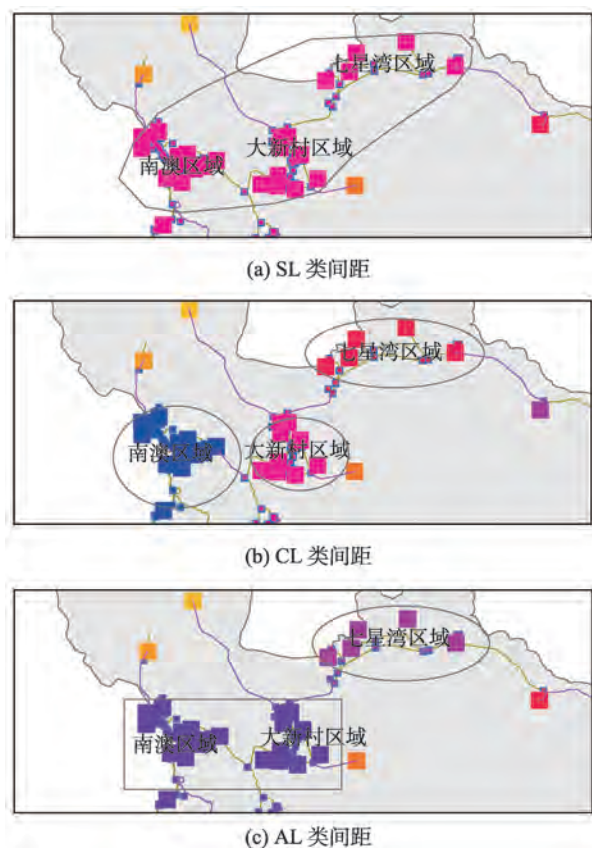


图6 不同类间距的结果比对

Fig. 6 Cluster results of the regions of interest derived from different inter-class distance measurements

此3个区域合并形成一个范围很大的ROI(图6(a));相反,CL类间距采用的是类别之间元素距离的最大值来衡量,倾向于将区域分离,相应的3个区域保持相互独立(图6(b));而AL反映的是不同类别中要素之间整体的距离情况,整体距离较近的南澳区域和大新村区域合并形成了一个区域,而七星湾相对较远,则独立成另一个区域(图6(c))。前2种方式分别容易受到异常邻近和远离元素的影响,在使用时需要注意。实际应用中,可以根据实际的需要选择适当的类间距类型,在没有额外参考信息的情况下,本研究推荐采用AL类间距。

### 3.4 冗余监测路段

图7中杨梅坑区域附近的三叉路口位于3个ROI之间,相应的3个路段均为目标路段。如果不考虑监测路段的冗余,每个路段需要两个摄像头,则总共需要6个监测设备。而根据道路交叉口中的车流守恒定律得到的式(1)-(2),其中一个路段的车流信息可以根据其他2个路段的车流信息推估得到,例如图7中交叉口到七星湾区域的路段,相应的监测设备可以得到节省。在交叉路口中,具体选择哪一条路段作为冗余,可以进一步结合其他因素进行确定,例如施工难度、供电以及政策限制等。

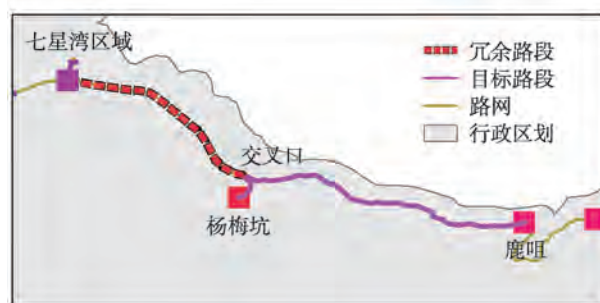
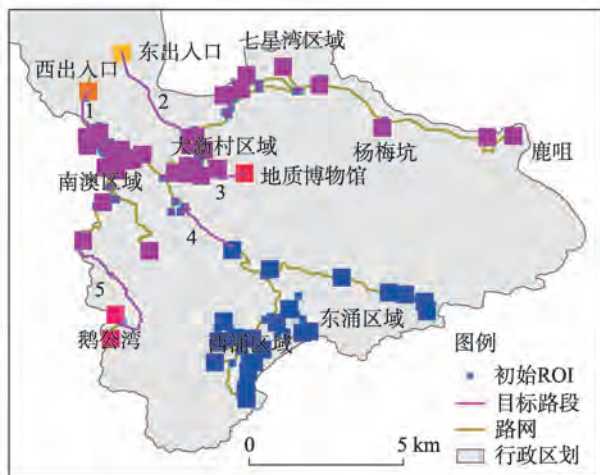


图7 冗余监测路段

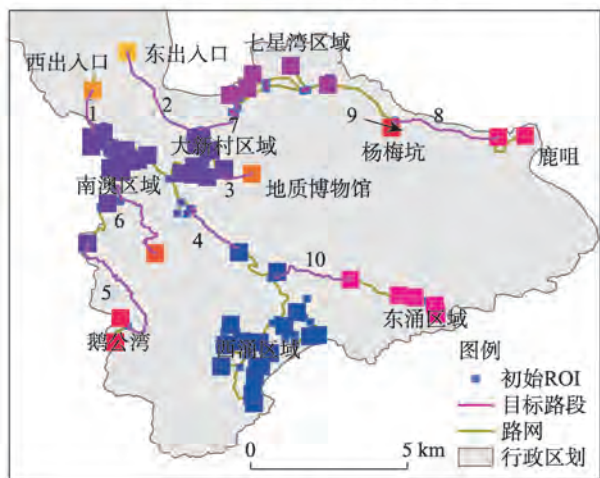
Fig. 7 Identify redundant road sections.

### 3.5 不同摄像头数量限制条件下的方案

针对大鹏半岛区域的情况,将地质博物馆、东出入口和西出入口作为特殊ROI,在利用层次聚类方式合并ROI时,采用AL方式来衡量类间距。基于以上设定,分别在给定10个、20个摄像头数量的情况下,对应的感兴趣区域最终的合并结果和需要设立摄像头进行观测车辆信息的目标路段如图8所示,在对应路段的两旁,选择合适的位置装配相应的摄像头即可。



(a) 10个摄像头对应的目标路段



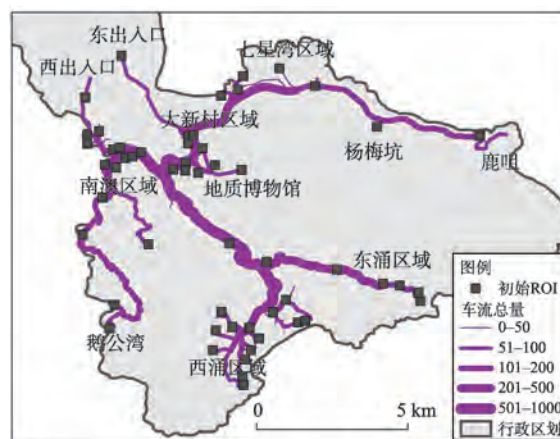
(b) 20个摄像头对应的目标路段

图8 不同摄像头数量限制情况下的待监测路段  
Fig. 8 The target road sections under different supply limitations of cameras

图8直观的给出了不同摄像头限制的情况下,面向车辆出行OD监测的摄像头布设路段。相应的,在不同的摄像头数量限制情况下,所能得到的OD信息的可用也存在差异。当以图8(a)中所示的10个摄像头的情况下,根据视频监控数据的结果可以构建相应ROI之间的机动车出行OD。其中的“南澳至鹿咀片区”在当摄像头的限制放宽到20个时(图8(b)),能够监测的OD信息更为精细,可以分为南澳至大村片区、七星湾区域、杨梅坑和鹿咀等更为细致的区域;而东涌和西涌片区也相应的分割为2个更为精细的区域。

### 3.6 监测方案结果验证

为了测试摄像头布设方案对区域之间机动车出行OD监测结果的有效性,本研究针对选定的55个初始ROI之间的OD规模按照随机函数进行了模拟,并利用最短路径算法将相应的OD出行分配到路网上。模拟结果对应的机动车在路网上的分布情况如图9(a)所示。其中一条车辆出行的轨迹如图9(b)所示,如果按照图8(a)中10个摄像头限制下的摄像头布设方案,可以监测到该车辆的出行轨迹涉及的监测路段先后分别为:监测路段2和监测路段4。据此,将第一个监测路段出发点对应的ROI和最后一个路段结束对应的ROI分别作为该出行的OD信息<sup>②</sup>。按照此方法,可以得到模拟出行的结果在10个摄像头的布设方案下OD信息如表1所示,其中南澳至鹿咀片区以及东涌和西涌片区在摄像头资源更为充裕的情况下,能够得到更为精细的OD信息(图8(b))。



(a) 模拟ROI之间的OD在路网上的分布



(b) 示例机动车轨迹

图9 ROI之间的OD的模拟结果

Fig. 9 Simulation of the OD between ROIs

② 在根据机动车通行所涉及的路段轨迹来提取车辆OD时,判定车辆在一个区域(如图9中车辆在大新村区域的状态)是途经还是停留是一个复杂的问题。然而,这一问题不是本文的重点,因此此处用最简单一种方法进行判定。



表1 模拟实验中感兴趣区域之间的OD结果  
(10个摄像头限制的情况下)

Table 1 Simulated results of the OD information between the regions of interest with the supply limitation of 10 cameras

出行起始位置	出行结束位置					
	西出入口	东出入口	南澳至鹿咀片区	地质博物馆	东涌至西涌片区	鹅公湾
西出入口	0	1	19	0	9	1
东出入口	0	0	14	1	7	2
南澳至鹿咀片区	10	13	0	13	298	32
地质博物馆	1	1	13	0	12	0
东涌和西涌片区	12	14	299	11	0	24
鹅公湾	1	1	26	1	22	0

## 4 结论

以监测感兴趣区域之间的车辆OD信息为目的,本文提出一种在保证完整覆盖感兴趣区域之间车辆OD的情况下,利用层次聚类的思想通过不断调整区域的精细程度、根据道路交叉口车流守恒原则检测并去除冗余监测路段,来降低对监测设备的需求,使得在监测设备有限的情况下,最大程度的保留感兴趣区域的空间精细程度,从而实现OD信息效用的最大化。本文结合深圳市大鹏半岛的实际需求对该算法流程进行了验证,表明了该算法的有效性。

与现有的技术相比,①本研究提出算法流程,能够直接用于面向机动车出行OD监测的分析与应用中。②摄像头布设方案得到的数据能够完整覆盖研究区域内感兴趣区域之间的机动出行OD,克服了当前基于道路交通特征信息监测的设施中主要关注关键路口所导致的出行OD疏漏问题。③本文中提出的算法,支持不同数量限制条件下,机动车出行OD监测设备位置方案的制定和选择,解决了既有设施选址研究中,预先设定规划目标所对应的选址方案所需要的设施数量超出当前资源限制的情况。

在未来的研究和应用中,如何根据监测传感器的具体规格调整部署方案,以及如何在目标监测路段上综合考虑地形、供电等施工需求来确定监测设备具体的布设位置,需要结合具体的需求作进一步的分析和研究。

## 参考文献(References):

- [1] 杨东援,段征宇.大数据环境下城市交通分析技术[M].上海:同济大学出版社,2015. [Yang D Y, Duan Z Y. Urban traffic techniques in big data era[M]. Shanghai: Tongji University Press, 2015. ]
- [2] 刘治彦,岳晓燕,赵睿.我国城市交通拥堵成因与治理对策[J].城市发展研究,2011,18(11):90-96. [Liu Z Y, Yue X Y, Zhao R. The cause of urban traffic congestion and countermeasures in China[J]. Urban Studies, 2011,18(11):90-96. ]
- [3] 赵娜,袁家斌,徐哈.智能交通系统综述[J].计算机科学,2014,41(11):7-11. [Zhao N, Yuan J B, Xu H. Survey on intelligent transport system[J]. Computer Science, 2014, 41(11):7-11. ]
- [4] 陆化普,李瑞敏.城市智能交通系统的发展现状与趋势[J].工程研究,2014,6(1):6-19. [Lu H P, Li R M. Developing trend of ITS and strategy suggestions[J]. Journal of Engineering Studies, 2014,6(1):6-19. ]
- [5] 杨林,盛业华,王靖.物流企业管理信息系统的设计与实现——以南京某快运公司物流企业为例[J].地球信息科学学报,2009,11(5):652-656. [Yang L, Sheng Y H, Wang J. Design and implement of logistics information system for small & medium enterprises[J]. Journal of Geo-information Science, 2009,11(5):652-656. ]
- [6] Martin W A, McGuckin N A, McGuckin N A, et al. Travel estimation techniques for urban planning[M]. Washington, DC, USA: National Academy Press, 1998.
- [7] Liu Y, Kang C, Gao S, et al. Understanding intra-urban trip patterns from taxi trajectory data[J]. Journal of Geographical Systems, 2012,14(4):463-483.
- [8] 程静,刘家俊,高勇.基于时间序列聚类方法分析北京出租车出行量的时空特征[J].地球信息科学学报,2016,18(9):1227-1239. [Cheng J, Liu J J, Gao Y. Analyzing the spatio-temporal characteristics of Beijing's OD trip volume based on time series clustering method[J]. Journal of Geo-Information Science, 2016,18(9):1227-1239. ]
- [9] 唐炉亮,郑文斌,王志强,等.城市出租车上下客的GPS轨迹时空分布探测方法[J].地球信息科学学报,2015,17(10):1179-1186. [Tang L L, Zheng W B, Wang Z Q, et al. Space time analysis of pick-up and drop-off of taxi passengers based on GPS big data[J]. Journal of Geo-information Science, 2015,17(10):1179-1186. ]
- [10] Wang P, Hunter T, Bayen A M, et al. Understanding Road Usage Patterns in Urban Areas[J]. Scientific Reports, 2012,2:1001.
- [11] 徐金垒,方志祥,萧世伦,等.城市海量手机用户停留时空分异分析——以深圳市为例[J].地球信息科学学报,2015,17(2):197-205. [Xu J L, Fang Z X, Xiao S L, et al.



- The spatio-temporal heterogeneity analysis of massive urban mobile phone users' stay behavior: A case study of Shenzhen city[J]. *Journal of Geo-information Science*, 2015,17(2):197-205. ]
- [12] 曹劲舟,涂伟,李清泉,等.基于大规模手机定位数据的群体活动时空特征分析[J].*地球信息科学学报*,2017,19(4):467-474. [ Cao J Z, Tu W, Li Q Q, et al. Spatio-temporal analysis of aggregated human activities based on massive mobile phone tracking data[J]. *Journal of Geo-information Science*, 2017,19(4):467-474. ]
- [13] 陈杨,杨兆选.用于视频交通检测监控系统车牌自动识别算法研究[J].*河北工业大学学报*,2006,35(6):82-87. [ Chen Y, Yang Z X. Study of video vehicle detection and monitoring system based on automatic vehicle license plate recognition algorithm[J]. *Journal of Hebei University of Technology*, 2006,35(6):82-87. ]
- [14] 谭筠梅,王履程,雷涛,等.城市轨道交通智能视频分析关键技术综述[J].*计算机工程与应用*,2014,50(4):1-6. [ Tan J M, Wang L C, Lei T, et al. Survey of intelligent video analysis technology used in urban rail transit[J]. *Computer Engineering and Applications*, 2014,50(4):1-6. ]
- [15] 廖律超,蒋新华,邹复民,等.基于交通视频的交通拥堵状态自动识别方法[J].*公路交通科技*,2014,31(1):110-117. [ Liao L C, Jiang X H, Zou F M, et al. An automatic recognition approach for traffic congestion based on traffic video[J]. *Journal of Highway and Transportation Research and Development*, 2014,31(1):110-117. ]
- [16] 李波.基于图像分析的车辆识别与跟踪若干关键技术研究[D].武汉:华中科技大学,2011. [ Li B. Study on several key technologies on vehicle recognition & tracking based on image analysis[D]. Wuhan: Huazhong University of Science and Technology, 2011. ]
- [17] Klein L A, Mills M K, Gibson D. Traffic detector handbook: Third edition-volume II[R]. Federal Highway Administration and Turner-Fairbank Highway Research Center, 2006, No. FHWA-HRT-06-139.
- [18] 姜紫峰,谭光莉.车辆检测器的进展[J].*公路交通科技*, 1996,13(1):62-65. [ Jiang Z F, Tan G L. Survey of the vehicle detector[J]. *Journal of Highway and Transportation Research and Development*, 1996,13(1):62-65. ]
- [19] Treiber M, Kesting A. Cross-Sectional Data[A]. In: *Traffic flow dynamics*[M]. Heidelberg: Springer, 2013:13-24.
- [20] Yang H, Zhou J. Optimal traffic counting locations for origin-destination matrix estimation[J]. *Transportation Research Part B: Methodological*, 1998,32(2):109-126.
- [21] 乐阳,叶嘉安.城市实时交通监测中关键路口的选择[J].*地理信息世界*,2005,3(2):6-9. [ Yue Y, Ye J A. The determination of critical junctions for transport network[J]. *Geomatics World*, 2005,3(2):6-9. ]
- [22] Cormen T H, Leiserson C E, Rivest R L, et al. *Introduction to Algorithms*, 3rd Edition[M]. Massachusetts: The MIT Press, 2009.
- [23] Johnson S C. Hierarchical clustering schemes[J]. *Psychometrika*, 1967,32(3):241-254.