



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 104157139 B

(45) 授权公告日 2016. 01. 13

(21) 申请号 201410381904. 3

(22) 申请日 2014. 08. 05

(73) 专利权人 中山大学

地址 510006 广东省广州市番禺区大学城外
环东路 132 号

专利权人 广东方纬科技有限公司

(72) 发明人 何兆成 叶伟佳 沙志仁

(74) 专利代理机构 广州粤高专利商标代理有限公司 44102

代理人 林丽明

(51) Int. Cl.

G08G 1/01(2006. 01)

G08G 1/052(2006. 01)

G06T 11/00(2006. 01)

审查员 路飞飞

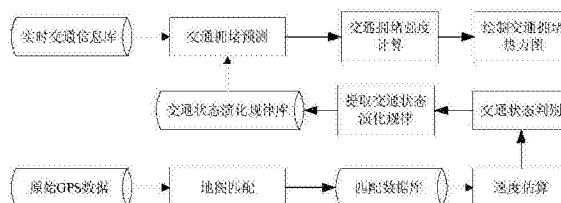
权利要求书3页 说明书10页 附图5页

(54) 发明名称

一种交通拥堵预测方法及可视化方法

(57) 摘要

本发明公开了一种交通拥堵预测方法及可视化方法,本发明利用出租车回传的 GPS 数据,通过地图匹配方法将 GPS 数据与电子地图上的道路相关联;根据匹配的数据计算路段速度,利用路段速度判断路段的交通状态;利用历史数据提取交通拥堵的演化规律,包括交通拥堵的形成和消散;关联实时交通信息库,利用滑动时间窗口机制进行交通拥堵预测;基于预测结果计算拥堵路段的拥堵强度,最后用热图表现拥堵路段的拥堵强度以及影响范围。本发明的预测方法可实现高准确率的拥堵预测,热力图可视化方法使得交通拥堵直观易懂,便于理解交通拥堵所在位置以及影响范围。



1. 一种交通拥堵预测方法,其特征在于,包括:

采用浮动车获取 GPS 数据,通过地图匹配方法将 GPS 数据与电子地图上的道路相关联;根据匹配的数据估算路段速度,利用路段速度判断路段的交通状态,所述交通状态包括拥堵和畅通;

利用历史交通状态信息构建交通拥堵模型;关联实时交通状态信息库进行交通拥堵预测;

交通拥堵模型包括交通拥堵模型 I、交通拥堵模型 II 和交通拥堵模型 III;

假设本周期中的一天交通状态与其上一周期同天的交通状态相同,

构建交通拥堵模型 I 具体方式为:将 n 个周期的交通状态作为训练样本进行训练,统计每周期同一天 t 时刻出现拥堵的概率;

目标路段在每周期同一天 t 时刻出现拥堵的概率:

$$P_i^t = \frac{\sum_{j=1}^n \sigma_i^{jt}}{n} \quad (1)$$

$$\sigma_i^{jt} = \begin{cases} 0 & v_i^{jt} \geq v_T \\ 1 & v_i^{jt} < v_T \end{cases} \quad (2)$$

其中: P_i^t 是指第 i 个路段 t 时刻出现拥堵的概率; v_i^{jt} 是指第 i 个路段在第 j 个周期 t 时刻的路段速度; v_T 是拥堵状态判别阈值; σ_i^{jt} 是指第 i 个路段在第 j 个周期 t 时刻的交通状态,0 表示顺畅,1 表示拥堵;

根据上述目标路段出现拥堵的概率判断交通状态;

构建交通拥堵模型 II 具体方式为:在训练样本中,统计目标路段在从 t-1 时刻的交通状态演变到 t 时刻的交通状态时,相邻路段在 t-1 时刻的第一交通状态分布规律,所述相邻路段是指与目标路段相邻的路段;

关联实时交通状态信息库进行交通拥堵预测;是根据第一交通状态分布规律获取目标路段拥堵概率,再根据该目标路段出现拥堵的概率判断目标路段的交通状态;

构建交通拥堵模型 III 具体方式为:

在训练样本中,统计相邻路段从 t-1 时刻的交通状态演变到 t 时刻的交通状态时,该相邻路段的上游路段在 t-1 时刻的第二交通状态分布规律,所述上游路段是指相邻路段的上游的路段;

在训练样本中,统计相邻路段从 t-1 时刻的交通状态演变到 t 时刻的交通状态时,该相邻路段的下游路段在 t-1 时刻的第三交通状态分布规律,所述下游路段是指相邻路段的下游的路段;

在训练样本中,统计目标路段从 t-1 时刻的交通状态演变到 t 时刻的交通状态时,相邻路段在 t 时刻的第四交通状态分布规律;

关联实时交通状态信息库进行交通拥堵预测;是根据第二交通状态分布规律获取 t 时刻相邻路段拥堵概率,再根据该相邻路段的拥堵概率判断该相邻路段的交通状态;同时根

据第三交通状态分布规律获取 t 时刻相邻路段拥堵概率, 再根据该相邻路段的拥堵概率判断该相邻路段的交通状态, 最后, 根据由第二、三交通状态分布规律预测的 t 时刻相邻路段的交通状态, 以及第四交通状态分布规律获取 t 时刻目标拥堵路段概率, 再根据该目标路段的拥堵概率判断该目标路段的交通状态;

在对交通拥堵进行预测时, 采用上述交通拥堵模型 I、交通拥堵模型 II 和交通拥堵模型 III 三种模型结合, 采用三种模型结合时以多数原则来预测;

构建交通拥堵模型中, 从 $t-1$ 时刻的交通状态演变到 t 时刻的交通状态的演变过程为:

$t-1$ 时刻的交通状态为拥堵时, t 时刻的交通状态为拥堵或顺畅;

$t-1$ 时刻的交通状态为顺畅时, t 时刻的交通状态为拥堵或顺畅。

2. 根据权利要求 1 所述的交通拥堵预测方法, 其特征在于, 根据拥堵概率进行交通状态判断, 当拥堵概率大于等于 50% 时, 则交通状态 TS_i 为拥堵, 否则为顺畅。

3. 根据权利要求 2 所述的交通拥堵预测方法, 其特征在于, 所述地图匹配方法具体为: 获取候选路段集, 通过在定位点周围构建一个误差区域来筛选可能的匹配路段, 也称为候选路段; 其中点到线匹配根据 GPS 点到各候选路段的距离及 GPS 点的航向确定匹配路段; 点序列匹配以拓扑连通性作为匹配合理性的约束条件, 选取匹配权重总和最大的路段组合作为最终的匹配序列。

4. 根据权利要求 3 所述的交通拥堵预测方法, 其特征在于, 根据匹配结果自适应选择速度估算模型进行路段速度估算, 采用的估算模型为: 距离-时间模型、速度-时间梯形积分模型、车辆跟踪模型或地点速度调和平均模型。

5. 一种应用上述权利要求 1 至 4 任一项所述的交通拥堵预测方法的可视化方法, 其特征在于, 是绘制交通拥堵强度的热力图, 在绘制热力图之前, 需要确定热点位置、热点影响范围、交通拥堵强度衰减规律以及配色方案;

计算交通的拥堵强度 C_i ;

热点位置, 热点的位置是沿路段分布, 每个路段的起终点各设置一个热点, 从路段起点开始, 每距离 M 米设置一个热点;

热点影响范围, 热点的影响范围为半径 $M/2$ 米的圆, 以路段为单位, 该路段的交通拥堵强度平均分配到该路段的所有热点上; 若路段的交通拥堵强度 C_i 小于该路段的热点数, 则随机分配到 C_i 个热点上;

交通拥堵强度衰减规律, 对于每个热点而言, 以圆心为起点, 交通拥堵强度随着离圆心距离的增大而线性衰减;

配色方案, 将交通拥堵强度划分为 N 个等级, 相邻等级采用不同颜色标识。

6. 根据权利要求 5 所述的可视化方法, 其特征在于, 交通的拥堵强度 C_i 采用以下方式实现:

$$C_i = \sum_{t=1}^T x_t^i a_t^i l_t^i s_i \quad (3)$$

$$x_t^i = \begin{cases} 1, & \bar{v}_t^i < v_T \\ 0, & \bar{v}_t^i \geq v_T \end{cases} \quad (4)$$

其中, C_i 为路段 i 的交通拥堵强度, x_t^i 为拥堵判别函数, \bar{v}_t^i 为路段 i 在第 t 个时间间隔内的平均车速, v_T 为拥堵状态判别阈值, a^i 为路段 i 的车道数, l_t^i 为路段 i 在第 t 个时间间隔内的拥堵长度, s_t 为第 t 个时间间隔的时长。

7. 根据权利要求 5 或 6 所述的可视化方法, 其特征在于, 所述配色方案是将交通拥堵强度划分为 5 个等级, 1 表示交通拥堵强度最小, 5 表示交通拥堵强度最大。

8. 根据权利要求 7 所述的可视化方法, 其特征在于, 等级 1-5 所对应的颜色是: 无色透明 → 蓝色 → 红色 → 黄色 → 白色。

一种交通拥堵预测方法及可视化方法

技术领域

[0001] 本发明涉及交通领域,更具体地,涉及一种交通拥堵预测方法及可视化方法。

背景技术

[0002] 交通拥堵是影响人们日常出行质量和出行费用的关键性因素。交通拥堵预测是交通拥堵管理研究的核心内容,准确实时的交通拥堵预测能够缓解交通阻塞,提高路网的通行能力及路段速度。

[0003] 国内外学者对交通拥堵预测算法做了大量研究。其中一些学者选取车流量、占有率、车流速度和车流密度作为参数,利用基于贝叶斯法则的学习算法,计算交通拥堵发生的可能性。也有学者考虑流量、速度、占有率、平均车道流量等参数,运用最大熵模型训练得到各参数的权重,从而预测交通拥堵。上述算法均考虑了多个参数,通过训练学习得到交通拥堵所对应的参数组合。然而上述方法在预测拥堵时需要的输入参数过多,在实际应用中存在很大的局限性,除了路段速度可以利用浮动车数据得到外,其他参数主要来源于线圈检测器,存在安装成本大、安装维护困难等缺点。

[0004] 如以下几种预测方法:1) 研究使用多参数状态估计方法比单个参数状态估计方法更加合理,更符合实际情况。综合考虑交通流量、平均速度、密度 3 个参数,通过聚类方法将三维参数转换为一维时间序列,采用 BP 神经网络进行短时交通状态的预测,然而聚类结果容易受到原始数据的影响。2) 基于神经网络的交通流状态模糊推理方法。但该方法的准确率会随连续预测步数的增加而下降。3) 考虑到交通状态本身具有模糊不确定性,提出基于自适应模糊神经网络推理系统。该方法的交通状态被划分为 4 类,采用模糊 C 均值聚类求出每种交通状态所对应的聚类中心,接着计算隶属度,隶属度最大所对应的交通状态即为预测结果。然而模糊 C 均值聚类容易陷入局部最优,无法保证聚类中心能够很好地反映交通状态的特征。

[0005] 为了方便对交通拥堵情况进行观察,有学者提出通过指数等方式来表达交通拥堵情况。国内外学者大部分采用服务水平等级或 0-10 指数化的方式展现,最早美国 1985 年道路通行能力手册 (HCM) 提出根据交通量,道路使用者的感觉将道路服务水平划分为 A-F 6 个等级;一些学者则定义交通拥堵指数的取值范围为 0-10,值越大表示拥堵越严重。为了表现区域(或道路)拥堵强度的变化情况,目前一些学者采用时序图表示局部区域拥堵强度的变化规律。然而时序图只能反映某一区域、某一道路拥堵强度的时变规律,不能反映该区域(该道路)对相邻区域(相邻道路)的影响。

发明内容

[0006] 为了克服现有技术的不足,本发明首先提出一种交通拥堵预测方法,本方法输入的参数只有路段速度,路段速度可通过浮动车数据获得。相比于线圈检测器、视频等交通信息采集手段,浮动车技术具有数据量大、覆盖面广、成本低等优点。

[0007] 本发明的又一目的是提出一种交通拥堵可视化方法,相对时序图不能反映区域

(道路)对周边路网的影响,本发明所提出的可视化方法是采用热力图表达交通拥堵的分布,使得交通拥堵直观易懂,便于理解交通拥堵所在位置以及影响范围。

[0008] 为了实现上述目的,本发明的技术方案为:

[0009] 一种交通拥堵预测方法,包括:

[0010] 采用浮动车获取 GPS 数据,通过地图匹配方法将 GPS 数据与电子地图上的道路相关联;根据匹配的数据估算路段速度,利用路段速度判断路段的交通状态,所述交通状态包括拥堵和畅通;

[0011] 利用历史交通状态信息构建交通拥堵模型;关联实时交通状态信息库进行交通拥堵预测;

[0012] 交通拥堵模型包括交通拥堵模型 I、交通拥堵模型 II 和交通拥堵模型 III;

[0013] 假设本周期中的一天交通状态与其上一周期同天的交通状态相似或相同,

[0014] 构建交通拥堵模型 I 具体方式为:将 n 个周期的交通状态作为训练样本进行训练,统计每周期同一天 t 时刻出现拥堵的概率;

[0015] 目标路段在每周期同一天 t 时刻出现拥堵的概率:

$$[0016] \quad P_i^t = \frac{\sum_{j=1}^n \sigma_i^{jt}}{n} \quad (1)$$

$$[0017] \quad \sigma_i^{jt} = \begin{cases} 0 & v_i^{jt} \geq v_T \\ 1 & v_i^{jt} < v_T \end{cases} \quad (2)$$

[0018] 其中: P_i^t 是指第 i 个路段 t 时刻出现拥堵的概率; v_i^{jt} 是指第 i 个路段在第 j 个周期 t 时刻的路段速度; v_T 是拥堵状态判别阈值; σ_i^{jt} 是指第 i 个路段在第 j 个周期 t 时刻的交通状态,0 表示顺畅,1 表示拥堵;

[0019] 根据上述目标路段出现拥堵的概率判断交通状态;

[0020] 构建交通拥堵模型 II 具体方式为:在训练样本中,统计目标路段在从 t-1 时刻的交通状态演变到 t 时刻的交通状态时,相邻路段在 t-1 时刻的第一交通状态分布规律,所述相邻路段是指与目标路段相邻的路段;

[0021] 关联实时交通状态信息库进行交通拥堵预测;是根据第一交通状态分布规律获取目标路段拥堵概率,再根据该目标路段出现拥堵的概率判断目标路段的交通状态;

[0022] 构建交通拥堵模型 III 具体方式为:

[0023] 在训练样本中,统计相邻路段从 t-1 时刻的交通状态演变到 t 时刻的交通状态时,该相邻路段的上游路段在 t-1 时刻的第二交通状态分布规律,所述上游路段是指相邻路段的上游的路段;

[0024] 在训练样本中,统计相邻路段从 t-1 时刻的交通状态演变到 t 时刻的交通状态时,该相邻路段的下游路段在 t-1 时刻的第三交通状态分布规律,所述下游路段是指相邻路段的下游的路段;

[0025] 在训练样本中,统计目标路段从 t-1 时刻的交通状态演变到 t 时刻的交通状态时,相邻路段在 t 时刻的第四交通状态分布规律;

[0026] 关联实时交通状态信息库进行交通拥堵预测；是根据第二交通状态分布规律获取 t 时刻相邻路段拥堵概率，再根据该相邻路段的拥堵概率判断该相邻路段的交通状态；同时根据第三交通状态分布规律获取 t 时刻相邻路段拥堵概率，再根据该相邻路段的拥堵概率判断该相邻路段的交通状态，最后，根据由第二、三交通状态分布规律预测的 t 时刻相邻路段的交通状态，以及第四交通状态分布规律获取 t 时刻目标拥堵路段概率，再根据该目标路段的拥堵概率判断该目标路段的交通状态；

[0027] 在对交通拥堵进行预测时，采用上述交通拥堵模型 I、交通拥堵模型 II 和交通拥堵模型 III 三种模型结合，采用三种模型结合时以多数原则来预测。

[0028] 一种交通拥堵预测可视化方法，是绘制交通拥堵强度的热力图，在绘制热力图之前，需要确定热点位置、热点影响范围、交通拥堵强度衰减规律以及配色方案；

[0029] 计算交通的拥堵强度 C_i ；

[0030] 热点位置，热点的位置是沿路段分布，每个路段的起终点各设置一个热点，从路段起点开始，每距离 M 米设置一个热点；

[0031] 热点影响范围，热点的影响范围为半径 $M/2$ 米的圆，以路段为单位，该路段的交通拥堵强度平均分配到该路段的所有热点上；若路段的交通拥堵强度小于该路段的热点数，则随机分配到 C_i 个热点上；

[0032] 交通拥堵强度衰减规律，对于每个热点而言，以圆心为起点，交通拥堵强度随着离圆心距离的增大而线性衰减；

[0033] 配色方案，将交通拥堵强度划分为 N 个等级，相邻等级采用不同颜色标识。

[0034] 与现有技术相比，本发明的有益效果为：

[0035] 本发明的交通拥堵预测方法，只需要通过浮动车获取路段数据，并将路段数据作为输入唯一的输入参数，即可实现高准确率拥堵预测，与线圈检测器、视频等交通信息采集手段，浮动车技术具有数据量大、覆盖面广、成本低等优点。

[0036] 本发明提出的交通拥堵可视化方法是通过热力图来表现的，采用热力图表达交通拥堵的分布，使得交通拥堵直观易懂，便于理解交通拥堵所在位置以及影响范围。

附图说明

[0037] 图 1 为本发明的交通拥堵预测方法实现框架图。

[0038] 图 2 为实现地图匹配时构建候选路段集示意图。

[0039] 图 3 为目标路段与相邻路段的关联示意图。

[0040] 图 4 为上游路段与相邻路段及目标路段的关联示意图。

[0041] 图 5 为下游路段与相邻路段及目标路段的关联示意图。

[0042] 图 6 为采用本发明交通拥堵预测方法进行预测的流程图。

[0043] 图 7 为本发明交通拥堵预测可视化方法的热点影响范围示意图。

[0044] 图 8 为交通拥堵强度衰减规律示意图。

[0045] 图 9 为 4 月 2 日 8:00 广州市交通拥堵热力图

[0046] 图 10 为 4 月 2 日 8:05 广州市交通拥堵热力图。

具体实施方式

[0047] 下面结合附图对本发明做进一步的描述,但本发明的实施方式并不限于此。

[0048] 如图 1,本发明利用出租车回传的 GPS 数据,通过地图匹配方法将 GPS 数据与电子地图上的道路相关联;根据匹配的数据计算路段速度,利用路段速度判断路段的交通状态;利用历史数据提取交通拥堵的演化规律,包括交通拥堵的形成和消散;关联实时交通信息库,利用滑动时间窗口机制进行交通拥堵预测;基于预测结果计算拥堵路段的拥堵强度,最后用热图表现拥堵路段的拥堵强度以及影响范围。

[0049] 地图匹配

[0050] 地图匹配的目的是确定车辆所在路段的位置。在本实施方式中地图匹配方法是根据路网密度自适应地选择匹配方法(点到线匹配和点序列匹配),同时考虑距离、航向、拓扑连通性等因素,实现全局路径匹配。

[0051] 该匹配方法包括两个步骤,首先获取候选路段集,通过在定位点周围构建一个误差区域来筛选可能的匹配路段,也称为候选路段,见图 2。其中点到线匹配根据 GPS 点到各候选路段的距离及 GPS 点的航向确定匹配路段;点序列匹配以拓扑连通性作为匹配合理性的约束条件,选取匹配权重总和最大的路段组合作为最终的匹配序列。

[0052] 地图匹配结果存储在数据库中,如表 1 所示,数据表包括车牌号码、GPS 定位时间、经度、纬度、速度、方向、匹配路段 ID、车辆状态(其中“4”表示空载,“5”表示载客)等字段。

[0053] 表 1 地图匹配结果数据表

[0054]

车牌号码	GPS 定位时间	纬度	经度	速度	方向	匹配路	路段位	车辆
				(km/h)	(度)	段 ID	置	状态
粤 AH7B3I	2014-5-16 6:00:01	23.134914	113.375389	34	9	2417	148	5
粤 A006RG	2014-5-16 6:00:01	23.134978	113.375400	22	291	2426	266	4

[0055] 速度估算

[0057] 速度估算利用地图匹配结果计算路段速度。在本实施方式中速度估算算法是划分单辆浮动车 GPS 点在路段的分布情况,根据分布情况自适应选择速度估算模型。

[0058] 该算法采用四种速度估算模型,分别是:距离-时间模型、速度-时间梯形积分模型、车辆跟踪模型以及地点速度调和平均模型。

[0059] 距离-时间模型选取目标路段的第一个和最后一个 GPS 点,利用两 GPS 点的距离差除以时间差估算车辆的行驶速度。

[0060] 速度-时间梯形积分模型利用瞬时速度序列累计积分得到单辆浮动车走过的距离,除以 GPS 点序列首末点的时间差估算单辆浮动车的行驶速度。

[0061] 车辆跟踪模型假设路段两端存在交叉口范围,浮动车在交叉口范围内完成匀减速、停车和匀加速阶段,浮动车在交叉口范围外匀速行驶。其中交叉口范围以及交叉口边缘的地点速度可通过历史 GPS 数据获得。根据以上假设,结合真实的 GPS 数据求出车辆的行驶速度。

[0062] 地点速度调和平均模型以目标路段所有车辆的瞬时速度的调和平均值作为路段

速度。

[0063] 速度估算结果存储在数据库中,如表 2 所示,数据表包括路段 ID、开始时刻、结束时刻、速度、车辆数等字段。

[0064] 表 2 速度计算结果数据表

[0065]

路段 ID	开始时间	结束时间	速度	车辆数
4334	2014-6-2 13:05:00	2014-6-2 13:15:00	43.60	9

[0066] 交通状态判别 (速度阈值)

[0067] 北京市定义平均行程车速低于 30 公里 / 小时的路段为快速路上的严重拥堵路段,判断主干路、次干路和支路为拥堵路段的速度阈值分别为 :20 公里 / 小时,15 公里 / 小时,15 公里 / 小时。本实施方式采用上述速度作为交通状态判别的速度阈值。

[0068] 表 3 交通状态速度范围表

[0069]

交通状态	速度范围 (单位: km/h)			
	快速路	主干路	次干路	支路
拥堵	[0, 30)	[0, 20)	[0, 15)	[0, 15)
顺畅	30 以上	20 以上	15 以上	15 以上

[0070] 提取交通状态演化规律

[0071] 交通拥堵是指在某一特定的时空条件下,由于供需矛盾产生的交通滞留现象,包括道路等级、车道数以及某时刻的交通需求等。道路等级和车道数不容易发生改变,交通需求具有规律性。因此本实施方式中每周期为一个星期,假设某一天的交通运行状态与其上周同日的交通运行状态相同或相似,统计每周同一天 t 时刻出现拥堵的概率。

[0072] 交通拥堵模型 I, 规律 1 :每周同一天 t 时刻出现拥堵的概率。

$$[0073] \quad P_i^t = \frac{\sum_{j=1}^n \sigma_i^{jt}}{n} \quad (1)$$

$$[0074] \quad \sigma_i^{jt} = \begin{cases} 0 & v_i^{jt} \geq v_T \\ 1 & v_i^{jt} < v_T \end{cases} \quad (2)$$

[0075] 其中 : P_i^t 是指第 i 个路段 t 时刻出现拥堵的概率 ; v_i^{jt} 是指第 i 个路段在第 j 个星期 t 时刻的路段速度 ; σ_i^{jt} 是指第 i 个路段在第 j 个星期 t 时刻的交通状态,0 表示顺畅,1 表示拥堵 ;n 是指训练样本的周数。

[0076] 表 4 规律 1 存储结构

[0077]

路段起点 ID	路段终点 ID	星期	时间	拥堵概率
1751	1747	星期二	13:15	9.5%
1751	1747	星期二	13:55	22.4%

[0078] 交通拥堵的发生由多因素引起的,除了道路自身属性,还与相邻路段的交通状态相关,如图 3 所示。因此在预测交通拥堵时必须考虑相邻路段的交通状态。

[0079] 规律 2 : $t-1$ 时刻相邻路段的交通状态分布规律

[0080] 规律 2 统计目标路段交通状态演变过程中 ($t-1$ 时刻的交通状态到 t 时刻的交通状态) 相邻路段 $t-1$ 时刻的交通状态分布规律。

[0081] $t-1$ 时刻目标路段的交通状态到 t 时刻目标路段的交通状态可以划分为 4 种情况,分别为:

[0082] 表 5 目标路段交通状态

[0083]

$t-1$ 时刻	t 时刻
拥堵	顺畅
拥堵	拥堵
顺畅	拥堵
顺畅	顺畅

[0084] 统计每种情况下 $t-1$ 时刻相邻路段的交通状态,统计结果如表 6 所示

[0085] 表 6 规律 2 存储结构

[0086]

路段起点 ID	路段终点 ID	目标路段交通状态		$t-1$ 时刻相邻路段交通状态						出现次数
		$t-1$ 时刻	t 时刻	路段 1	路段 2	路段 3	路段 4	路段 5	路段 6	
1746	1763	顺畅	顺畅	顺畅	顺畅	拥堵	顺畅	拥堵	顺畅	648
1746	1722	顺畅	拥堵	顺畅	拥堵	拥堵	顺畅	顺畅	顺畅	492

[0087] 考虑到目标路段的交通状态不仅与相邻路段相关,还可能受到相邻路段的上游路段 (或下游路段) 的影响,预测目标路段交通状态时应考虑相邻路段上游路段 (或下游路段) 的影响。如图 4、图 5 所示,点状线表示拥堵的路段,虚线表示拥堵路段可能的影响范围。上游路段的定义是除相邻路段和目标路段外,位于相邻路段上游的路段;下游路段的定义是除相邻路段和目标路段外,位于相邻路段下游的路段。

[0088] 规律 3、规律 4 和规律 5 考虑的是相邻路段的上游路段 (或下游路段) 对目标路段的影响。假设上游路段 (或下游路段) 对相邻路段和目标路段的影响能够在—个时间间隔 (即 Δt) 内得到体现,如 $t-1$ 时刻下游路段出现拥堵, t 时刻相邻路段和目标路段的交通状态随之变成拥堵。上游路段 (或下游路段) 先影响相邻路段,接着影响目标路段,该过程包含两个规律:(1) $t-1$ 时刻上游路段 (或下游路段) 的交通状态分布规律,即规律 4、规律 5,用于判断 t 时刻相邻路段的交通状态;(2) t 时刻相邻路段的交通状态分布规律,即规律 3,用于判断 t 时刻目标路段的交通状态。

[0089] 规律 3 : t 时刻相邻路段的交通状态分布规律

[0090] 规律 3 统计目标路段交通状态演变过程中 ($t-1$ 时刻的交通状态到 t 时刻的交通状态) 相邻路段 t 时刻的交通状态分布规律。

[0091] 与规律 2 一样划分 4 种情况,统计每种情况下 t 时刻相邻路段的交通状态,统计结果如表 7 所示。

[0092] 表 7 规律 3 存储结构

[0093]

路段 起点 ID	路段 终点 ID	目标路段交通状态		t 时刻相邻路段交通状态						出现 次数
		$t-1$ 时刻	t 时刻	路段 1	路段 2	路段 3	路段 4	路段 5	路段 6	
1763	1746	顺畅	顺畅	拥堵	顺畅	顺畅	顺畅	拥堵	顺畅	1563
1763	1746	拥堵	拥堵	顺畅	拥堵	顺畅	顺畅	顺畅	拥堵	1244

[0094] 规律 4 : $t-1$ 时刻上游路段的交通状态分布规律[0095] 规律 4 统计相邻路段交通状态演变过程中 ($t-1$ 时刻的交通状态到 t 时刻的交通状态) 上游路段 t 时刻的交通状态分布规律。[0096] 与规律 2 一样划分 4 种情况,统计每种情况下 $t-1$ 时刻上游路段的交通状态,统计结果如表 8 所示。

[0097] 表 8 规律 4 存储结构

[0098]

路段起点 ID	路段终点 ID	相邻路段交通状态		上游路段交通状态			出现次数
		$t-1$ 时刻	t 时刻	路段 1	路段 2	路段 3	
1746	1763	顺畅	顺畅	顺畅	顺畅	拥堵	1093
1763	1746	顺畅	拥堵	拥堵	拥堵	拥堵	644

[0099] 规律 5 : $t-1$ 时刻下游路段的交通状态分布规律[0100] 规律 5 统计相邻路段交通状态演变过程中 ($t-1$ 时刻的交通状态到 t 时刻的交通状态) 下游路段 t 时刻的交通状态分布规律。[0101] 与规律 2 一样划分 4 种情况,统计每种情况下 $t-1$ 时刻下游路段的交通状态,统计结果如表 9 所示。

[0102] 表 9 规律 5 存储结构

[0103]

路段起点 ID	路段终点 ID	相邻路段交通状态		下游路段交通状态			出现次数
		$t-1$ 时刻	t 时刻	路段 1	路段 2	路段 3	
1763	1746	顺畅	顺畅	顺畅	顺畅	顺畅	4120
1763	1746	顺畅	拥堵	顺畅	顺畅	拥堵	795

[0104] 交通拥堵预测方法

[0105] 交通拥堵预测方法流程图如图 6 所示。该预测方法由三个方法组成,每个方法都得到目标路段的交通状态预测值,采用由多数方法得到的交通状态作为目标路段的交通状态。

[0106] 1) 方法 1

[0107] 步骤 1-1 :使用规律 1,查找 t 时刻出现拥堵的概率 P_i^t 。[0108] 步骤 1-2 :若 P_i^t 大于等于 50%,则判断交通状态 TS_i 为拥堵,否则为顺畅。

[0109]

$$TS_i = \begin{cases} \text{顺畅} & P_i^t < 50\% \\ \text{拥堵} & P_i^t \geq 50\% \end{cases}$$

[0110] 2) 方法 2

[0111] 步骤 2-1: 获取相邻路段 $t-1$ 时刻的交通状态。

[0112] 步骤 2-2: 获取目标路段 $t-1$ 时刻的交通状态。

[0113] 步骤 2-3: 计算目标路段的拥堵概率 P_i^t , 这里使用规律 2 计算拥堵概率, 如表 10 所示, 假设目标路段 $t-1$ 时刻的交通状态为顺畅, 相邻路段 $t-1$ 时刻的交通状态分别为拥堵、顺畅、拥堵、拥堵、顺畅、顺畅。

[0114] 表 10 计算目标路段拥堵概率时用的规律 (规律 2)

[0115]

路段起点 ID	路段终点 ID	目标路段交通状态		$t-1$ 时刻相邻路段交通状态						出现次数
		$t-1$ 时刻	t 时刻	路段 1	路段 2	路段 3	路段 4	路段 5	路段 6	
1746	1763	顺畅	顺畅	拥堵	顺畅	拥堵	拥堵	顺畅	顺畅	564
1746	1763	顺畅	拥堵	拥堵	顺畅	拥堵	拥堵	顺畅	顺畅	983

[0116] 目标路段拥堵概率 P_i^t 为:

[0117]
$$P_i^t = \frac{983}{564+983} = 63.5\%$$

[0118] 拥堵概率大于 50%, 预测 t 时刻的交通状态为拥堵。

[0119] 3) 方法 3

[0120] 步骤 3-1: 获取相邻路段 $t-1$ 时刻的交通状态。

[0121] 步骤 3-2: 使用规律 4 及规律 5 预测相邻路段 t 时刻的交通状态。如表 11 所示, 假设相邻路段 $t-1$ 时刻的交通状态为顺畅, 上游路段 $t-1$ 时刻的交通状态分别为顺畅、拥堵、顺畅。

[0122] 表 11 计算相邻路段拥堵概率时用的规律 (规律 4、5)

[0123]

路段起点 ID	路段终点 ID	相邻路段交通状态		上游路段交通状态			出现次数
		$t-1$ 时刻	t 时刻	路段 1	路段 2	路段 3	
1746	1763	顺畅	顺畅	顺畅	拥堵	顺畅	1318
1746	1763	顺畅	拥堵	顺畅	拥堵	顺畅	290

[0124] 相邻路段拥堵概率 P_i^t 为:

[0125]
$$P_i^t = \frac{290}{1318+290} = 18\%$$

[0126] 拥堵概率小于 50%, 预测 t 时刻的交通状态为顺畅。

[0127] 步骤 3-3: 获取目标路段 $t-1$ 时刻的交通状态。

[0128] 步骤 3-4: 计算目标路段的拥堵概率 P_i^t , 这里使用规律 3 计算拥堵概率, 如表 12 所示, 假设目标路段 $t-1$ 时刻的交通状态为顺畅, 相邻路段 t 时刻的交通状态分别为顺畅、拥堵、拥堵、拥堵、拥堵、拥堵。

[0129] 表 12 计算相邻路段拥堵概率时用的规律 (规律 3)

[0130]

路段 起点 ID	路段 终点 ID	目标路段交通状态		t时刻相邻路段交通状态						出现 次数
		t-1时刻	t时刻	路段 1	路段 2	路段 3	路段 4	路段 5	路段 6	
1746	1763	顺畅	顺畅	顺畅	拥堵	拥堵	拥堵	拥堵	拥堵	403
1746	1763	顺畅	拥堵	顺畅	拥堵	拥堵	拥堵	拥堵	拥堵	314

[0131] 目标路段拥堵概率 P_i^t 为：

$$[0132] \quad P_i^t = \frac{403}{403+314} = 56.2\%$$

[0133] 拥堵概率大于 50%，预测 t 时刻的交通状态为拥堵。

[0134] 交通拥堵强度计算

[0135] 本实施方式的交通拥堵强度的计算流程如下：

$$[0136] \quad C_i = \sum_{t=1}^T x_i^t a_i^t l_i^t s_t \quad (3)$$

$$[0137] \quad x_i^t = \begin{cases} 1, & \bar{v}_i^t < v_T \\ 0, & \bar{v}_i^t \geq v_T \end{cases} \quad (4)$$

[0138] 其中， C_i 为路段 i 的交通拥堵强度。 x_i^t 为拥堵判别函数， \bar{v}_i^t 为路段 i 在第 t 个时间间隔内的平均车速， v_T 为拥堵状态判别阈值， a_i^t 为路段 i 的车道数， l_i^t 为路段 i 在第 t 个时间间隔内的拥堵长度， s_t 为第 t 个时间间隔的时长。

[0139] 绘制交通拥堵强度热力图

[0140] 针对目前主流的交通状态表达方式（拥堵指数、时序图）只能反映局部区域交通状态的时变规律，不能反映整体交通状态变化规律等问题，本文采用热力图表达交通拥堵的分布，并将多幅热力图合成动态图。热力图能够在地图上显示交通拥堵的发生位置及交通拥堵的强度，令交通拥堵直观易懂，动态图便于研究拥堵道路（拥堵区域）对周边道路（周边区域）的影响，掌握路网交通状态的演化规律。绘制热力图前，需要先确定热点位置、热点影响范围、交通拥堵强度衰减规律以及配色方案。

[0141] 热点位置

[0142] 由于交通拥堵发生在路段上，因此热点的位置是沿路段分布，每个路段的起终点各设置一个热点，从路段起点开始，每距离 100 米设置一个热点。

[0143] 热点影响范围

[0144] 如图 7 所示，热点的影响范围为半径 50 米的圆。以路段为单位，该路段的交通拥堵强度平均分配到该路段的所有热点上。若路段的交通拥堵强度小于该路段的热点数（交通拥堵强度为 C_i ），则随机分配到 C_i 个热点上。

[0145] 交通拥堵强度衰减规律

[0146] 对于每个热点而言，以圆心为起点，交通拥堵强度随着离圆心距离的增大而线性衰减。效果如图 8 所示。

[0147] 配色方案

[0148] 交通拥堵强度划分为 5 个等级,1 表示交通拥堵强度最小,5 表示交通拥堵强度最大,等级 1-5 所对应的颜色是:无色透明→蓝色→红色→黄色→白色。

[0149] 在进行地图匹配时,还可采用其他高精度的匹配方法实现,如点到点匹配、基于拓扑分析的地图匹配方法。

[0150] 同样的,速度估算方法实际应用时也还可以选择其他高精度的速度估算算法,如基于神经网络的路段速度估算模型。

[0151] 本发明中交通状态的划分参照北京对严重拥堵路段的定义,实际应用时也可以选择其他交通状态划分规则,如公安部发布的《城市交通管理评价指标体系》(2008 年)。

[0152] 交通拥堵预测实验结果比对

[0153] 1) 交通拥堵预测

[0154] 表 13 中,方法 1 表示仅仅使用方法 1 的正确率,方法 2、方法 3 依此类推,方法表示综合三种方法后的正确率,即先使用三种方法得到三个交通状态的判断结果,以由多数方法得到的交通状态作为目标路段的交通状态。由表 13 可知,交通拥堵判断的正确率基本达到 85%以上,预测精度令人满意。

[0155] 表 13 交通拥堵预测结果分析

[0156]

	方法 1	方法 2	方法 3	方法
正确率	78.6%	87.6%	87.6%	90.2%

[0157] 2) 交通拥堵可视化

[0158] 图 9、图 10 是广州市交通拥堵强度热力图,热力图可以直观显示交通拥堵所在位置及其影响范围,将热力图合成交通拥堵强度动态图,比较不同时刻的交通拥堵热力图,便于掌握城市路网交通拥堵的演化规律。

[0159] 以上所述的本发明的实施方式,并不构成对本发明保护范围的限定。任何在本发明的精神原则之内所作出的修改、等同替换和改进等,均应包含在本发明的权利要求保护范围之内。

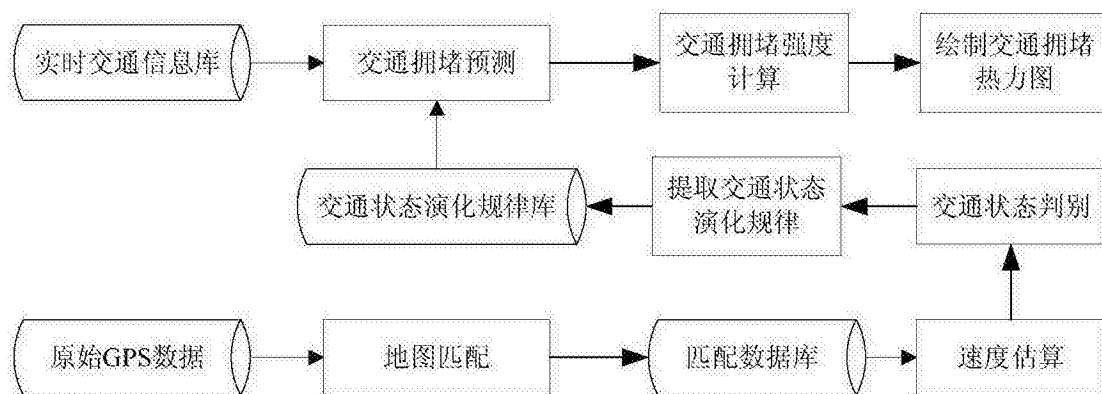


图 1

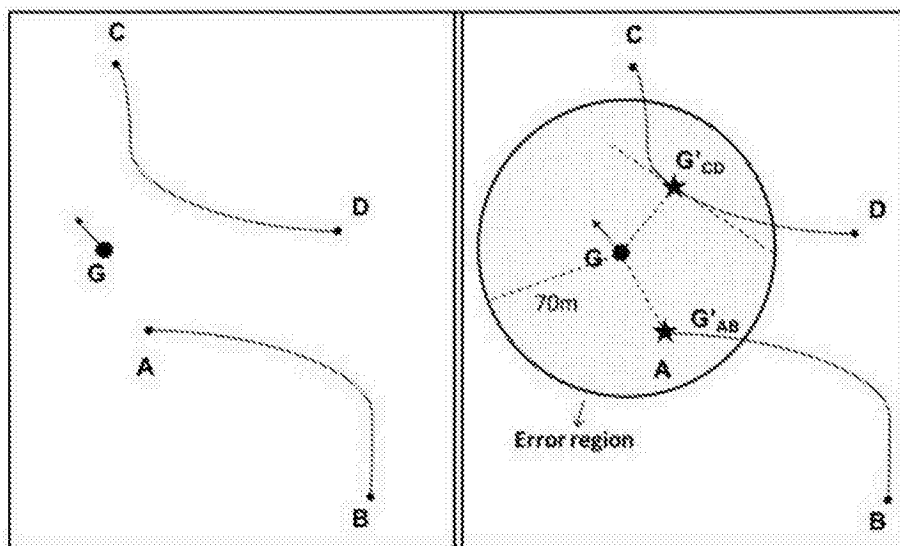


图 2

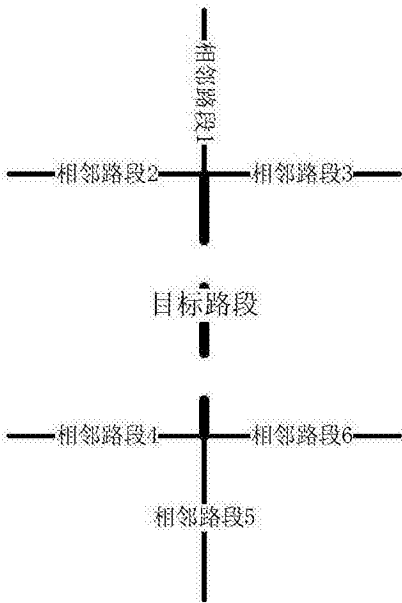


图 3

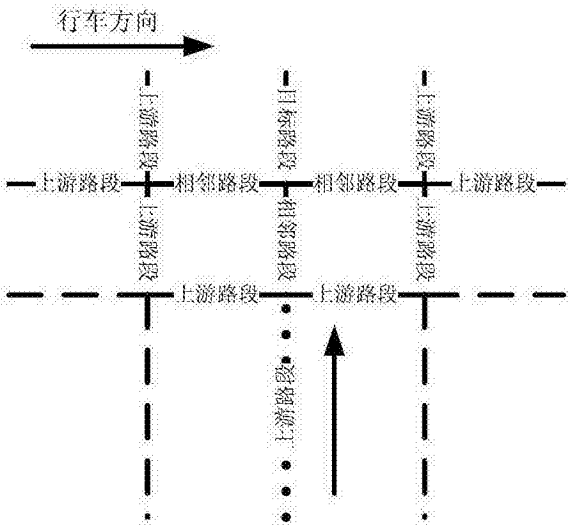


图 4

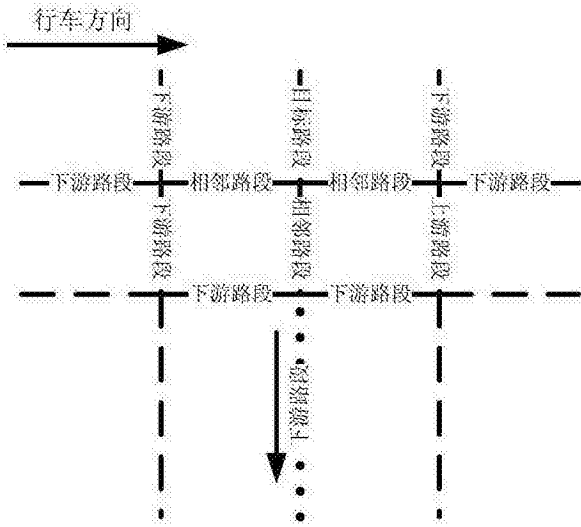


图 5

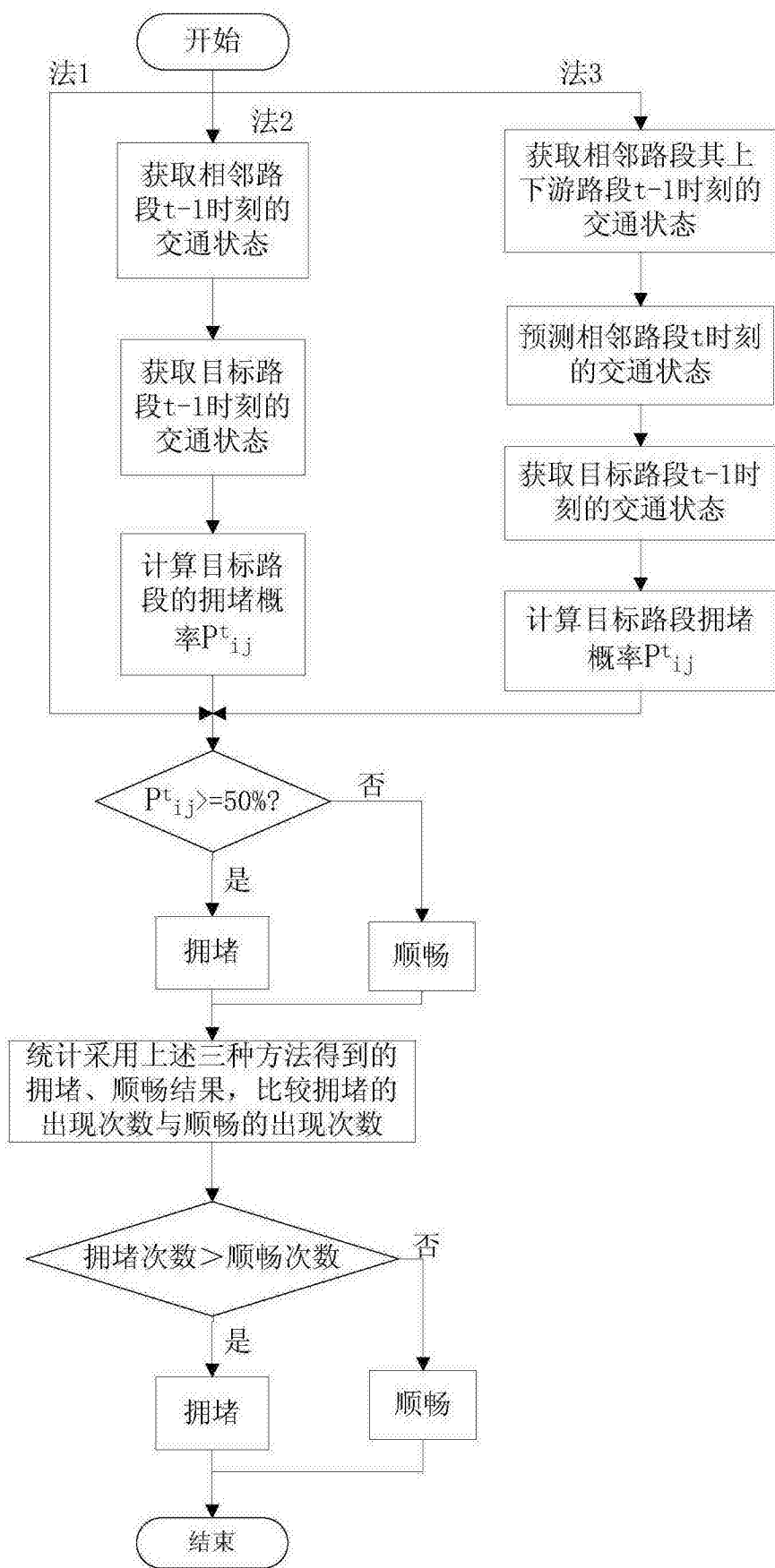


图 6

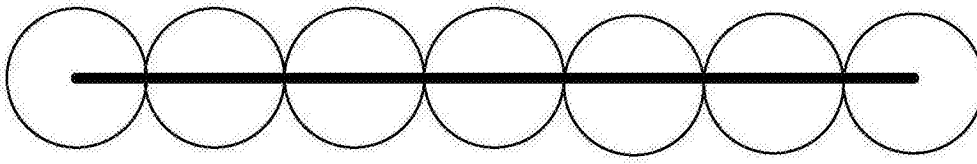


图 7

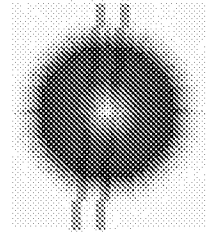


图 8

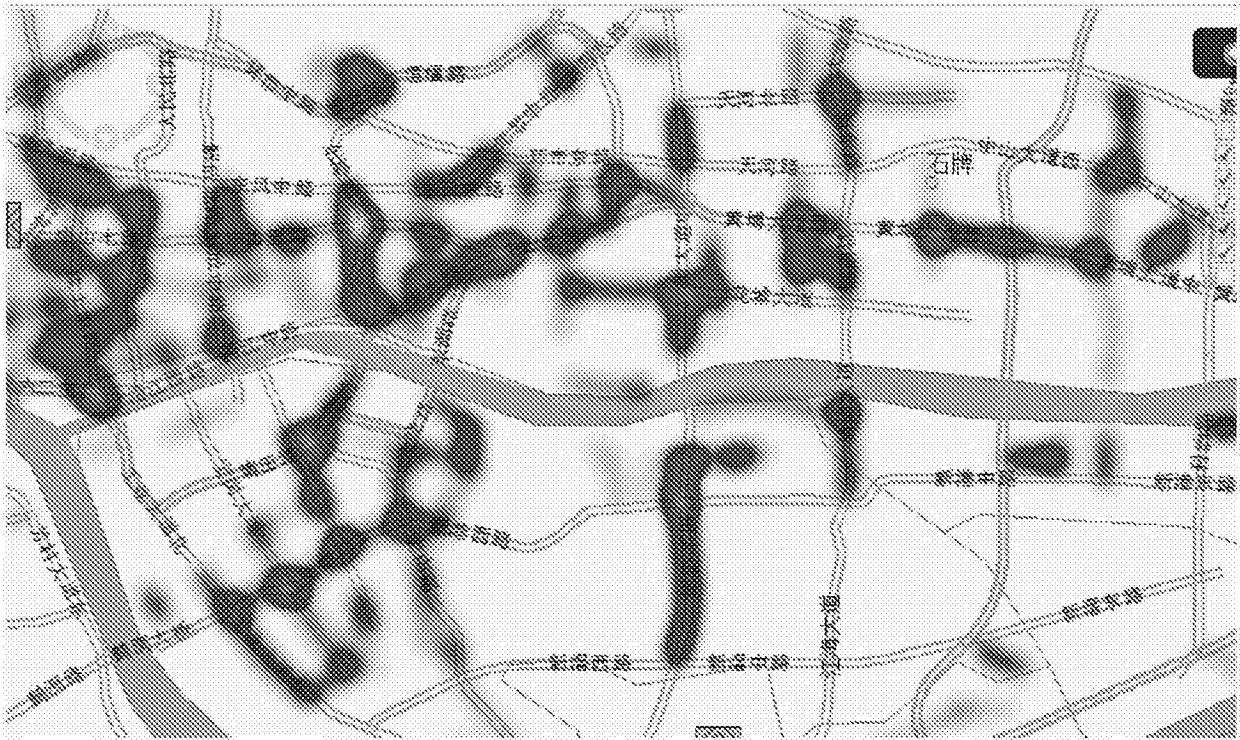


图 9

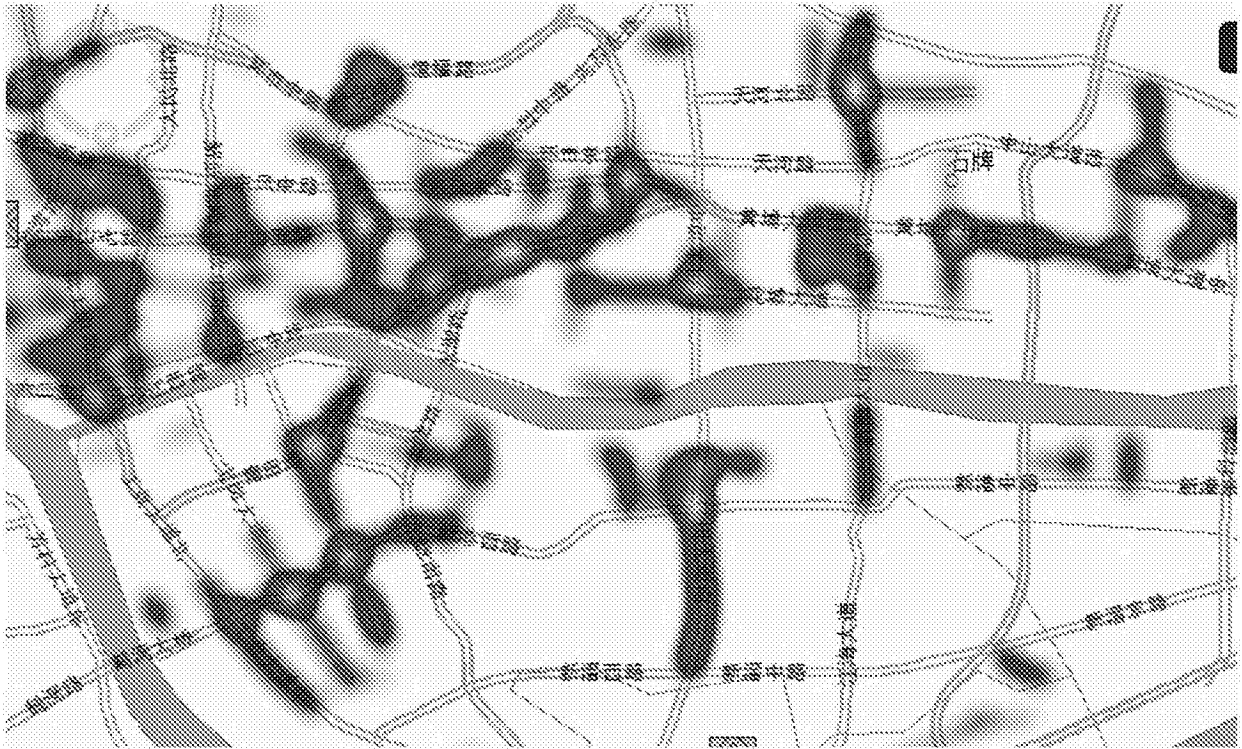


图 10