



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 103366557 B

(45) 授权公告日 2016. 06. 22

(21) 申请号 201310316935. 6

(22) 申请日 2013. 07. 25

(73) 专利权人 北京交通发展研究中心

地址 100055 北京市丰台区六里桥南里甲 9 号

(72) 发明人 张彭 郭继孚 全宇翔 姚青

(74) 专利代理机构 北京鼎佳达知识产权代理事

务所 (普通合伙) 11348

代理人 王伟锋 刘铁生

(51) Int. Cl.

G08G 1/00(2006. 01)

G08G 1/052(2006. 01)

(56) 对比文件

CN 101739815 A, 2010. 06. 16,

CN 101599217 A, 2009. 12. 09,

CN 1707544 A, 2005. 12. 14,

CN 101794507 A, 2010. 08. 04,

CN 101447126 A, 2009. 06. 03,

JP 2006209416 A, 2006. 08. 10,

US 2012/0130625 A1, 2012. 05. 24,

审查员 孟腾

权利要求书2页 说明书6页 附图1页

(54) 发明名称

基于拥堵指数的交通拥堵评价方法

(57) 摘要

本发明公开了一种基于拥堵指数的交通拥堵评价方法,包括如下步骤:a、根据路网车辆检测设备提供的速度数据计算路网中每个路段的自由流速度;b、计算每条路段的旅行时间指数;c、对全部路段的旅行时间指数数据进行聚类分析获得分类数;d、对全部路段的旅行时间指数数据进行聚类分析,获得每个类的最大旅行时间指数值、最小旅行时间指数值和类中心旅行时间指数值;e、对每个类求其样本梯度模的均值,按与梯度模成正比的规则分配各类对应的拥堵指数范围;f、定义隶属度函数将每个类中旅行时间指数数值分别映射到该类对应的拥堵指数区间。本发明方法能自适应于雨、雪、雾道路通行能力变化对拥堵进行判决,科学的给出拥堵等级划分。

1. 基于拥堵指数的交通拥堵评价方法, 其特征在于, 包括如下步骤:

1) 获取24小时内每个路段的自由流速度, 所述自由流速度为交通量较小道路完全畅通情况下车辆的行驶速度;

2) 计算每个路段的旅行时间指数TTI, 所述旅行时间指数为车辆以当前速度行驶与自由流速度行驶同样的距离需要的时间的比值;

3) 根据旅行时间指数值的大小将路网全部路段某一时刻的数据进行聚类分析, 对全网旅行时间指数数据依照类间差异尽可能大、类内差异尽可能少的原则确定最佳分类数;

4) 在确定最佳分类数的基础上对路网所有路段的旅行时间指数进行聚类, 并获得每个类的最大TTI值、最小TTI值和类中心TTI值;

5) 对于每个类求其包含样本梯度模的均值, 各类在拥堵指数上的映射范围与其梯度模成正比, 将拥堵指数范围0-10分配给各个类;

6) 在步骤5给每个旅行时间指数的类分配了拥堵指数区间的基础上, 在每个类内设计隶属度函数, 按照一定的规则每个类中旅行时间指数的数值转化为拥堵指数, 并以拥堵指数从小到大对应拥堵轻重情况;

其中, 步骤3中, 确定最佳分类数的步骤如下:

设第*i*个路段的旅行时间指数为样本 a_i , 那么

$$d(i) = \text{mean}_{a_j \in K(i)} (d_{i,j})$$

其中 $d(i)$ 为样本 a_i 与其所属类内其他样本的平均距离, $i \neq j$ 且 $a_j \in K(i)$, $K(i)$ 为样本 a_i 归属的类, $d_{i,j}$ 为样本 a_i 与 a_j 间距离;

$$b(i) = \min_{K' \neq K(i)} (\text{mean}_{a_j \in K'} (d_{i,j}))$$

其中 $b(i)$ 为样本 a_i 到其它类内样本平均距离的最小值, K' 为与类 $K(i)$ 不同的类, $d_{i,j}$ 为类 $K(i)$ 中的样本 a_i 到类 K' 中样本 a_j 的距离;

$$Sil(i) = \frac{b(i) - d(i)}{\max\{d(i), b(i)\}}$$

$Sil(i)$ 为样本 a_i 的类内紧密性和类间分离性测度量, $Sil(i) \in [1, -1]$, 取值越大聚类质量越好;

对于分类数为*m*情况下的聚类结果计算所有样本的平均Silhouette测度值 P_m

$$P_m = \sum_{i=1}^N Sil(i) / N$$

其中*N*为样本量, 则最佳分类数*m*为使 P_m 获得最大值时的分类数;

$$P_M = \max_{m=1, 2, \dots, K_{\max}} (P_m),$$

P_m 通过遍历分类数*m*的所有可能取值 $m=1, 2, \dots, K_{\max}$ 获得。

2. 根据权利要求1所述的基于拥堵指数的交通拥堵评价方法, 其特征在于, 所述步骤1) 中, 将24小时分成*y*个相等的时间间隔, 对每个路段计算各个时间间隔内的车辆的平均速

度,再分别对每个路段在24小时内的y个样本中求速度最大的前15%样本的均值作为该路段的自由流速度。

3.根据权利要求1所述的基于拥堵指数的交通拥堵评价方法,其特征在于,所述步骤2)中,以浮动车的方式获得相关的速度,进而得到相应路段的旅行时间指数,采用公式如下:

$$\begin{aligned} \text{TTI} &= \frac{\sum_{i=1}^n t_i}{\sum_{i=1}^n T_i} \\ &= \frac{\sum_{i=1}^n t_i}{\sum_{i=1}^n \left(\frac{l_i}{v_f} \right)} \end{aligned}$$

其中TTI为路段旅行时间指数,n为路段内浮动车数, t_i 为路段内第i辆浮动车的实际旅行时间, T_i 为第i辆浮动车以自由流速度行驶所需时间, l_i 为第i辆浮动车在路段内的行驶距离, v_f 为路段自由流速度。

4.根据权利要求1所述的基于拥堵指数的交通拥堵评价方法,其特征在于,所述步骤4)中对路网所有路段的旅行时间指数进行聚类包括如下迭代处理步骤:

- (1)从n个样本任意选择M个作为初始聚类中心;
- (2)计算每个样本与各个类中心点的距离,并根据最小距离的原则将样本划分进某一类;
- (3)计算每个类的中心,类的中心点为其到所属类中其他所有点的距离之和最小的点;
- (4)判断当前聚类的各中心和上一次聚类的各中心是否一致,如不一致返回步骤2,如一致结束迭代聚类完成。

5.根据权利要求1所述的基于拥堵指数的交通拥堵评价方法,其特征在于,所述步骤6)中的隶属度函数为对类中心变化较为敏感的S函数

$$f(x) = \begin{cases} D_i + 4 \left(\frac{x - P_i}{P_{i+1} - P_i} \right)^2, & P_i < x \leq \frac{P_{i+1} + P_i}{2} \\ D_i + 2 \left(1 - 2 \left(\frac{x - P_{i+1}}{P_{i+1} - P_i} \right)^2 \right), & \frac{P_{i+1} + P_i}{2} < x \leq P_{i+1} \end{cases}$$

其中 $i=1,2,\dots,M$, P_i 为聚类后按类中心TTI数值排序由小至大第i类的TTI下界值, P_{M+1} 为第M类的上界值, D_i 为步骤5中第i类分配拥堵指数区间的下界。

基于拥堵指数的交通拥堵评价方法

技术领域

[0001] 本发明涉及交通拥堵评价技术领域,具体的说是一种能够在科学的对交通拥堵进行等级分类的基于拥堵指数的交通拥堵评价方法。

背景技术

[0002] 交通拥堵是经济发展不平衡导致的口分布不均、城市交通供给有限及城市布局与经济发展不匹配等各种社会矛盾的集中体现,是一个世界性难题。为了全面深入理解交通拥堵的本质,为交通管理、规划、政策出台等方方面面工作提供支持并合理引导公众出行,切实缓解日益严峻的拥堵现状,需要一套能切实反映道路拥堵状况的评价指标体系,其中就包括交通拥堵指数。现有的拥堵评价指标,首先人为设定拥堵阈值,以其作为判断路段是否拥堵的标准,对每个路段判断是否拥堵,然后用判断为拥堵的路段的总里程除以路网总里程计算路网的拥堵里程比例,并将拥堵里程比例折算为指数。进而将拥堵里程比例划分为畅通、基本畅通、轻度拥堵、中度拥堵、严重拥堵五个等级,。该方法的缺点在于:1、人为设定拥堵阈值对拥堵判定的主观性太强;2、人为设定拥堵等级,对拥堵等级划分的主观性太强,缺乏科学含义;3、无法区分由于雨、雪、雾等道路通行能力变化造成的行驶速度降低和由于车辆多拥堵造成的行驶速度降低之间的差别。

[0003] 有鉴于上述现有的交通拥堵评价方法存在的缺陷,本发明人积极加以研究创新,以期创设一种新颖的能科学给出拥堵严重程度分级的基于拥堵指数的交通拥堵评价方法,以解决现有技术存在的不足。

发明内容

[0004] 为了解决现有技术中存在的上述问题,本发明提供了一种能够自适应于雨、雪、雾等道路通行能力变化对拥堵进行判决,同时比较科学的给出拥堵等级划分的基于拥堵指数的交通拥堵评价方法。

[0005] 为了解决上述技术问题,本发明采用了如下技术方案:

[0006] 基于拥堵指数的交通拥堵评价方法,包括如下步骤:

[0007] 1)获取24小时内每个路段的自由流速度,所述自由流速度为交通量较小道路完全畅通情况下车辆的行驶速度;

[0008] 2)计算每个路段的旅行时间指数(TTI),所述旅行时间指数为车辆以当前速度行驶与自由流速度行驶同样的距离需要的时间的比值;

[0009] 3)根据旅行时间指数值的大小将路网全部路段某一时刻的数据进行聚类分析,对全路网的旅行时间指数数据依照类间差异尽可能大、类内差异尽可能少的原则确定最佳分类数;

[0010] 4)在确定最佳分类数的基础上对路网所有路段的旅行时间指数进行聚类,并获得每个类的最大TTI值、最小TTI值和类中心TTI值;

[0011] 5)对于对每个类求其包含样本梯度模的均值,各类在拥堵指数上的映射范围与其

梯度模成正比,将拥堵指数范围0-10分配给各个类;

[0012] 6)在步骤5给每个旅行时间指数的类分配了拥堵指数区间的基础上,在每个类内设计隶属度函数,按照一定的规则每个类中旅行时间指数的数值转化为拥堵指数,并以拥堵指数从小到大对应拥堵轻重情况。

[0013] 作为优选,所述步骤1)中,将24小时分成y个相等的时间间隔,对每个路段计算各个时间间隔内的车辆的平均速度,再分别对每个路段在24小时内的y个样本中求速度最大的前15%样本的均值作为该路段的自由流速度。

[0014] 作为优选,所述步骤2)中,以浮动车的方式获得相关的速度,进而得到相应路段的旅行时间指数,采用公式如下:

$$[0015] \quad TTI = \frac{\sum_{i=1}^n t_i}{\sum_{i=1}^n T_i} \\ = \frac{\sum_{i=1}^n t_i}{\sum_{i=1}^n \left(\frac{l_i}{v_f} \right)}$$

[0016] 其中TTI为路段旅行时间指数,n为路段内浮动车数, t_i 为路段内第i辆浮动车的实际旅行时间, T_i 为第i辆浮动车以自由流速度行驶所需时间, l_i 为第i辆浮动车在路段内的行驶距离, v_f 为路段自由流速度。

[0017] 作为优选,所述步骤3)中,确定最佳分类数的步骤如下:

[0018] 设第i个路段的旅行时间指数为样本 a_i ,那么

$$[0019] \quad d(i) = \text{mean}_{a_j \in K(i)} (d_{i,j})$$

[0020] 其中 $d(i)$ 为样本 a_i 与其所属类内其他样本的平均距离, $i \neq j$ 且 $a_j \in K(i)$, $K(i)$ 为样本 a_i 归属的类, $d_{i,j}$ 为样本 a_i 与 a_j 间距离;

$$[0021] \quad b(i) = \min_{K' \neq K(i)} (\text{mean}_{a_j \in K'} (d_{i,j}))$$

[0022] 其中 $b(i)$ 为样本 a_i 到其它类内样本平均距离的最小值, K' 为与类 $K(i)$ 不同的类, $d_{i,j}$ 为类 $K(i)$ 中的样本 a_i 到类 K' 中样本 a_j 的距离;

$$[0023] \quad Sil(i) = \frac{b(i) - d(i)}{\max\{d(i), b(i)\}}$$

[0024] $Sil(i)$ 为样本 a_i 的类内紧密性和类间分离性测度量, $Sil(i) \in [1, -1]$,取值越大聚类质量越好;

[0025] 对于分类数为m情况下的聚类结果计算所有样本的平均Silhouette测度值 P_m

$$[0026] \quad P_m = \sum_{i=1}^N Sil(i) / N$$

[0027] 其中N为样本量,则最佳分类数m为使 P_m 获得最大值时的分类数;

$$[0028] \quad P_M = \max_{m=1,2,\dots,K_{\max}} (P_m),$$

[0029] P_m 通过遍历分类数m的所有可能取值 $m=1,2,\dots,K_{\max}$ 获得。

[0030] 作为优选,所述步骤4)中对路网所有路段的旅行时间指数进行聚类包括如下迭代

处理步骤：

[0031] (1)从n个样本任意选择M个作为初始聚类中心；

[0032] (2)计算每个样本与各个类中心点的距离,并根据最小距离的原则将样本划分进某一类；

[0033] (3)计算每个类的中心,类的中心点为其到所属类中其他所有点的距离之和最小的点；

[0034] (4)判断当前聚类的各中心和上一次聚类的各中心是否一致,如不一致返回步骤2,如一致结束迭代聚类完成。

[0035] 作为优选,所述步骤6)中的隶属度函数为对类中心变化较为敏感的S函数

$$[0036] \quad f(x) = \begin{cases} D_i + 4 \left(\frac{x - P_i}{P_{i+1} - P_i} \right)^2, & P_i < x \leq \frac{P_{i+1} + P_i}{2} \\ D_i + 2 \left(1 - 2 \left(\frac{x - P_{i+1}}{P_{i+1} - P_i} \right)^2 \right), & \frac{P_{i+1} + P_i}{2} < x \leq P_{i+1} \end{cases}$$

[0037] 其中 $i=1,2,\dots,M$, P_i 为聚类后按类中心旅行时间指数数值排序由小至大第 i 类的旅行时间指数下界值, P_{M+1} 为第 M 类的上界值, D_i 为步骤5中第 i 类分配拥堵指数区间的下界。

[0038] 与现有技术相比,本发明的有益效果在于：

[0039] 1、本发明利用交通数据本身的统计特性给出了划分拥堵等级的科学方法,避免了人为设置拥堵等级的主观性和盲目性,完善了拥堵分级理论；

[0040] 2、同时自由流速度随着每天的天气变化而变化,本方法根据每天的自由流速度计算旅行时间指数,进而得出的拥堵指数也能够自适应于雨、雪、雾等自然天气等道路通行能力变化对交通的影响,避免了现有固定速度阈值判决拥堵方法不能适应道路通行能力变化的缺陷。

附图说明

[0041] 图1为本发明提出的交通拥堵评价方法和现有方法对2012年7月12日北京市全天交通运行状况的对比。

[0042] 图2为本发明提出的交通拥堵评价方法和现有方法对2012年12月28日北京市全天交通运行状况的对比。

具体实施方式

[0043] 下面结合附图和具体实施例对本发明作进一步详细描述,但不作为对本发明的限定。

[0044] 基于拥堵指数的交通拥堵评价方法,包括如下步骤：

[0045] 1、获取24小时内每个路段的自由流速度

[0046] 自由流速度为交通量较小道路完全畅通情况下车辆的行驶速度,可以忽略车辆密度对其影响,但其受雨、雪、雾等自然条件及限行标志等道路通行能力的影响,

[0047] 自由流速度为交通量较小道路完全畅通情况下车辆的行驶速度,可以忽略车辆密度对其影响,但其受雨、雪、雾等自然条件及限行标志等道路通行能力的影响,每个路段具有不同的自由流速度。比如以十五分钟为间隔,全天总共96个时间段,先对每个路段计算各个时间段其中车辆的平均速度,再分别对每个路段在全天的96个样本中求速度最大的前15%样本的均值作为该路段的自由流速度。

[0048] 2、计算每个路段的旅行时间指数

[0049] 旅行时间指数(Travel Time Index缩写为TTI)定义为同样的距离车辆以当前速度行驶需要的时间与自由流速度行驶需要时间的比值。

$$\begin{aligned} \text{TTI} &= \sum_{i=1}^n t_i / \sum_{i=1}^n T_i \\ [0050] \quad &= \sum_{i=1}^n t_i / \sum_{i=1}^n \left(\frac{l_i}{v_f} \right) \end{aligned}$$

[0051] 其中TTI为路段旅行时间指数,n为路段内浮动车数, t_i 为路段内第i辆浮动车的实际旅行时间, T_i 为第i辆浮动车以自由流速度行驶所需时间, l_i 为第i辆浮动车在路段内的行驶距离, v_f 为路段自由流速度。也即同一个link内所有浮动车行驶时间之和与在自由流速度下行驶同样距离所需时间的比值(其行驶距离之和除以自由流速度)。本实施例是以浮动车的方式获得相关的速度,进而得到相应路段的旅行时间指数。当然也可以其他方法获得某一路段上的相应的车速,并进而得到相应路段的旅行时间指数。

[0052] 3、计算最佳旅行时间指数分类数

[0053] 旅行时间指数值越大行驶速度越低,根据TTI值的大小将路网全部路段某一时刻的TTI数据进行聚类分析,首先对全路网的TTI数据依照类间差异尽可能大、类内差异尽可能少的原则确定最佳分类数,算法如下:

[0054] 设第i个路段的TTI为样本 a_i

$$[0055] \quad d(i) = \text{mean}_{a_j \in K(i)} (d_{i,j})$$

[0056] 其中 $d(i)$ 为样本 a_i 与其所属类内其他样本的平均距离, $i \neq j$ 且 $a_j \in K(i)$, $K(i)$ 为样本 a_i 归属的类, $d_{i,j}$ 为样本 a_i 与 a_j 间距离。

$$[0057] \quad b(i) = \min_{K' \neq K(i)} (\text{mean}_{a_j \in K'} (d_{i,j}))$$

[0058] 其中 $b(i)$ 为样本 a_i 到其它类内样本平均距离的最小值, K' 为与类 $K(i)$ 不同的类, $d_{i,j}$ 为类 $K(i)$ 中的样本 a_i 到类 K' 中样本 a_j 的距离。

$$[0059] \quad \text{Sil}(i) = \frac{b(i) - d(i)}{\max\{d(i), b(i)\}}$$

[0060] $\text{Sil}(i)$ 为样本 a_i 的类内紧密性和类间分离性测度量, $\text{Sil}(i) \in [1, -1]$,取值越大聚类质量越好。

[0061] 对于分类数为m情况下的聚类结果计算所有样本的平均Silhouette测度值 P_m

$$[0062] \quad P_m = \sum_{i=1}^N \text{Sil}(i) / N$$

[0063] 其中N为样本量。则最佳分类数M为使 P_m 获得最大值时的分类数。

$$[0064] \quad P_M = \max_{m=1,2,\dots,K_{\max}} (P_m),$$

[0065] P_m 通过遍历分类数m的所有可能取值 $m=1,2,\dots,K_{\max}$ 获得。

[0066] 4、对路网旅行时间指数进行分类

[0067] 在确定最佳分类数m的基础上对路网所有路段的旅行时间指数进行聚类,获得每个类的最大旅行时间指数值、最小旅行时间指数值和类中心旅行时间指数值。

[0068] 对路网所有路段的旅行时间指数进行聚类的迭代处理步骤如下:

[0069] (1)从n个样本任意选择m(与上步中获得的最佳分类数相同)个作为初始聚类中心;

[0070] (2)计算每个样本与各个类中心点的距离,并根据最小距离的原则将样本划分进某一类;

[0071] (3)计算每个类的中心,类的中心点为其到所属类中其他所有点的距离之和最小的点;

[0072] (4)判断当前聚类的各中心和上一次聚类的各中心是否一致,如不一致返回步骤2,如一致结束迭代聚类完成。

[0073] 5、根据各个类样本梯度模分配拥堵指数区间

[0074] 对于对每个类求其包含样本梯度模的均值,各类在指数上的映射范围与其梯度模成正比,将拥堵指数范围0-10分配给各个类。

$$[0075] \quad \text{Mean}_{a_i \in K(i)} (\text{mod}(\text{Grad}(a_i))) \propto S_i$$

[0076] 其中 $K(i)$ 为样本 a_i 归属的类, $\text{Grad}(a_i)$ 为样本 a_i 处的梯度值, mod 为取模, \propto 表示正比于, S_i 为类 $K(i)$ 对应的拥堵指数范围。

[0077] 对于包含夜间等TTI变化较小区间的类赋予较小的拥堵指数区间,对于包含早晚高峰等TTI值变化较大的区间赋予较大的拥堵指数区间,这样得出的拥堵指数对早晚高峰等交通变化较大的时间段比较敏感。

[0078] 6、设计隶属度函数在每个类内将旅行时间指数转化为拥堵指数

[0079] 步骤5给每个TTI的类分配了拥堵指数区间,需要在每个类内设计隶属度函数,按照一定的规则每个类中TTI数值可以转化为拥堵指数。

[0080] 比如设计对类中心变化较为敏感的S函数

$$[0081] \quad f(x) = \begin{cases} D_i + 4 \left(\frac{x - P_i}{P_{i+1} - P_i} \right)^2, & P_i < x \leq \frac{P_{i+1} + P_i}{2} \\ D_i + 2 \left(1 - 2 \left(\frac{x - P_{i+1}}{P_{i+1} - P_i} \right)^2 \right), & \frac{P_{i+1} + P_i}{2} < x \leq P_{i+1} \end{cases}$$

[0082] 其中 $i=1,2,\dots,M$, P_i 为聚类后按类中心TTI数值排序由小至大第i类的TTI下界值, P_{M+1} 为第M类的上界值, D_i 为步骤5中第i类分配拥堵指数区间的下界。

[0083] 将本发明方法用于北京市来进行验证。其中

[0084] 采用北京市全路网2013年4月十五分钟间隔的旅行时间指数数据作为聚类样本,

聚类结果为旅行时间指数分为四类的Silhouette测度值0.7613为所有分类可能中最大,四类为最优分类数。

[0085] 按照四类聚类后的参数如下下表1。

[0086] 表1

[0087]

	一类	二类	三类	四类
TTI类中心	1.0488	1.3577	1.6039	1.88
类样本量	946	763	760	378
TTI上界	1.2025	1.4802	1.7392	2.3975
TTI下界	0.91423	1.2056	1.4813	1.7432
梯度模均值	0.021974	0.034364	0.040973	0.055681
拥堵指数区间	0-1.3	1.3-3.3	3.3-6.0	6.0-10

[0088] 现有的基于拥堵里程比例的方法人为的将拥堵指数分为五类拥堵指数区间,0-2为畅通,2-4为基本畅通,4-6为轻度拥堵,6-8为中度拥堵,8-10为严重拥堵。按照本发明的结果拥堵指数分为四类拥堵指数区间,其中0-1.3为畅通,1.3-3.3为基本畅通,3.3-6.0为轻度拥堵,6.0-10为严重拥堵,本发明根据交通数据自身的统计特性比较科学的对拥堵严重程度进行了分类。

[0089] 按照本发明得出的日拥堵指数的变化与现有的基于拥堵里程比例的方法做了对比,对比结果见图1和图2,图1为本发明提出的交通拥堵评价方法和现有方法对2012年7月12日北京市全天交通运行状况的对比。图2为本发明提出的交通拥堵和现有方法对2012年12月28日北京市全天交通运行状况的对比。

[0090] 从图中可以看出1、本方法在夜间较为平滑更真实的反应出夜间自由流情况下的交通状态;2、本方法在降雪情况下早晚高峰的拥堵时间更长,比较符合实际情况;3、本发明观测出了平日晚八点三十分左右出现的二次小高峰,比现有方法更为符合实际。

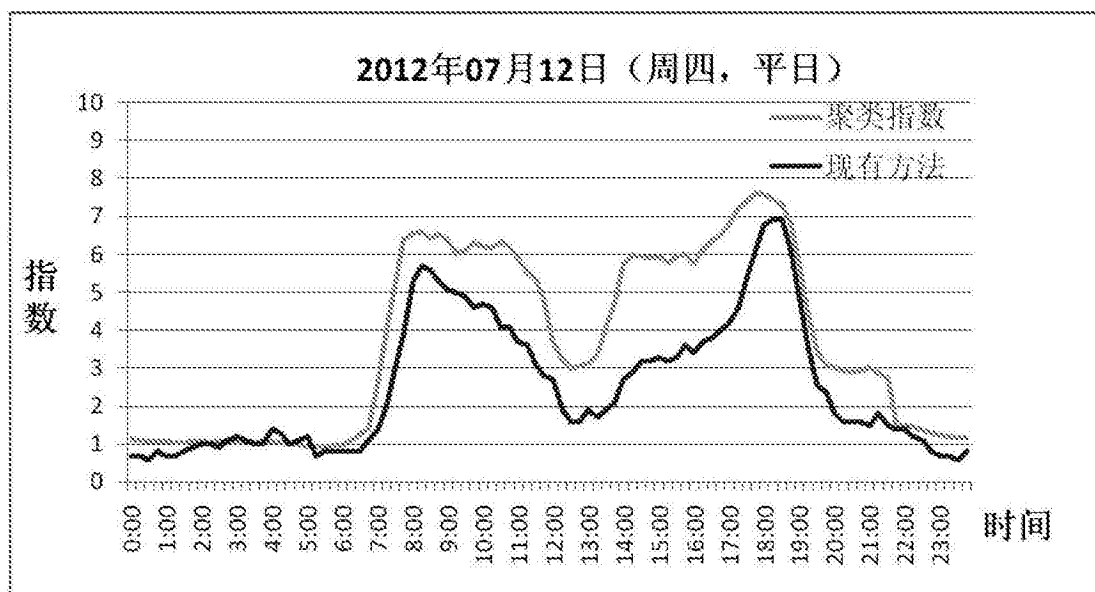


图1

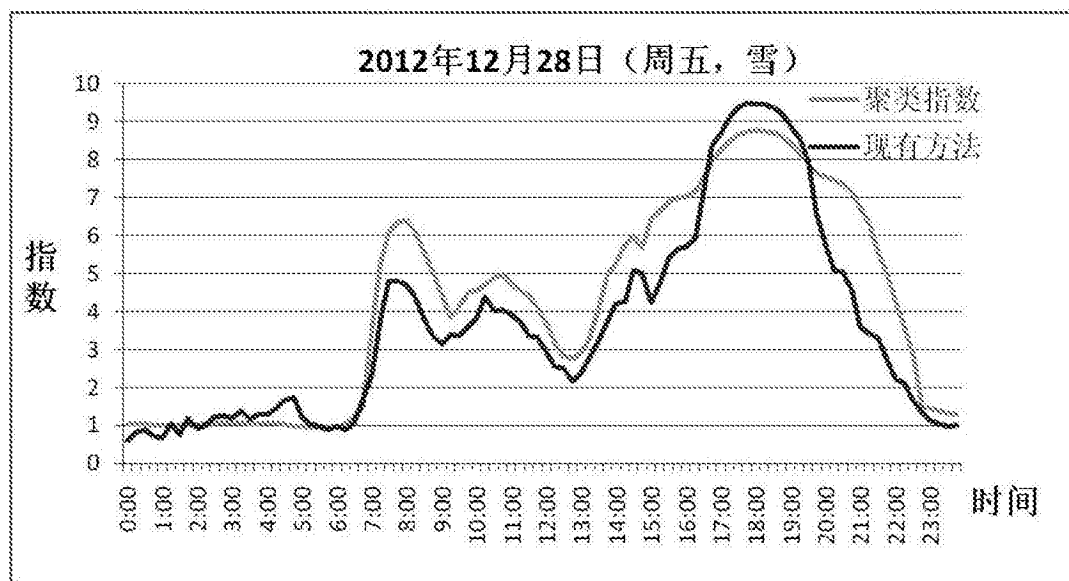


图2