



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 113053114 B

(45) 授权公告日 2022.01.11

(21) 申请号 202110269616.9

G07B 15/06 (2011.01)

(22) 申请日 2021.03.12

G06F 17/18 (2006.01)

(65) 同一申请的已公布的文献号

申请公布号 CN 113053114 A

(56) 对比文件

CN 110969852 A, 2020.04.07

CN 109448363 A, 2019.03.08

(43) 申请公布日 2021.06.29

CN 102110368 A, 2011.06.29

(73) 专利权人 广西计算中心有限责任公司

CN 212256384 U, 2020.12.29

地址 530022 广西壮族自治区南宁市青秀区民族大道152号广西铁投大厦26楼

CN 111523352 A, 2020.08.11

US 2014358841 A1, 2014.12.04

(72) 发明人 荣美 肖杨 徐稳 王平恒

卢颖莉 覃琳 覃蒋圣 朱彦蓉 陆波亮

US 2013201038 A1, 2013.08.08

杨庆芳等. 基于时空贝叶斯模型的行程时间可靠性预测.《华南理工大学学报(自然科学版)》.2016, (第04期),

(74) 专利代理机构 南宁东智知识产权代理事务所(特殊普通合伙) 45117

代理人 黎华艳 裴康明

余绪金等. 一种基于有向图的高速公路多义性路径贝叶斯识别方法.《公路交通科技》.2018, (第11期),

(51) Int. Cl.

G08G 1/01 (2006.01)

G08G 1/052 (2006.01)

审查员 刘嘉慧

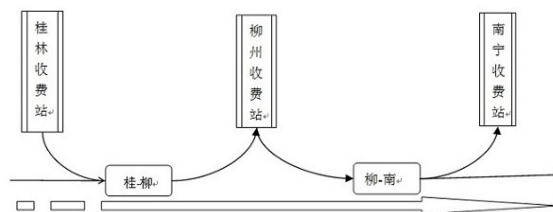
权利要求书3页 说明书9页 附图1页

(54) 发明名称

高速公路违规车辆出口站及出口时间的动态预测稽查方法

(57) 摘要

本发明涉及高速公路违法逃费车辆稽查追逃技术领域,具体涉及一种高速公路违规车辆出口站及出口时间的动态预测稽查方法,本发明实时的获取ETC门架监测系统和高速公路收费系统的数据,基于通过高速公路ETC收费门架的车辆历史的通行数据及本次通行路径,来预测车辆的可能的出口收费站及出口时间,根据预测的出口收费站与当前经过的门架,基于拓扑图可获取门架与预测的出口收费站的最短路径和门架间的通行时间来预测车辆到达目的收费站的时间。每经过一个门架,都会对车辆的出口收费站、出口时间进行调整,因为新获取的信息能提高预测的准确度。



1. 高速公路违规车辆出口站及出口时间的动态预测稽查方法,其特征在于:包括以下步骤:

S1:从高速公路收费系统中获取违规车辆的信息,所述车辆的信息包括车牌号信息和入口收费站信息;

S2:ETC门架监测系统实时采集违规车辆经过的门架数据,并上传至服务器;

S3:服务器采集违法车辆的历史通行记录数据,并根据违法车辆的历史通行记录数据和经过的门架信息采用朴素贝叶斯算法实时预测违法车辆的出口和到达预测出口收费站的时间;

预测违法车辆的出口包括以下步骤:

S31:服务器根据车辆的历史通行记录数据计算违法车辆从出口收费站 S_j 下高速的概率 $P(S_j)$,具体如下:

$$P(S_j) = \frac{\sum S_j}{N}; \quad (1)$$

其中, $\sum S_j$ 表示该车辆的历史通行记录数据中从收费站 S_j 下高速的次数, N 表示该车辆历史通行记录数据中总的通行次数;

S32:服务器根据车辆历史通行记录数据计算车辆在给定出口收费站 S_j 的情况下,从入口收费站 E_i 上高速的条件概率 $P(E_i | S_j)$:

$$P(E_i | S_j) = \frac{P(E_i S_j)}{P(S_j)} = \frac{\text{Count}(E = E_i, S = S_j)}{\text{Count}(S = S_j)}; \quad (2)$$

其中, $\text{Count}(E = E_i, S = S_j)$ 表示在该车的历史通行记录数据中入口收费站是 E_i ,而出口收费站是 S_j 的数量; $\text{Count}(S = S_j)$ 表示在该车的历史通行记录数据中出口收费站是 S_j 的数量;

S33:服务器根据车辆历史通行记录数据计算车辆在给定出口收费站 S_j 的情况下,经过门架 G_k 的条件概率 $P(G_k | S_j)$:

$$P(G_k | S_j) = \frac{P(G_k S_j)}{P(S_j)} = \frac{\text{Count}(G = G_k, S = S_j)}{\text{Count}(S = S_j)}; \quad (3)$$

其中, $\text{Count}(G = G_k, S = S_j)$ 表示在该车的历史通行记录数据中经过门架 G_k 且出口收费站是 S_j 的数量;

S34:根据车辆当前的通行轨迹计算车辆从出口收费站 S_j 下高速的条件概率:

$$P(S_j | E_i, G_1, G_2, G_3 \dots G_n) = \frac{P(E_i, G_1, G_2, G_3 \dots G_n | S_j)}{P(E_i, G_1, G_2, G_3 \dots G_n)} P(S_j); \quad (4)$$

其中, $G_1, G_2, G_3 \dots G_n$ 表示该车辆依次经过的高速公路收费门架;

假设入口和门架间相互独立,则公式(4)可转换成:

$$P(S_j | E_i, G_1, G_2, G_3 \dots G_n) = \frac{P(E_i | S_j) \prod_{k=1}^n P(G_k | S_j)}{P(E_i, G_1, G_2, G_3 \dots G_n)} P(S_j); \quad (5)$$

S35:使得上述公式(5)所述的条件概率最大的出口收费站作为预测的出口收费站,即:

$$\begin{aligned} \hat{S} &= \arg \max_{S_j \in S} P(S_j | E_i, G_1, G_2, G_3 \dots G_n) \\ &= \arg \max_{S_j \in S} \left(\frac{P(E_i | S_j) \times \prod_{k=1}^n P(G_k | S_j)}{P(E_i, G_1, G_2, G_3 \dots G_n)} P(S_j) \right); \quad (6) \end{aligned}$$

由于分母 $P(E_i, G_1, G_2, G_3 \dots G_n)$ 与出口收费站无关,是常数,故公式(6)可转换为:

$$\begin{aligned} \hat{S} &= \arg \max_{S_j \in S} P(S_j | E_i, G_1, G_2, G_3 \dots G_n) \\ &= \arg \max_{S_j \in S} \frac{P(E_i | S_j) \times \prod_{k=1}^n P(G_k | S_j)}{P(E_i, G_1, G_2, G_3 \dots G_n)} P(S_j) \\ &= \arg \max_{S_j \in S} P(E_i | S_j) \times \prod_{k=1}^n P(G_k | S_j) \times P(S_j); \quad (7) \end{aligned}$$

预测到达预测出口收费站的时间包括以下步骤:

S36:从高速公路收费系统获取高速公路拓扑关系图TopologyGraph(V,E);高速公路拓扑关系图是由顶点V和边E构成的有向图,顶点包括收费站和门架;边的属性包括起始点、终点、距离;

S37:根据车辆最近经过的门架和预测的出口收费站,按照最短路径原则在高速公路拓扑关系图中拟合一条可达预测的出口收费站的最短路径,路径包含若干收费门架 $G_1, G_2, G_3 \dots G_n$ 和预测的出口收费站S;

S38:实时计算路段断面车辆通行速度,包括以下步骤:

S381:计算门架在畅通情况下的车辆通行速度:以门架在夜间11点至凌晨4点间车辆通行的平均速度作为畅通条件下的门架断面车辆通行速度,记作 V_f ;

S382:计算门架断面实时车辆通行速度:以最近15-30分钟内经过地k个门架的车辆平均速度作为该门架断面的通行速度,若最近T时段内无车通过,则认为该路段处于畅通状态,用畅通情况下的车辆通行速度 V_f 代替,记作 V_{gk} ;

S383:计算路段车辆平均通行速度:对于门架连接的路段,采用首尾两个门架的通行速度的平均值作为路段车辆通行的平均速度;对于从收费站到第一个门架的路段,采用此门架的车辆通行速度作为该路段的通行速度,路段车辆平均通行速度记作 V_r ;

$$V_r = \begin{cases} \frac{V_{gk} + V_{gk+1}}{2} & \text{(当路段由两个门架连接)} \\ V_{gk} & \text{(当路段由收费站和门架连接)}; \quad (8) \end{cases}$$

S39:预测车辆到达预测的出口收费站的时间,包括如下步骤:

S391:计算路段实时车辆通行时间 t_r :

$$t_r = \frac{L_r}{V_r}; \quad (9)$$

S392:计算从当前门架到预测出口收费站的总耗时 t_{total} :

$$t_{\text{total}} = \sum_{i=1}^m t_{ri}; \quad (10)$$

式中,m为路段的数量;

S393:计算到达预测出口收费站的下道时刻 T_s ;

$$T_s = T_0 + t_{\text{total}}; \quad (11)$$

T_0 表示经过最后一个门架的时刻;

S4:该车辆每经过一个门架,服务器则对该车辆预测的出口收费站和出口时间根据步骤S3的方法实时作出相应调整。

2.根据权利要求1所述的高速公路违规车辆出口站及出口时间的动态预测稽查方法,其特征在于:所述步骤S37是采用Dijkstra算法拟合可达预测的出口收费站的最短路径。

高速公路违规车辆出口站及出口时间的动态预测稽查方法

技术领域

[0001] 本发明涉及高速公路违法逃费车辆稽查追逃技术领域,具体涉及高速公路违规车辆出口站及出口时间的动态预测稽查方法。

背景技术

[0002] 全国高速公路取消省界收费站实行ETC门架电子计费,ETC系统是采用车辆自动识别技术完成车辆与收费站之间的无线数据通讯,进行车辆自动感应识别和相关收费数据的交换。采用计算机网络进行收费数据的处理,实现不停车、不设人工收费窗口也能实现全自动电子收费。但此种缺乏人工监管的方式让一些不法车主利用ETC系统管理漏洞,采取不正当的手段致使系统不能正常扣款或少扣款,从而达到偷逃通行费的目的,且车辆逃费后再对其进行追缴面临诸多困难,且目前对违法逃费车辆无法准确提前稽查布控,使得执法单位处于被动地位。

发明内容

[0003] 为了解决上述问题,本发明提供了一种高速公路违规车辆出口站及出口时间的动态预测稽查方法,本发明基于通过高速公路ETC收费门架记录的车辆历史通行习惯及本次通行路径,来预测车辆的可能出口及出口时间。在车辆驶入高速公路后,通过收费站车道软件系统及ETC门架监测系统观察到车辆经过了的门架,并采用贝叶斯方法对出口进行预测,使得条件概率最大的出口收费站即为最可能的出口收费站,并提供预测到达该出口收费站的时间,如此方便执法人员提前在目标出口收费站进行稽查布控,拦截违法逃费车辆,化被动为主动,有效提高了违法车辆拦截的成功率。具体技术方案如下:

[0004] 高速公路违规车辆出口站及出口时间的动态预测稽查方法,包括以下步骤:

[0005] S1:从高速公路收费系统中获取违规车辆的信息,所述车辆的信息包括车牌号信息和入口收费站信息;

[0006] S2:ETC门架监测系统实时采集违规车辆经过的门架数据,并上传至服务器;

[0007] S3:服务器采集违法车辆的历史通行记录数据,并根据违法车辆的历史通行记录数据和经过的门架信息采用朴素贝叶斯算法实时预测违法车辆的出口和到达预测出口收费站的时间;

[0008] S4:该车辆每经过一个门架,服务器则对该车辆预测的出口收费站和出口时间根据步骤S3的方法实时作出相应调整。

[0009] 优选地,所述步骤S3中采用朴素贝叶斯算法实时预测违法车辆的出口具体包括以下步骤:

[0010] S31:服务器根据车辆的历史通行记录数据计算违法车辆从出口收费站 S_j 下高速的概率 $P(S_j)$,具体如下:

$$[0011] \quad P(S_j) = \frac{\sum S_j}{N}; \quad (1)$$

[0012] 其中, ΣS_j 表示该车辆的历史通行记录数据中从收费站 S_j 下高速的次数, N 表示该车辆历史通行记录数据中总的通行次数;

[0013] S32: 服务器根据车辆历史通行记录数据计算车辆在给定出口收费站 S_j 的情况下, 从入口收费站 E_i 上高速的条件概率 $P(E_i | S_j)$:

$$[0014] \quad P(E_i | S_j) = \frac{P(E_i S_j)}{P(S_j)} = \frac{\text{Count}(E = E_i, S = S_j)}{\text{Count}(S = S_j)} \quad ; \quad (2)$$

[0015] 其中, $\text{Count}(E = E_i, S = S_j)$ 表示在该车的历史通行记录数据中入口收费站是 E_i , 而出口收费站是 S_j 的数量; $\text{Count}(S = S_j)$ 表示在该车的历史通行记录数据中出口收费站是 S_j 的数量;

[0016] S33: 服务器根据车辆历史通行记录数据计算车辆在给定出口收费站 S_j 的情况下, 经过门架 G_k 的条件概率 $P(G_k | S_j)$:

$$[0017] \quad P(G_k | S_j) = \frac{P(G_k S_j)}{P(S_j)} = \frac{\text{Count}(G = G_k, S = S_j)}{\text{Count}(S = S_j)} \quad ; \quad (3)$$

[0018] 其中, $\text{Count}(G = G_k, S = S_j)$ 表示在该车的历史通行记录数据中经过门架 G_k 且出口收费站是 S_j 的数量;

[0019] S34: 根据车辆当前的通行轨迹计算车辆从出口收费站 S_j 下高速的条件概率:

$$[0020] \quad P(S_j | E_i, G_1, G_2, G_3 \dots G_n) = \frac{P(E_i, G_1, G_2, G_3 \dots G_n | S_j)}{P(E_i, G_1, G_2, G_3 \dots G_n)} P(S_j) \quad ; \quad (4)$$

[0021] 其中, $G_1, G_2, G_3 \dots G_n$ 表示该车辆依次经过的高速公路收费门架;

[0022] 假设入口和门架间相互独立, 则公式 (4) 可转换成:

$$[0023] \quad P(S_j | E_i, G_1, G_2, G_3 \dots G_n) = \frac{P(E_i | S_j) \prod_{k=1}^n P(G_k | S_j)}{P(E_i, G_1, G_2, G_3 \dots G_n)} P(S_j) \quad ; \quad (5)$$

[0024] S35: 使得上述公式 (5) 所述的条件概率最大的出口收费站作为预测的出口收费站, 即:

$$[0025] \quad \hat{S} = \arg \max_{S_j \in S} P(S_j | E_i, G_1, G_2, G_3 \dots G_n) \\ = \arg \max_{S_j \in S} \left(\frac{P(E_i | S_j) \times \prod_{k=1}^n P(G_k | S_j)}{P(E_i, G_1, G_2, G_3 \dots G_n)} P(S_j) \right) \quad ; \quad (6)$$

[0026] 由于分母 $P(E_i, G_1, G_2, G_3 \dots G_n)$ 与出口收费站无关, 是常数, 故公式 (6) 可转换为:

$$\begin{aligned}
\hat{S} &= \arg \max_{S_j \in S} P(S_j | E_i, G_1, G_2, G_3 \dots G_n) \\
[0027] \quad &= \arg \max_{S_j \in S} \frac{P(E_i | S_j) \times \prod_{k=1}^n P(G_k | S_j)}{P(E_i, G_1, G_2, G_3 \dots G_n)} P(S_j) \\
&= \arg \max_{S_j \in S} P(E_i | S_j) \times \prod_{k=1}^n P(G_k | S_j) \times P(S_j) \quad (7)。
\end{aligned}$$

[0028] 优选地,所述步骤S3中预测到达预测出口收费站的时间包括以下步骤:

[0029] S36:从高速公路收费系统获取高速公路拓扑关系图TopologyGraph (V,E);高速公路拓扑关系图是由顶点V和边E构成的有向图,顶点包括收费站和门架;边的属性包括起始点、终点、距离;

[0030] S37:根据车辆最近经过的门架和预测的出口收费站,按照最短路径原则在高速公路拓扑关系图中拟合一条可达预测的出口收费站的最短路径,路径包含若干收费门架 $G_1, G_2, G_3 \dots G_n$ 和预测的出口收费站S;

[0031] S38:实时计算路段断面车辆通行速度,包括以下步骤:

[0032] S381:计算门架在畅通情况下的车辆通行速度:以门架在夜间11点至凌晨4点间车辆通行的平均速度作为畅通条件下的门架断面车辆通行速度,记作 V_f ;

[0033] S382:计算门架断面实时车辆通行速度:以最近T时段内经过地k个门架的车辆平均速度作为该门架断面的车型速度,若最近T时段内无车通过,则认为该路段处于畅通状态,用畅通情况下的车辆通行速度 V_f 代替,记作 V_{gk} ;

[0034] S383:计算路段车辆平均通行速度:对于门架连接的路段,采用首尾两个门架的通行速度的平均值作为路段车辆通行的平均速度;对于从收费站到第一个门架的路段,采用此门架的车辆通行速度作为该路段的通行速度,路段车辆平均通行速度记作 V_r :

$$[0035] \quad V_r = \begin{cases} \frac{V_{gk} + V_{gk+1}}{2} & (\text{当路段由两个门架连接}) \\ V_{gk} & (\text{当路段由收费站和门架连接}); \quad (8) \end{cases}$$

[0036] S39:预测车辆到达预测的出口收费站的时间,包括如下步骤:

[0037] S391:计算路段实时车辆通行时间 t_r :

$$[0038] \quad t_r = \frac{L_r}{V_r}; \quad (9)$$

[0039] S392:计算从当前门架到预测出口收费站的从耗时 t_{total} :

$$[0040] \quad t_{total} = \sum_{i=1}^m t_{ri}; \quad (10)$$

[0041] 式中,m为路段的数量;

[0042] S393:计算到达预测出口收费站的下道时刻 T_s :

$$[0043] \quad T_s = T_0 + t_{total}; \quad (11)$$

[0044] T_0 表示经过最后一个门架的时刻。

[0045] 优选地,所述步骤S37是采用Dijkstra算法拟合可达预测的出口收费站的最短路

径。

[0046] 优选地,所述步骤S382中的T时段可取15-30分钟。

[0047] 本发明的有益效果为:本发明实时的获取ETC门架监测系统和高速公路收费系统的数据,基于通过高速公路ETC收费门架的车辆历史的通行数据及本次通行路径,来预测车辆的可能的出口收费站及出口时间,根据预测的出口收费站与当前经过的门架,基于拓扑图可获取门架与预测的出口收费站的最短路径和门架间的通行时间来预测车辆到达目的收费站的时间。

[0048] 每经过一个门架,都会对车辆的出口收费站、出口时间进行调整,因为新获取的信息能提高预测的准确度。

[0049] 相比于取消省界收费站前依靠人工计费及最短路径车辆通行轨迹预测的方法,本发明结合了ETC门架车辆通行分段计费交易记录、车辆通行ETC区间门架时间、动态数据监测和大数据分析,朴素贝叶斯数据测算方法模型操作简单方便,数据来源于高速公路收费系统,车辆通行ETC门架数据实时联动,动态获取,有效提高了模型的预测准确率。

附图说明

[0050] 图1为本实施例中收费站和ETC门架拓扑示意图。

具体实施方式

[0051] 为了更好的理解本发明,下面结合附图和具体实施例对本发明作进一步说明:

[0052] 高速公路违规车辆出口站及出口时间的动态预测稽查方法,包括以下步骤:

[0053] S1:从高速公路收费系统中获取违规车辆的信息,所述车辆的信息包括车牌号信息和入口收费站信息;

[0054] S2:ETC门架监测系统实时采集违规车辆经过的门架数据,并上传至服务器;

[0055] S3:服务器采集违法车辆的历史通行记录数据,并根据违法车辆的历史通行记录数据和经过的门架信息采用朴素贝叶斯算法实时预测违法车辆的出口和到达预测出口收费站的时间;

[0056] S4:该车辆每经过一个门架,服务器则对该车辆预测的出口收费站和出口时间根据步骤S3的方法实时作出相应调整。

[0057] 步骤S3中采用朴素贝叶斯算法实时预测违法车辆的出口具体包括以下步骤:

[0058] S31:服务器根据车辆的历史通行记录数据计算违法车辆从出口收费站 S_j 下高速的概率 $P(S_j)$,具体如下:

$$[0059] \quad P(S_j) = \frac{\sum S_j}{N}; \quad (1)$$

[0060] 其中, $\sum S_j$ 表示该车辆的历史通行记录数据中从收费站 S_j 下高速的次数,N表示该车辆历史通信记录数据中总的通行次数;

[0061] S32:服务器根据车辆历史通行记录数据计算车辆在给定出口收费站 S_j 的情况下,从入口收费站 E_i 上高速的条件概率 $P(E_i | S_j)$:

$$[0062] \quad P(E_i | S_j) = \frac{P(E_i S_j)}{P(S_j)} = \frac{\text{Count}(E = E_i, S = S_j)}{\text{Count}(S = S_j)}; \quad (2)$$

[0063] 其中, $\text{Count}(E = E_i, S = S_j)$ 表示在该车的历史通行记录数据中入口收费站是 E_i , 而出口收费站是 S_j 的数量; $\text{Count}(S = S_j)$ 表示在该车的历史通行记录数据中出口收费站是 S_j 的数量;

[0064] S33: 服务器根据车辆历史通行记录数据计算车辆在给定出口收费站 S_j 的情况下, 经过门架 G_k 的条件概率 $P(G_k | S_j)$:

$$[0065] \quad P(G_k | S_j) = \frac{P(G_k S_j)}{P(S_j)} = \frac{\text{Count}(G = G_k, S = S_j)}{\text{Count}(S = S_j)}; \quad (3)$$

[0066] 其中, $\text{Count}(G = G_k, S = S_j)$ 表示在该车的历史通行记录数据中经过门架 G_k 且出口收费站是 S_j 的数量;

[0067] S34: 根据车辆当前的通行轨迹计算车辆从出口收费站 S_j 下高速的条件概率:

$$[0068] \quad P(S_j | E_i, G_1, G_2, G_3 \dots G_n) = \frac{P(E_i, G_1, G_2, G_3 \dots G_n | S_j)}{P(E_i, G_1, G_2, G_3 \dots G_n)} P(S_j); \quad (4)$$

[0069] 其中, $G_1, G_2, G_3 \dots G_n$ 表示该车辆依次经过的高速公路收费门架;

[0070] 假设入口和门架间相互独立, 则公式 (4) 可转换成:

$$[0071] \quad P(S_j | E_i, G_1, G_2, G_3 \dots G_n) = \frac{P(E_i | S_j) \prod_{k=1}^n P(G_k | S_j)}{P(E_i, G_1, G_2, G_3 \dots G_n)} P(S_j); \quad (5)$$

[0072] S35: 使得上述公式 (5) 所述的条件概率最大的出口收费站作为预测的出口收费站, 即:

$$[0073] \quad \begin{aligned} \hat{S} &= \arg \max_{S_j \in S} P(S_j | E_i, G_1, G_2, G_3 \dots G_n) \\ &= \arg \max_{S_j \in S} \left(\frac{P(E_i | S_j) \times \prod_{k=1}^n P(G_k | S_j)}{P(E_i, G_1, G_2, G_3 \dots G_n)} P(S_j) \right); \quad (6) \end{aligned}$$

[0074] 由于分母 $P(E_i, G_1, G_2, G_3 \dots G_n)$ 与出口收费站无关, 是常数, 故公式 (6) 可转换为:

$$[0075] \quad \begin{aligned} \hat{S} &= \arg \max_{S_j \in S} P(S_j | E_i, G_1, G_2, G_3 \dots G_n) \\ &= \arg \max_{S_j \in S} \frac{P(E_i | S_j) \times \prod_{k=1}^n P(G_k | S_j)}{P(E_i, G_1, G_2, G_3 \dots G_n)} P(S_j) \\ &= \arg \max_{S_j \in S} P(E_i | S_j) \times \prod_{k=1}^n P(G_k | S_j) \times P(S_j) \quad (7)。 \end{aligned}$$

[0076] 步骤S3中预测到达预测出口收费站的时间包括以下步骤:

[0077] S36: 从高速公路收费系统获取高速公路拓扑关系图 $\text{TopologyGraph}(V, E)$; 高速公

路拓扑关系图是由顶点V和边E构成的有向图,顶点包括收费站和门架;边的属性包括起始点、终点、距离;

[0078] S37:根据车辆最近经过的门架和预测的出口收费站,按照最短路径原则采用Dijkstra算法在高速公路拓扑关系图中拟合一条可达预测的出口收费站的最短路径,路径包含若干收费门架 $G_1, G_2, G_3 \dots G_n$ 和预测的出口收费站S;

[0079] S38:实时计算路段断面车辆通行速度,包括以下步骤:

[0080] S381:计算门架在畅通情况下的车辆通行速度:以门架在夜间11点至凌晨4点间车辆通行的平均速度作为畅通条件下的门架断面车辆通行速度,记作 V_f ;

[0081] S382:计算门架断面实时车辆通行速度:以最近20分钟内经过地k个门架的车辆平均速度作为该门架断面的车型速度,若最近20分钟内无车通过,则认为该路段处于畅通状态,用畅通情况下的车辆通行速度 V_f 代替,记作 V_{gk} ;

[0082] S383:计算路段车辆平均通行速度:对于门架连接的路段,采用首尾两个门架的通行速度的平均值作为路段车辆通行的平均速度;对于从收费站到第一个门架的路段,采用此门架的车辆通行速度作为该路段的通行速度,路段车辆平均通行速度记作 V_r :

$$[0083] \quad V_r = \begin{cases} \frac{V_{gk} + V_{gk+1}}{2} & \text{(当路段由两个门架连接)} \\ V_{gk} & \text{(当路段由收费站和门架连接)} \end{cases}; \quad (8)$$

[0084] S39:预测车辆到达预测的出口收费站的时间,包括如下步骤:

[0085] S391:计算路段实时车辆通行时间 t_r :

$$[0086] \quad t_r = \frac{L_r}{V_r}; \quad (9)$$

[0087] S392:计算从当前门架到预测出口收费站的从耗时 t_{total} :

$$[0088] \quad t_{total} = \sum_{i=1}^m t_{ri}; \quad (10)$$

[0089] 式中,m为路段的数量;路径是通过图的最短路径算法计算出最短路径,最短路径中边的数量即为路段的数量m。

[0090] S393:计算到达预测出口收费站的下道时刻 T_s :

$$[0091] \quad T_s = T_0 + t_{total}; \quad (11)$$

[0092] T_0 表示经过最后一个门架的时刻。

[0093] 如图1所示,假设路段包含三个收费站:桂林、柳州、南宁,收费站间有两个ETC收费门架:桂林-柳州(桂-柳),柳州-南宁(柳-南)。为简单起见,示例仅包含单向通行:桂林到南宁方向。相邻门架(收费站)间的距离分别为 $L_{1 \sim 4}$:桂林收费站->桂-柳门架间距离为 L_1 ,桂-柳门架->柳州收费站间距离为 L_2 ,桂-柳门架->柳-南门架间距离为 L_3 ,柳州收费站->柳-南门架间距离为 L_4 ,柳-南门架->南宁收费站间距离为 L_5 。

[0094] 下表包含桂A12345历史通行记录:3次桂林到柳州,2次柳州到南宁,1次桂林到南宁。

[0095] 表1桂A12345历史通行记录表

入口收费站	出口收费站	入口时间	出口时间	经过门架
桂林	柳州	2020-01-01 10:00:00	2020-01-01 12:00:00	桂-柳
桂林	柳州	2020-01-02 10:00:00	2020-01-02 12:00:00	桂-柳
桂林	柳州	2020-01-03 10:00:00	2020-01-02 12:00:00	桂-柳
柳州	南宁	2020-01-04 10:00:00	2020-01-04 12:00:00	柳-南
柳州	南宁	2020-01-05 10:00:00	2020-01-05 12:00:00	柳-南
桂林	南宁	2020-01-06 10:00:00	2020-01-06 12:00:00	桂-柳, 柳-南

[0097] 假定相邻门架(收费站)间的距离为 $L_1 = 10\text{KM}$, $L_2 = 8\text{KM}$, $L_3 = 15\text{KM}$, $L_4 = 8\text{KM}$, $L_5 = 10\text{KM}$;整条路车辆平均时速保持在 80KM/h 。

[0098] 根据车辆通行历史,可计算得出以下数据:

[0099] 表2各收费站下道概率

下道收费站	下道概率
柳州	$P(\text{柳州}) = 1/2$
南宁	$P(\text{南宁}) = 1/2$
桂林	$P(\text{桂林}) = 0$

[0101] 给定出口 S_j 的情况下,从特定收费站 E_i 上道的条件概率 $P(E_i | S_j)$:

[0102] 表3条件概率 $P(E_i | S_j)$ 结果表

下道收费站	上道收费站	条件概率 $P(E_i S_j)$
柳州	柳州	$P(\text{柳州} \text{柳州}) = 0$
	南宁	$P(\text{南宁} \text{柳州}) = 0$
	桂林	$P(\text{桂林} \text{柳州}) = 1$
南宁	柳州	$P(\text{柳州} \text{南宁}) = 2/3$
	南宁	$P(\text{南宁} \text{南宁}) = 0$
	桂林	$P(\text{桂林} \text{南宁}) = 1/3$
桂林	柳州	$P(\text{柳州} \text{桂林}) = 0$
	南宁	$P(\text{南宁} \text{桂林}) = 0$
	桂林	$P(\text{桂林} \text{桂林}) = 0$

[0104] 给定出口收费站 S_j 的情况下,经过门架 G_i 的条件概率 $P(G_i | S_j)$:

[0105] 表4条件概率 $P(G_i | S_j)$ 结果表

下道收费站	经过门架	条件概率 $P(G_i S_j)$
柳州	桂-柳	$P(\text{桂-柳} \text{柳州}) = 1$
	柳-南	$P(\text{柳-南} \text{柳州}) = 0$
南宁	桂-柳	$P(\text{桂-柳} \text{南宁}) = 1/4$
	柳-南	$P(\text{柳-南} \text{南宁}) = 3/4$
桂林	桂-柳	$P(\text{桂-柳} \text{桂林}) = 0$
	柳-南	$P(\text{柳-南} \text{桂林}) = 0$

[0107] 假设1月10日上午10点该车从桂林进入高速,通行过程中对下道收费站的预测包含如下步骤:

[0108] S1:进入桂林收费站时,对各收费站计算下面公式

[0109] 表5预测的出口收费站结果表

下道收费站	Ri 计算结果
柳州	$R = P(\text{桂林} \text{柳州}) * P(\text{柳州}) = 1 * 1/2 = 1/2$
南宁	$R = P(\text{桂林} \text{南宁}) * P(\text{南宁}) = 1/3 * 1/2 = 1/6$
桂林	$R = P(\text{桂林} \text{桂林}) * P(\text{桂林宁}) = 0$

[0111] 此时预测出口收费站为柳州,预测的行驶路径为:桂林->桂-柳->柳州。

[0112] 各路段预测行驶时间如下:

路段	行驶时间
桂林->桂-柳	$10/80 \text{小时} = 7 \text{分钟} 30 \text{秒}$
桂-柳->柳州	$8/80 \text{小时} = 6 \text{分钟}$

[0114] 预测的总行驶时间为 $7.5 + 6 = 13.5$ 分钟;预测出口时间为10点13分30秒。

[0115] S2:10点10分经过“桂-柳”门架时,对各收费站的计算结果如下:

下道收费站	Ri 计算结果
柳州	$R = P(\text{桂林} \text{柳州}) * P(\text{桂-柳} \text{柳州}) * P(\text{柳州})$ $= 1 * 1 * 1/2$ $= 1/2$
南宁	$R = P(\text{桂林} \text{南宁}) * P(\text{桂-柳} \text{南宁}) * P(\text{南宁})$

	$= 1/3 * 1/4 * 1/2$ $= 1/24$
桂林	$R = P(\text{桂林} \text{桂林}) * P(\text{桂-柳} \text{桂林}) * P(\text{桂林宁}) = 0$

[0118] 此时预测出口收费站为柳州,预测的行驶路径为:桂-柳->柳州。

[0119] 各路段预测行驶时间如下:

[0120]	路段	行驶时间
	桂-柳->柳州	8/80小时=6分钟

[0121] 预测的总行驶时间为6分钟;预测出口时间为10点16分。

[0122] S3:10点20分经过“柳-南”门架时,对各收费站的计算结果如下:

下道收费站	Ri 计算结果
柳州	$R=P(\text{桂林} \text{柳州}) * P(\text{桂-柳} \text{柳州}) * P(\text{柳-南} \text{柳州}) * P(\text{柳州})$ $= 1 * 1 * 0 * 1/2$ $= 0$
南宁	$R=P(\text{桂林} \text{南宁}) * P(\text{桂-柳} \text{南宁}) * P(\text{柳-南} \text{南宁}) * P(\text{南宁})$ $= 1/3 * 1/4 * 3/4 * 1/2$ $= 1/32$
桂林	$R=P(\text{桂林} \text{桂林}) * P(\text{桂-柳} \text{桂林}) * P(\text{桂林} \text{南宁}) = 0$

[0124] 此时预测出口收费站为南宁,预测的行驶路径为:桂-柳->柳州。

[0125] 各路段预测行驶时间如下:

[0126]	路段	行驶时间
	柳-南->南宁	10/80小时=7分钟30秒

[0127] 预测的总行驶时间为7.5分钟;预测出口时间为10点27分30秒。

[0128] 本方法动态采集数据,每过一个门架或收费站则实时预测出口,方便公安或者高速收费部门进行提前布控。

[0129] 本发明在实施过程中,通过高质量的实时高速公路门架交易数据动态计算全路网的实时通行状态;结合车辆历史的通行习惯,建立车辆在路网中的转移概率矩阵,在车辆上道之后对目标车辆的下道收费站以及下道时间进行精准预测。

[0130] 本发明对目标车辆在高速公路上的通行过程中不断对预测结果进行矫正和精度提升:当目标车辆上道时,对于当次通行获取的信息较少,只能依靠车辆历史通行规律对车辆可能的下道收费站进行预测;随着车辆经过多个收费门架,对于本次通行的信息量不断增加,逐步提高预测的出口收费站的确定性,并且随着距离出口收费站距离的缩小,预测的下道时间的精度也会逐渐提高。

[0131] 本发明不局限于以上所述的具体实施方式,以上所述仅为本发明的较佳实施案例而已,并不用以限制本发明,凡在本发明的精神和原则之内所作的任何修改、等同替换和改进等,均应包含在本发明的保护范围之内。

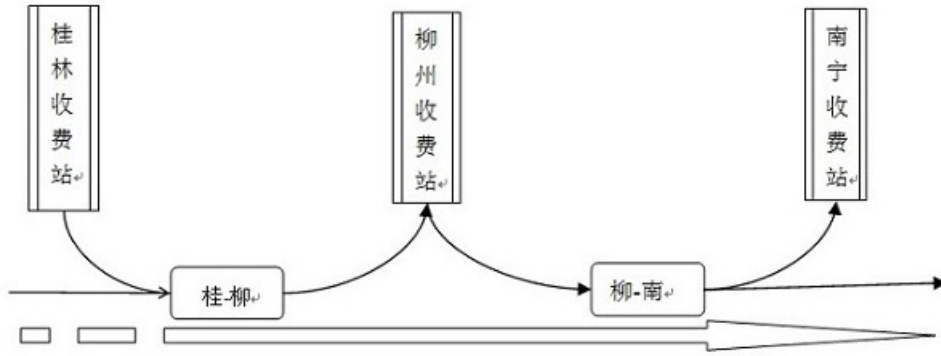


图1