

(12) 按照专利合作条约所公布的国际申请

(19) 世界知识产权组织
国际局

(43) 国际公布日
2018 年 6 月 14 日 (14.06.2018)



(10) 国际公布号
WO 2018/103449 A1

- (51) 国际专利分类号:
G08G 1/01 (2006.01)
- (21) 国际申请号: PCT/CN2017/105633
- (22) 国际申请日: 2017 年 10 月 11 日 (11.10.2017)
- (25) 申请语言: 中文
- (26) 公布语言: 中文
- (30) 优先权:
201611127783.5 2016年12月9日 (09.12.2016) CN
- (71) 申请人: 大连理工大学 (**DALIAN UNIVERSITY OF TECHNOLOGY**) [CN/CN]; 中国辽宁省大连凌工路 2 号大连理工大学专利中心, Liaoning 116024 (CN)。
- (72) 发明人: 钟绍鹏(**ZHONG, Shaopeng**); 中国辽宁省大连凌工路2号大连理工大学专利中心, Liaoning 116024 (CN)。 隗海民(**JUN, Haimin**); 中国辽宁省大连凌工路2号大连理工大学专利中心, Liaoning 116024 (CN)。 邹延权(**ZOU, Yanquan**); 中国辽宁省大连凌工路2号大连理工大学专利中心, Liaoning 116024 (CN)。 王坤(**WANG, Kun**); 中国辽宁省大连凌工路2号大连理工大学专利中心, Liaoning 116024 (CN)。 朱康丽(**ZHU, Kangli**); 中国辽宁省大连凌工路2号大连理工大学专利中心, Liaoning 116024 (CN)。
- (81) 指定国(除另有指明, 要求每一种可提供的国家保护): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU,

CZ, DE, DJ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JO, JP, KE, KG, KH, KN, KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW。

- (84) 指定国(除另有指明, 要求每一种可提供的地区保护): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), 欧亚 (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), 欧洲 (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG)。

本国际公布:
— 包括国际检索报告(条约第21条(3))。

(54) **Title:** TRAVEL TIME ESTIMATION METHOD FOR ROAD BASED ON BUILT-UP ENVIRONMENT AND LOW-FREQUENCY FLOATING CAR DATA

(54) **发明名称:** 基于建成环境和低频浮动车数据的路段行程时间估计方法

(57) **Abstract:** The present invention relates to the technical field of urban transportation management and transportation system evaluation. Provided is a travel time estimation method for a road based on a built-up environment and low-frequency floating car data. The method adopts a built-up environment as an explanatory variable for an amount of time spent driving on a road, and the ability of the built-up environment to explain the amount of time spent driving on the road is proven by means of an example calculation, thereby providing a method estimating a travel time distribution coefficient for a road or roads according to a distribution of cars on the road. After being used to establish a historical travel time database, the travel time distribution coefficient replaces a distance to serve as a driving time distribution coefficient for the road. The method explains an increment in an amount of time spent driving on a road as the result of a built-up environment, and can reflect different driving speeds on different parts of the road, thereby improving precision of estimated travel time for a road.

(57) **摘要:** 一种基于建成环境和低频浮动车数据的路段行程时间估计方法, 属于城市交通管理及交通系统评价的技术领域。加入建成环境作为路段运行时间的解释变量, 并通过算例证明了建成环境对于路段运行时间的解释性, 给出了一种用路段上车辆数的分布情况估计路段上和路段间行程时间分配系数的方法, 用于建立行程时间历史数据库后, 代替距离作为路段运行时间分配系数。该方法解释了建成环境对路段运行时间的增加作用, 并且能够反映路段不同部分运行速度之间的差异, 提高路段行程时间估计结果的精度。

WO 2018/103449 A1

基于建成环境和低频浮动车数据的路段行程时间估计方法

技术领域

本发明属于城市交通管理及交通系统评价的技术领域，涉及到 ITS 智能交通系统和 ATIS 出行者信息系统，特别涉及到建成环境对路段行程时间的解释及路段行程时间的估计方法。

背景技术

Liu H X 利用浮动车数据结合传统线圈数据和信号灯相位信息提出了一种信号控制道路上行程时间预测的方法；Hellinga B 研究了浮动车在两次报告间的运行时间如何分配到经过的相应的路段上，将每一个观测到的总行程时间分为自由流时间、控制停车延误、拥挤延误；Rahmani M 等直接基于路径讨论运行时间的估计，并且提出了一种不用参数估计的行程时间估计方法，考虑与研究路径相重合的浮动车运行轨迹，认为在路径和浮动车轨迹上的运行速度保持一致，则路径及浮动车轨迹经过各路段花费的时间正比于在该路段上行驶的距离。

发明内容

本发明要解决的技术问题是用路段上车辆数的分布情况估计路段内和路段间行程时间分布的方法，用于建立行程时间历史数据库，可以代替距离作为路段运行时间分配系数。

本发明的技术方案：

基于建成环境和低频浮动车数据的路段行程时间估计方法，步骤如下：

(I)建立发送报告次数与运行时间的关系

在路段越拥堵、运行时间相对越长的路段上，浮动车发送报告的可能性越大，将浮动车发送报告这一事件作为随机变量，建立检测到的在各点浮动车发送报告次数与该点运行时间之间的关系。

浮动车发送报告的时间间隔是固定的，每个浮动车在任意时刻发送报告的可能性一致，设浮动车在每一时刻发送报告的概率均为 ε ，则

$$\varepsilon = \frac{1}{T}$$

其中， T 为浮动车两次发送报告之间的时间间隔， ε 为浮动车发送报告的频率；

在任意一点，浮动车在该点 x 汇报其位置的可能性 ρ_x 与该浮动车在该点 x 的运行时间成正比

$$\rho_x = \varepsilon t(x) = \frac{t(x)}{T}, \text{其中 } t(x) < T$$

如果浮动车在某点处停留的时间大于 u 个发送报告周期，即 $t(x) > uT$ ，

其中 $u \in N_+$ 且 $u = \lceil \frac{t(x) - T}{T} \rceil$ ，则 u 是最少发送报告的次数；其发送报告次数为 $u + 1$ 次的概率 ρ_x 为

$$\rho_x = \varepsilon(t(x) - uT) = \frac{t(x) - uT}{T}$$

假设在研究的时间段内，交通状态不变，也就是各点的运行时间均不变；分别把每个点浮动车经过作为一随机事件，假设浮动车在这一交通状态不变的时间段内运行是无差异的，认为多个浮动车经过是独立重复试验，服从伯努利分布，

则当 $t(x) < T$ 时，在各点汇报其位置次数为 n_x 的概率 p_x 为

$$p_x(N = n_x) = C_m^{n_x} \rho_x^{n_x} (1 - \rho_x)^{m - n_x} = C_m^{n_x} \left(\frac{t(x)}{T}\right)^{n_x} \left(1 - \left(\frac{t(x)}{T}\right)\right)^{m - n_x}$$

当 $t(x) > uT$ ，其中 $u \in N_+$ 时，在各点汇报其位置次数为 n_x 的概率 p_x 为

$$p_x(N = n_x) = C_m^{n_x - mu} \rho_x^{n_x - mu} (1 - \rho_x)^{m - n_x + mu} = C_m^{n_x - mu} \left(\frac{t(x) - uT}{T}\right)^{n_x - mu} \left(1 - \left(\frac{t(x) - uT}{T}\right)\right)^{m - n_x + mu}$$

其中, $0 < n_x - mu < m$, 即 $mu \leq n_x \leq mu + 1$, 这里假设在每一个小段车辆发送报告的次数最多差一次, 考虑到使用的是低频浮动车数据, 这一假设比较合理。

本小节根据浮动车在某点发送报告的可能性与在该点的运行时间成正比, 建立了在某点检测到的发送报告的浮动车数与该点运行时间的关系。

(2) 路段运行时间与交叉口及建成环境的关系

将路段划分为若干节段, 而每一节段的运行时间取决于观测到和未观测到的节段属性, 节段属性包括该节段距离下游交叉口的距离、距离人行横道的距离和该节段所属路段的属性 (如车道宽度、车道数、几何线形等)。特别考虑了行人进出造成对路段上车辆的干扰或机动车进出而形成机动车间相互干扰特别大的建成环境对节段运行速度的影响。

用一个线性结构表示与节段的运行时间相关的解释变量 (管制因素如道路等级、路段几何线性、附近的土地利用) 和特定节段的长度对节段运行时间 $t'(x)$ 的影响。即

$$t'(x) = \sum_j \alpha_j A_j \forall x \in X$$

其中 X 表示路段, x 表示其中某一节段, A_j 表示影响节段运行时间的解释变量的值, 例如道路等级、距离下游交叉口的距离等, α_j 表示各解释变量对节段运行时间的影响程度, 为待估计的参数。

而得到路径运行时间的观测值为 $t_{ok}, \forall k \in K$, k 表示某一运行时间观测值, K 表示所有运行时间观测值。各路段观测运行时间是其经过各节段的运行时间之和。而观测路段与节段的关系可以用一个 $K \times X$ 关联矩阵 R 表示, 其中各个元素 r_{kx} 表示各观测值 k 经过各节段 x 的距离与该节段总距离的比值。

$$t_{ok} = \sum_x t'(x) \times r_{kx} \forall k \in K$$

上面用线性组合的方式建立了路段运行时间与交叉口及建成环境之间的关

系。于是估计各个节段的运行时间就转化成了一个极大似然估计问题：

$$\begin{aligned}\max_x \prod p_x &= \prod_x C_m^{n_x} \rho_x^{n_x} (1 - \rho_x)^{m-n_x} = C_m^{n_x} \left(\frac{t'(x)}{T}\right)^{n_x} \left(1 - \left(\frac{t'(x)}{T}\right)\right)^{m-n_x} \\ &= \prod_x C_m^{n_x} \rho_x^{n_x} (1 - \rho_x)^{m-n_x} = C_m^{n_x} \left(\frac{\sum_j \alpha_j A_j}{T}\right)^{n_x} \left(1 - \left(\frac{\sum_j \alpha_j A_j}{T}\right)\right)^{m-n_x}\end{aligned}$$

其中 α_j 为待估计的参数， m 是估计的车辆总数， n_x 为发送报告的车辆数。

估计的结果是各参数的值，而 $t'(x) = \sum_j \alpha_j A_j \forall x \in X$ ，即可求出各个节段的

运行时间。再根据路段和节段的关联矩阵即可求出路段的运行时间。

(3) 路段行程时间的分配

路段内行程时间的分配：

在路段上总的运行时间是沿路段各点运行时间 $t''(x)$ 的积分。即 $T = \int_0^l t''(x) dx$ 。而路段内某一段运行时间是沿此段各点运行时间的积分，即 $t_1 = \int_{l_1}^{l_2} t''(x) dx$ 。

得到的车辆数的期望等于在该点汇报其位置的概率 $p(x)$ 与试验次数（即经过该点的总车辆数 m ）的乘积 $E(x) = mp(x)$ 。

而观测到的在该点汇报其位置的车辆数 n_x 是期望的无偏估计。浮动车在该点的运行时间与浮动车在路段上各点汇报其位置的可能性成正比。所以，可以认为浮动车在该点的运行时间与浮动车在路段上各点汇报其位置的次数成正比。即 $t(x) \propto p(x) \propto E(x) \propto n_x$ 。

可对路段进行分段，统计一定时间间隔内在各段期间车辆报告位置的总次数，则各段的运行时间与路段总运行时间的比值等于在这一段车辆发送报告的总次数与整条路段上车辆发送报告的总次数 $n(x)$ 的比值。

$$\alpha_1 = \frac{t_1}{T} = \frac{\int_{l_1}^{l_2} t''(x) dx}{\int_0^L t''(x) dx} = \frac{\int_{l_1}^{l_2} n(x) dx}{\int_0^L n(x) dx}$$

其中 α_1 表示第一段的运行时间与路段总运行时间的比值， t_1 表示第一段的运

行时间, l_1 、 l_2 表示第一、第二段的起点, L 表示最后一段的终点。

路段间行程时间的分配:

在进行路段间出行时间的分配时, 仍然沿用上述思路, 认为在相同交通状态下, 车辆通过两条或多条路段的任意位置是一独立重复试验。两个路段运行时间的比值根据同时经过这两个路段的车辆在这两个路段上发送报告的总次数之比得到:

$$\frac{T_1}{T_2} = \frac{\int_0^{L_1} n'(x)dx}{\int_0^{L_2} n'(x)dx}$$

其中 T_1 、 T_2 分别表示两路段的运行时间, L_1 、 L_2 分别表示两路段的长度, 这样就得出了所有路段之间的比值, 也就解决了路段间运行时间分配的问题。

本发明的有益效果: 加入建成环境作为路段运行时间的解释变量, 证明了建成环境对于路段运行时间的解释性; 把交叉口运行时间包含到路段行程时间中, 把与交叉口的距离作为路段行程时间的解释变量, 能够有效考虑交叉口处交通管理与控制设施对运行时间的影响。还给出了一种用路段上车辆数的分布情况估计路段内和路段间行程时间分配系数的方法, 用于建立行程时间历史数据库, 作为路段运行时间分配系数, 提高路段行程时间估计结果的精度。

具体实施方式

以下结合技术方案叙述本发明的具体实施方式, 并模拟发明的实施效果。

基于建成环境和低频浮动车数据的路段行程时间估计方法, 步骤如下:

1. 不同时段影响路段运行时间的各变量对应的参数值

各个路段本身的设计等级、几何线性、车道数等对运行时间的影响设定为一个参数, 相当于该路段在远离交叉口、远离各种设施时, 在研究时段内的运行时间。其他影响运行时间的因素有交叉口、信号控制、行人进出量较大的路

边建成环境以及停车场、加油站等。选取交叉口、学校、医院、诊所、加油站作为五类影响设施，以各个节段距离设施的距离作为变量。为了体现距离设施的距离越近，影响越大这一特征，把变量取为距离的减函数。由于节段与设施远离到一定程度就可忽略该设施的影响，认为距离大于一公里的节段不再受影响。一公里范围内的各节段的距离变量的值取为 $1 - \text{distance}/1000$ ，而一公里范围外的各节段的距离变量取为 0。注意，对于交叉口的处理是选取距离下游交叉口的距离，且每一个路段仅有一个下游交叉口，如果对于信号交叉口和无信号交叉口或者不同的交叉形式分别看作参数，任意一个节段的各个交叉口变量个数应小于等于 1。

划分时段为 10 分钟，故每十分钟得到一组变量的值，六点钟到六点半之间得到的浮动车数据量较少，且试算的结果运行时间的估计值之间差别并不大，把这三个时段合并为一个时段。得到的参数结果如表所示。

表 1 出行时间各参数估计值

时间	ID1	ID2	ID3	ID4	ID5	ID6	ID7	ID8	ID9	ID10	ID11
6:00-6:30	0.000	0.177	0.035	0.087	0.151	0.127	0.054	0.105	0.237	0.169	0.052
6:30-6:40	0.000	0.259	0.096	0.100	0.192	0.171	0.088	0.124	0.145	0.140	0.126
6:40-6:50	0.050	0.257	0.122	0.120	0.161	0.080	0.088	0.115	0.213	0.207	0.058
6:50-7:00	0.000	0.214	0.126	0.145	0.217	0.106	0.095	0.136	0.271	0.050	0.042
7:00-7:10	0.000	0.201	0.127	0.135	0.181	0.159	0.073	0.127	0.268	0.174	0.141
7:10-7:20	0.000	0.178	0.085	0.116	0.211	0.168	0.123	0.143	0.058	0.205	0.129
7:20-7:30	0.044	1.349	0.143	0.141	0.275	0.077	0.126	0.159	0.151	0.174	0.144
7:30-7:40	0.000	0.277	0.133	0.087	0.247	0.030	0.102	0.187	0.000	0.140	0.104
7:40-7:50	0.000	0.321	0.147	0.119	0.269	0.541	0.087	0.169	0.000	0.248	0.133
7:50-8:00	0.000	0.325	0.104	0.105	0.283	0.151	0.077	0.155	0.160	0.154	0.151
时间	ID12	ID13	ID14	ID15	ID16	交叉口	学校	医院	诊所	加油站	
6:00-6:30	0.036	0.215	0.067	0.108	0.135	0.047	0.041	0.038	0.064	0.064	
6:30-6:40	0.045	0.182	0.090	0.109	0.125	0.059	0.015	0.056	0.052	0.020	
6:40-6:50	0.061	0.121	0.097	0.102	0.164	0.055	0.006	0.071	0.038	0.013	
6:50-7:00	0.092	0.186	0.130	0.153	0.250	0.009	0.024	0.004	0.040	0.031	
7:00-7:10	0.107	0.188	0.137	0.182	0.193	0.000	0.006	0.067	0.075	0.071	
7:10-7:20	0.094	0.219	0.141	0.155	0.251	0.029	0.017	0.112	0.059	0.018	
7:20-7:30	0.125	0.253	0.102	0.166	0.143	0.040	0.000	0.101	0.053	0.000	
7:30-7:40	0.132	0.104	0.117	0.129	0.260	0.015	0.002	0.118	0.116	0.003	
7:40-7:50	0.133	0.105	0.118	0.159	0.160	0.014	0.001	0.116	0.090	0.040	

7:50-8:00	0.107	0.167	0.132	0.147	0.219	0.000	0.000	0.176	0.101	0.074
-----------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------

前 16 个变量相当于该路段在远离交叉口和各种设施时，在研究时段内的运行时间（单位 s/m）。交叉口、学校、医院、诊所和加油站变量表示距离在一公里以内时，各建成环境增加的运行时间。所有变量的值都是正的，路段运行时间与建成环境之间是正相关的。

不加周围建成环境的解释变量时，其最大似然函数值与加周围建成环境的解释变量的极大似然函数值的对数的相反数对比如下图所示。下表说明最小的似然比 $-2(LL-L0)=30$ ，而自由度为 5， $\alpha=0.05$ 的 χ^2 值为 11.071，表明了把建成环境作为解释变量的合理性。

表 2 有无建成环境解释变量的最大似然函数值的对数的相反数 (-LL) 对比

时间	6:00-6:30	6:30-6:40	6:40-6:50	6:50-7:00	7:00-7:10	7:10-7:20	7:20-7:30	7:30-7:40	7:40-7:50	7:50-8:00
包括建成环境解释变量	2704	1554	1784	2071	1723	1710	1658	2644	2658	2691
不包括建成环境解释变量	2761	1572	1799	2091	1744	1744	1673	2660	2677	3436
2(LL-L0)	114	36	30	40	42	68	30	32	38	1490

2. 计算一条路径的运行时间

用所得参数计算沿锦山大街从丹东市公共交通总公司一公司到丹东市环境科学研究院的运行时间，结果如下表所示。同样体现了 6：00-8：00 之间增加的趋势。

表 3 沿锦山大街从丹东市公交一公司到环境科学研究院的运行时间随时间的变化

时间	行程速度	行程时间	总经过距离
6:00-6:30	35.77	277.11	2753.63
6:30-6:40	34.14	290.37	2753.63
6:40-6:50	35.25	281.23	2753.63
6:50-7:00	27.40	361.78	2753.63
7:00-7:10	26.04	380.63	2753.63
7:10-7:20	26.98	367.37	2753.63
7:20-7:30	20.78	477.04	2753.63
7:30-7:40	20.83	476.02	2753.63
7:40-7:50	21.09	469.93	2753.63
7:50-8:00	24.67	401.81	2753.63

将所得时间与百度地图所测得的“约 2.8 公里/5 分钟”基本吻合。而从六点钟开始行程时间逐渐增加也与实际情况相符。

权利要求书

1. 一种基于建成环境和低频浮动车数据的路段行程时间估计方法，其特征在于，步骤如下：

(1)建立发送报告次数与运行时间的关系

将浮动车发送报告这一事件作为随机变量，建立检测到的在各点浮动车发送报告次数与该点运行时间之间的关系

浮动车发送报告的时间间隔是固定的，每个浮动车在任意时刻发送报告的可能性一致，设浮动车在每一时刻发送报告的概率均为 ε ，则

$$\varepsilon = \frac{1}{T}$$

其中， T 为浮动车两次发送报告之间的时间间隔， ε 为浮动车发送报告的频率；

在任意一点，浮动车在该点 x 汇报其位置的可能性 ρ_x 与该浮动车在该点 x 的运行时间成正比

$$\rho_x = \varepsilon t(x) = \frac{t(x)}{T}, \text{其中 } t(x) < T$$

如果浮动车在某点处停留的时间大于 u 个发送报告周期，即 $t(x) > uT$ ，

其中 $u \in N_+$ 且 $u = \lfloor \frac{t(x) - T}{T} \rfloor$ ，则 u 是最少发送报告的次数；其发送报告次数为 $u + 1$ 次的概率 ρ_x 为

$$\rho_x = \varepsilon(t(x) - uT) = \frac{t(x) - uT}{T};$$

假设在研究的时间段内，交通状态不变，也就是各点的运行时间均不变；分别把每个点浮动车经过作为一随机事件，假设浮动车在这一交通状态不变的时间段内运行是无差异的，认为多个浮动车经过是独立重复试验，服从伯努利分布，

则当 $t(x) < T$ 在各点汇报其位置次数为 n_x 的概率 p_x 为

$$p_x(N = n_x) = C_m^{n_x} \rho_x^{n_x} (1 - \rho_x)^{m-n_x} = C_m^{n_x} \left(\frac{t(x)}{T}\right)^{n_x} \left(1 - \left(\frac{t(x)}{T}\right)\right)^{m-n_x}$$

当 $t(x) > uT$, 其中 $u \in N_+$ 时, 在各点汇报其位置次数为 n_x 的概率 p_x 为

$$\begin{aligned} p_x(N = n_x) &= C_m^{n_x - mu} \rho_x^{n_x - mu} (1 - \rho_x)^{m - n_x + mu} \\ &= C_m^{n_x - mu} \left(\frac{t(x) - uT}{T}\right)^{n_x - mu} \left(1 - \left(\frac{t(x) - uT}{T}\right)\right)^{m - n_x + mu} \end{aligned}$$

其中, $0 < n_x - mu < m$, 即 $mu < n_x < m(u+1)$, 假设在每一小段车辆发送报告的次数最多差一次;

(2) 路段运行时间与交叉口及建成环境的关系

将路段划分为若干节段, 每一节段的运行时间取决于观测到和未观测到的节段属性, 节段属性包括该节段距离下游交叉口的距离、距离人行横道的距离和该节段所属路段的属性; 用线性结构表示与节段的运行时间的解释变量和特定节段的长度对节段运行时间 $t'(x)$ 的影响, 即

$$t'(x) = \sum_j \alpha_j A_j \forall x \in X$$

其中, X 表示路段, x 表示其中某一节段, A_j 表示影响节段运行时间的解释变量的值, α_j 表示各解释变量对节段运行时间的影响程度, 为待估计的参数;

得到路径运行时间的观测值为 $t_{ok} \forall k \in K$, k 表示某一运行时间观测值, K 表示所有运行时间观测值; 各路段观测运行时间是其经过各节段的运行时间之和; 观测路段与节段的关系用 $K \times X$ 关联矩阵 R 表示, 其中各个元素 r_{kx} 表示各观测值 k 经过各节段 x 的距离与该节段总距离的比值;

$$t_{ok} = \sum_x t'(x) \times r_{kx} \forall k \in K$$

于是估计各个节段的运行时间转化成极大似然估计问题:

$$\begin{aligned}\max_x \prod_x p_x &= \prod_x C_m^{n_x} \rho_x^{n_x} (1 - \rho_x)^{m-n_x} = C_m^{n_x} \left(\frac{t'(x)}{T} \right)^{n_x} \left(1 - \left(\frac{t'(x)}{T} \right) \right)^{m-n_x} \\ &= \prod_x C_m^{n_x} \rho_x^{n_x} (1 - \rho_x)^{m-n_x} = C_m^{n_x} \left(\frac{\sum_j \alpha_j A_j}{T} \right)^{n_x} \left(1 - \left(\frac{\sum_j \alpha_j A_j}{T} \right) \right)^{m-n_x}\end{aligned}$$

其中, α_j 为待估计的参数, m 是估计的车辆总数, n_x 为发送报告的车辆数;

$t'(x) = \sum_j \alpha_j A_j \forall x \in X$, 即求出各个节段的运行时间, 再根据路段和节段的

关联矩阵即求出路段的运行时间;

(3) 路段行程时间的分配

1) 路段内行程时间的分配:

在路段上总的运行时间是沿路段各点运行时间 $t''(x)$ 的积分, 即 $T = \int_0^l t''(x) dx$; 而路段内某一段运行时间是沿此段各点运行时间的积分, 即 $t_1 = \int_{l_1}^{l_2} t''(x) dx$;

得到的车辆数的期望等于在该点汇报其位置的概率 $p(x)$ 与试验次数即经过该点的总车辆数 m 的乘积 $E(x) = mp(x)$;

观测到的在该点汇报其位置的车辆数 n_x 是期望的无偏估计, 浮动车在该点的运行时间与浮动车在路段上各点汇报其位置的可能性成正比; 所以, 认为浮动车在该点的运行时间与浮动车在路段上各点汇报其位置的次数成正比, 即 $t(x) \propto p(x) \propto E(x) \propto n_x$;

对路段进行分段, 统计一定时间间隔内在各段期间车辆报告位置的总次数, 则各段的运行时间与路段总运行时间的比值等于在这一段车辆发送报告的总次数与整条路段上车辆发送报告的总次数 $n(x)$ 的比值;

$$\alpha_1 = \frac{t_1}{T} = \frac{\int_{l_1}^{l_2} t''(x) dx}{\int_0^l t''(x) dx} = \frac{\int_{l_1}^{l_2} n(x) dx}{\int_0^L n(x) dx}$$

其中, α_1 表示第一段的运行时间与路段总运行时间的比值, t_1 第一段的运行时间, l_1 、 l_2 表示第一、第二段的起点, L 表示最后一段的终点;

2)路段间行程时间的分配:

在进行路段间出行时间的分配时,仍然沿用路段内行程时间的分配思路,认为在一相同交通状态下,多个车辆连续通过两条或多条路段的任意位置是一独立重复试验;两个路段运行时间的比值根据同时经过这两个路段的车辆在这两个路段上发送报告的总次数之比得到

$$\frac{T_1}{T_2} = \frac{\int_0^{L_1} n'(x)dx}{\int_0^{L_2} n'(x)dx}$$

其中 T_1 、 T_2 分别表示两路段的运行时间, L_1 、 L_2 分别表示两路段的长度,即得出所有路段之间的比值,也就得出了路段间运行时间的分配。

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/CN2017/105633

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

G08G 1/01 (2006.01) i

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

G08G

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

CNPAT; CNKI; WPI; EPODOC: 大连理工大学, 大连市城市规划设计研究院, 钟绍鹏, 隽海民, 邹延权, 王坤, 朱康丽, 车辆数, 车辆, 路段行程时间, 发送报告, 建成环境, 浮动车数据, 交叉口, estimat+, run time, vehicle, crossing, report, number?, float+, segment, travel+, time, estimat+

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
PX	CN 106781468 A (DALIAN UNIVERSITY OF TECHNOLOGY et al.), 31 May 2017 (31.05.2017), claim 1, and description, paragraphs [0005]-[0064]	1
A	CN 105185103 A (SHANGHAI MUNICIPAL ENGINEERING DESIGN INSTITUTE (GROUP) CO., LTD.), 23 December 2015 (23.12.2015), description, paragraphs [0085]-[0170], and figures 1-8	1
A	CN 105679021 A (CHONGQING YUNTU TRAFFIC TECHNOLOGY CO., LTD.), 15 June 2016 (15.06.2016), entire document	1
A	CN 104778834 A (HARBIN INSTITUTE OF TECHNOLOGY), 15 July 2015 (15.07.2015), entire document	1
A	CN 101727746 A (SOOCHOW UNIVERSITY), 09 June 2010 (09.06.2010), entire document	1
A	WO 2013190233 A1 (MEDIAMOBILE), 27 December 2013 (27.12.2013), entire document	1

☐ Further documents are listed in the continuation of Box C.

☒ See patent family annex.

* Special categories of cited documents:	“T” later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
“A” document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance	“X” document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
“E” earlier application or patent but published on or after the international filing date	“Y” document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art
“L” document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)	“&” document member of the same patent family
“O” document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means	
“P” document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed	

Date of the actual completion of the international search 25 December 2017	Date of mailing of the international search report 15 January 2018
Name and mailing address of the ISA State Intellectual Property Office of the P. R. China No. 6, Xitucheng Road, Jimenqiao Haidian District, Beijing 100088, China Facsimile No. (86-10) 62019451	Authorized officer ZHANG, Wei Telephone No. (86-10) 62413562

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.
PCT/CN2017/105633

Patent Documents referred in the Report	Publication Date	Patent Family	Publication Date
CN 106781468 A	31 May 2017	None	
CN 105185103 A	23 December 2015	None	
CN 105679021 A	15 June 2016	None	
CN 104778834 A	15 July 2015	CN 104778834 B	22 February 2017
CN 101727746 A	09 June 2010	CN 101727746 B	25 April 2012
WO 2013190233 A1	27 December 2013	FR 2992060 B1	10 April 2015
		FR 2992060 A1	20 December 2013
		EP 2861937 A1	22 April 2015

国际检索报告

国际申请号

PCT/CN2017/105633

A. 主题的分类

G08G 1/01 (2006.01) i

按照国际专利分类 (IPC) 或者同时按照国家分类和 IPC 两种分类

B. 检索领域

检索的最低限度文献 (标明分类系统和分类号)

G08G

包含在检索领域中的除最低限度文献以外的检索文献

在国际检索时查阅的电子数据库 (数据库的名称, 和使用的检索词 (如使用))

CNPAT; CNKI; WPI; EPDOC: 大连理工大学, 大连市城市规划设计研究院, 钟绍鹏, 隽海民, 邹延权, 王坤, 朱康丽, 车辆数, 车辆, 路段行程时间, 发送报告, 建成环境, 浮动车数据, 交叉口, estimat+, run time, vehicle, crossing, report, number?, float+, segment, travel+, time, estimat+

C. 相关文件

类 型*	引用文件, 必要时, 指明相关段落	相关的权利要求
PX	CN 106781468 A (大连理工大学 等) 2017年 5月 31日 (2017 - 05 - 31) 权利要求1, 说明书第[0005]-[0064]段	1
A	CN 105185103 A (上海市政工程设计研究总院集团有限公司) 2015年 12月 23日 (2015 - 12 - 23) 说明书第[0085]-[0170]段、图1-8	1
A	CN 105679021 A (重庆云途交通科技有限公司) 2016年 6月 15日 (2016 - 06 - 15) 全文	1
A	CN 104778834 A (哈尔滨工业大学) 2015年 7月 15日 (2015 - 07 - 15) 全文	1
A	CN 101727746 A (苏州大学) 2010年 6月 9日 (2010 - 06 - 09) 全文	1
A	WO 2013190233 A1 (MEDIAMOBILE) 2013年 12月 27日 (2013 - 12 - 27) 全文	1

☐ 其余文件在C栏的续页中列出。☒ 见同族专利附件。

* 引用文件的具体类型:

“A” 认为不特别相关的表示了现有技术一般状态的文件

“E” 在国际申请日的当天或之后公布的在先申请或专利

“L” 可能对优先权要求构成怀疑的文件, 或为确定另一篇引用文件的公布日而引用的或者因其他特殊理由而引用的文件 (如具体说明的)

“O” 涉及口头公开、使用、展览或其他方式公开的文件

“P” 公布日先于国际申请日但迟于所要求的优先权日的文件

“T” 在申请日或优先权日之后公布, 与申请不相抵触, 但为了理解发明之理论或原理的在后文件

“X” 特别相关的文件, 单独考虑该文件, 认定要求保护的发明不是新颖的或不具有创造性

“Y” 特别相关的文件, 当该文件与另一篇或者多篇该类文件结合并且这种结合对于本领域技术人员为显而易见时, 要求保护的发明不具有创造性

“&” 同族专利的文件

国际检索实际完成的日期

2017年 12月 25日

国际检索报告邮寄日期

2018年 1月 15日

ISA/CN的名称和邮寄地址

中华人民共和国国家知识产权局 (ISA/CN)
中国北京市海淀区蓟门桥西土城路6号 100088

传真号 (86-10) 62019451

受权官员

张蔚

电话号码 (86-10) 62413562

国际检索报告
关于同族专利的信息

国际申请号

PCT/CN2017/105633

检索报告引用的专利文件			公布日 (年/月/日)	同族专利			公布日 (年/月/日)
CN	106781468	A	2017年 5月 31日	无			
CN	105185103	A	2015年 12月 23日	无			
CN	105679021	A	2016年 6月 15日	无			
CN	104778834	A	2015年 7月 15日	CN	104778834	B	2017年 2月 22日
CN	101727746	A	2010年 6月 9日	CN	101727746	B	2012年 4月 25日
WO	2013190233	A1	2013年 12月 27日	FR	2992060	B1	2015年 4月 10日
				FR	2992060	A1	2013年 12月 20日
				EP	2861937	A1	2015年 4月 22日

表 PCT/ISA/210 (同族专利附件) (2009年7月)