

(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
2024 年 9 月 12 日 (12.09.2024)



(10) 国际公布号
WO 2024/183151 A1

- (51) 国际专利分类号:
G08G 1/01 (2006.01)
- (21) 国际申请号: PCT/CN2023/093404
- (22) 国际申请日: 2023 年 5 月 11 日 (11.05.2023)
- (25) 申请语言: 中文
- (26) 公布语言: 中文
- (30) 优先权:
202310221863.0 2023年3月9日 (09.03.2023) CN
- (71) 申请人: 浙江大学 (ZHEJIANG UNIVERSITY) [CN/CN]; 中国浙江省杭州市西湖区余杭塘路 866 号, Zhejiang 310058 (CN)。
- (72) 发明人: 贺诗波 (HE, Shibo); 中国浙江省杭州市西湖区余杭塘路 866 号, Zhejiang 310058 (CN)。张莹倩 (ZHANG, Yingqian); 中国浙江省杭州市西湖区余杭塘路 866 号, Zhejiang 310058 (CN)。李超 (LI, Chao); 中国浙江省杭州市西湖区余杭塘路 866 号, Zhejiang 310058 (CN)。陈积明 (CHEN, Jiming); 中国浙江省杭州市西湖区余杭塘路 866

号, Zhejiang 310058 (CN)。方毅 (FANG, Yi); 中国浙江省杭州市西湖区余杭塘路 866 号, Zhejiang 310058 (CN)。杨秦敏 (YANG, Qinmin); 中国浙江省杭州市西湖区余杭塘路 866 号, Zhejiang 310058 (CN)。程鹏 (CHENG, Peng); 中国浙江省杭州市西湖区余杭塘路 866 号, Zhejiang 310058 (CN)。

(74) 代理人: 杭州浙科专利事务所 (普通合伙) (HANGZHOU ZHEKE PATENT AGENCY (GENERAL PARTNERSHIP)); 中国浙江省杭州市拱墅区万达商业中心 4 幢 3 单元 1019 室, Zhejiang 310015 (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, CV, CZ, DE, DJ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IQ, IR, IS, IT, JM, JO, JP, KE, KG, KH, KN, KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, MG, MK, MN, MU, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD,

(54) Title: URBAN TRAFFIC SPEED ESTIMATION METHOD BASED ON CROWDSENSING DATA

(54) 发明名称: 基于多源群智感知数据的城市交通速度估计方法

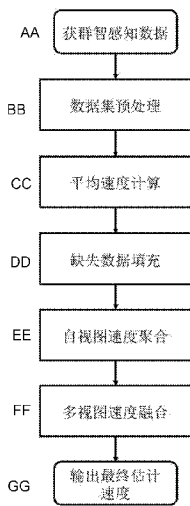


图1

- AA Acquire intelligent group sensing data
BB Data set pre-processing
CC Average speed computation
DD Missing data filling
EE Self-view speed aggregation
FF Multi-view speed fusion
GG Output a final estimated speed

(57) Abstract: Provided is an urban traffic speed estimation method based on crowdsensing data. The method, acquires, on the basis of roadside pedestrian data and on-road navigation data collected by smartphones, a final estimated speed by procedures of missing data filling, self-view speed aggregation, multi-view speed fusion, and the like. The fine-grained large-scale urban traffic speed estimation method can achieve the estimation of speeds of all types of roads, including suburb roads and sideways, instead of focusing on downtown roads. The method is data-driven, requires no extra apparatuses installed on roads, and thus features cost-efficiency, high universality, and great importance for improving traffic management and planning.

(57) 摘要: 一种基于多源群智感知数据的城市交通速度估计方法, 该方法基于智能手机收集的路侧行人数据和路上导航数据, 经过缺失数据填充、自视图速度聚合和多视图速度融合等步骤得到最终的估计速度。该细粒度大规模城市交通速度估计方法能够实现所有类型的道路速度估计, 包含了郊区路段与小路, 而不是只关注市中心主路。该方法基于数据驱动, 无需在道路上安装额外装置, 成本低, 普适性较强, 对改善交通管理和规划具有重要意义。

SE, SG, SK, SL, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ,
UA, UG, US, UZ, VC, VN, WS, 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, CV, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ,
NA, RW, SC, 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, ME, 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)。

根据细则4.17的声明:

— 发明人资格(细则4.17(iv))

本国际公布:

— 包括国际检索报告(条约第21条(3))。

基于多源群智感知数据的城市交通速度估计方法

技术领域

本发明涉及一种交通速度估计方法，特别涉及一种基于多源群智感知数据的城市交通速度估计方法。

背景技术

细粒度大规模城市交通速度估计对城市交通管理和改善具有着重大意义。传统的粗粒度交通速度估计仅基于有限数目的交通传感器对小范围内的路段速度进行计算。如今手机已被越来越多地用于导航目的的，当手机用户使用地图或叫车APP时，服务提供商会记录GPS坐标。这些路上移动导航数据已成为交通监测和传感的重要数据源，并被广泛应用于交通状态估计。然而，移动导航数据空间覆盖不均匀，通常在热点地区会收集到更多的数据而在郊区则很少或没有数据，无法实现细粒度的交通速度估计。除了通过导航目的获得的移动导航数据外，当用户使用微博、美团等移动应用程序时，涉及到基于位置的服务，而许多路边行人在走路时会同时使用手机。与此同时，当一些行人使用具有基于位置服务的手机应用程序时，他们会随机扫描附近的车辆WIFI信号，并报告其当前的位置。我们可以通过行人报告的WIFI列表来过滤车辆的WIFI信号，并根据路边行人的位置来近似出车辆的位置，获得的数据无需部署任何额外设备同时能够覆盖更多的人行道方面。因此可以融合路测行人数据与路上移动导航数据，以一种低成本且精确的方式获得细粒度大规模城市交通速度估计。

发明内容

本发明目的在于对现有研究和技术存在的不足之处加以完善与规范化，提出一种基于多源群智感知数据的城市交通速度估计方法。该方法对交通速度估计方法提出整体的数据处理流程，可以促进城市交通规划和管理，具有实用价值。

本发明的目的通过以下的技术方案实现：

一种基于多源群智感知数据的城市交通速度估计方法，包括以下步骤：

步骤 1，数据集预处理：对智能手机收集的原始数据集进行清洗，分别得到路侧行人数据和路上导航数据；

步骤 2，平均速度计算：利用步骤 1 中的数据集计算当前各个路段在不同时间段内的速度；

步骤 3, 缺失数据填充: 利用步骤 2 中获取的当前各个路段在不同时间段内的速度 $v_{current}$, 结合历史各个路段在不同时间段内的速度 $v_{history}$, 对 $v_{current}$ 中的缺失速度数据进行填充, 得到填充后的速度 v_{filled} ;

步骤 4, 自视图速度聚合: 利用步骤 3 中计算得到的填充后的速度 v_{filled} , 根据历史速度 $v_{history}$ 量化不同路段间的空间依赖性, 集合有用的邻居信息, 得到聚合后的路侧行人速度数据 $v_{sidewalk}$ 和路上移动导航速度数据 $v_{navigation}$;

步骤 5, 多视图速度融合: 根据聚合后的路侧行人速度数据 $v_{sidewalk}$ 和路上移动导航速度数据 $v_{navigation}$, 利用多层感知器 (MLP), 根据时间戳以及当前速度数据是否为填充数据, 对多源速度数据进行融合, 得到融合速度 v_{fusion} , 最终根据道路类型特征对融合速度进行修正, 得到细粒度大规模的城市交通速度估计 $v_{estimate}$ 。

进一步地, 所述步骤 1 具体包括: 通过过滤原始数据中的 APP 使用列表, 得到路上导航数据, 即用户使用高德地图导航、滴滴打车等程序时所上报的个人位置数据, 通过过滤原始数据中的扫描 WIFI 信号列表, 根据列表内是否存在车载 WIFI 信号, 得到路侧行人数据, 即用户在使用手机时无意中扫描到了行驶过车辆的 WIFI 信号并上报个人位置时, 将路侧行人位置近似看作行驶车辆位置。

进一步地, 所述步骤 2 具体包括: 利用步骤 1 清洗过滤得到的数据, 利用隐马尔科夫路网匹配算法将轨迹数据投射到路网中, 从而获得当前各个路段在不同时间段内的速度 $v_{current}$, 其中, 隐马尔科夫路网匹配算法也称作隐马尔可夫模型地图匹配算法, 为公知技术。

进一步地, 所述步骤 3 具体包括: 首先引入掩码矩阵 M 代表速度 $v_{current}$ 的缺失单元:

$$M_{ij} = \begin{cases} 1, & \text{if } v_{current}(i, j) \text{ is missing} \\ 0, & \text{otherwise} \end{cases}$$

其次, 利用历史数据建立历史速度矩阵 $V_{history}$ 提供额外的信息帮助填充缺失数据, 引入另一个掩码矩阵 $M_{history}$ 代表 $V_{history}$ 的缺失单元:

$$M_{history, ij} = \begin{cases} 1, & \text{if } V_{history}(i, j) \text{ is missing} \\ 0, & \text{otherwise} \end{cases}$$

定义一个加权矩阵 W 来衡量历史速度矩阵 $V_{history}$ 中每个项的重要性, 然后, 利用 $V_{current}$ 、 $V_{history}$ 、 M 、 $M_{history}$ 和 W 进行矩阵分解:

$$\begin{aligned} h(\mathbf{V}) &= \frac{1}{2} \|\mathbf{V} \odot \mathbf{M} - \mathbf{V}_{history} \odot \mathbf{M}_{history}\|^2 + \|\mathbf{V}\|^2 + \|\mathbf{V}_{history}\|^2 \\ \lambda(\mathbf{V}) &= - \frac{h(\mathbf{V})}{2} \end{aligned}$$

$$+^{(t)}(i) = - \frac{h(i)}{\sum_{j \in N(i)} h(j)}$$

之后基于更新后的 $+^{(t)}$ 和 $+^{(t)}$ 通过矩阵分解构造损失：

$$\mathcal{L}(i) = \frac{1}{2} \|\odot(-+^{(t)}(i))\|^2 + \|\cdot^{(t)}\|^2 + \|\cdot^{(t)}\|^2$$

之后对权重 $\cdot^{(t)}$ 进行更新：

$$\cdot^{(t+1)} = - \frac{\odot(-+^{(t)}(i))}{\|\cdot^{(t)}\|^2 + \|\cdot^{(t)}\|^2}$$

其中， α 和 β 为学习率参数；

经过迭代更新，得到一个学习完成的加权矩阵 $\cdot$ ，我们可以同时使用 $\cdot$ 和 $\cdot$ 来估算缺失数据：

$$\begin{aligned} & \frac{1}{2} \|\odot(-\cdot)\|^2 + \frac{1}{2} \|\odot\odot(-\cdot)\|^2 + \|\cdot\|^2 + \|\cdot\|^2 \\ & = \odot + (1 - \alpha)\odot \end{aligned}$$

其中， α 表示惩罚项参数， $\cdot$ 和 $\cdot$ 代表原矩阵分解而成的两个子矩阵。

进一步地，所述步骤4具体包括：采用自视图速度聚合来捕捉相邻道路之间的空间相关性，聚合与中心路段高度相关的邻居路段信息，首先，根据历史速度矩阵来计算路段 i 和路段 j 之间的空间相关性 r_{ij} ，并且保留高度相关的部分，忽略不相关信息：

$$\begin{aligned} r_{ij} &= \sqrt{(v_i - v_j)^2}, \quad i, j \in h \\ r_{ij} &= \begin{cases} +\infty, & r_{ij} \geq h \\ r_{ij}, & r_{ij} \leq h \end{cases} \end{aligned}$$

之后，根据空间相关性 r_{ij} 计算得到了路段间的融合系数 ω_{ij} ，进而得到自视图聚合后的路侧行人速度数据 v_{ij} 和路上移动导航速度数据 v_{ij} ：

$$\begin{aligned} \omega_{ij} &= \frac{\exp(-r_{ij}/\lambda)}{\sum_{k \in N(i)} \exp(-r_{ik}/\lambda)} \\ v_{ij} &= \left(1 - \frac{1}{2}\right) * v_{ij} + \frac{1}{2} * v_{ij} \end{aligned}$$

其中， ϵ 代表极小的常量，防止溢出， λ 代表常量缩放值， $N(i)$ 代表路段 i 的邻接集合， v_{ij} 统一代表路侧行人速度数据 v_{ij} 和路上移动导航速度数据 v_{ij} 中的第 i 行即路段 i 的特征表示，不再分开赘述。

进一步地，所述步骤5具体包括：采用多视图速度融合有效融合多源数据，根据表示时间戳特征以及当前速度数据是否为填充数据特征为 is_fill 和 is_time ，之后将特征通过 embedding 层，

并将特征拼接，根据步骤 4 得到的聚合后的路侧行人速度数据 和路上导航速度数据 ，通过多层感知器（MLP）得到融合速度：

$$\begin{aligned} &= \left(\begin{matrix} \text{路侧行人速度数据} \\ \text{路上导航速度数据} \end{matrix} \right) \\ &= \left(\begin{matrix} \text{路侧行人速度数据} \\ \text{路上导航速度数据} \end{matrix} \right) \end{aligned}$$

最后，根据外部因素（即道路类型）来修正估计的速度，根据历史数据，可以很容易地得到每种类型道路的速度分布，将速度分布看作正态分布，将落在分布尾端的速度进行修正，得到最终估计的速度。

与现有技术相比，本发明具有以下创新优势及显著效果：

- 1) 本发明集成了来自多个来源的数据，融合了路侧行人数据和路上导航数据，实现了路网全路段100%覆盖的速度估计，填充了超过70%的缺失数据，并极大降低了速度估计成本，无需额外安装环路探测器或摄像头等单件金额上万设备；
- 2) 本发明针对数据提出规范化处理流程，每个步骤的具体实现方式可以有所变化，具有较强的灵活性与扩展性。

附图说明

图1是本发明的细粒度大范围城市交通速度估计方法流程图；

图2是本发明应用于实施例的步骤3中邻居路段相关性示意图，图中（1）表示路上移动导航数据，（2）表示路侧行人数据；

图3是本发明应用于实施例的步骤3中自视图速度聚合精度提升示意图，图中（1）为路上移动导航数据，（2）为路侧行人数据。

具体实施方式

以下结合附图对本发明的具体实施方法与工作原理作如下详述：

实施例

本实施例对从某地获取的自2020年3月21日至2020年3月28日采集到的用户数据进行处理，数据收集过程进行了匿名保护。数据集包括的具体变量如表1所示：

表1 群智感知数据集

变量名	变量描述
Gid	用户ID
Timestamp	用户上报时间

Lon	用户经度
Lat	用户维度
APP list	用户APP使用列表
WIFI list	用户扫描WIFI列表

本实施例中实现细粒度大规模城市交通速度估计的实施数据集即为上述某地用户数据，其详细实施步骤具体如下：

步骤 1，对表 1 中的原始数据集进行清洗，删除重复记录项等，路上移动导航数据通过过滤原始数据中的 APP 使用列表，筛选例如滴滴，高德地图等导航应用程序中获得。路测行人数据通过通过过滤扫描的 WIFI 列表，筛选含车辆 WIFI 信号的数据得到。

步骤 2，利用步骤 1 清洗过滤得到的数据，利用隐马尔科夫路网匹配算法将轨迹数据投射到路网中，从而获得当前各个路段在不同时间段内的速度。然后，实例计算了上午 8 点至 8:30 不同数据集的道路覆盖情况，如表 2 所示，表中每项代表了在所示例时间段内，不同数据集下的数据对不同类型路段的覆盖率，覆盖率越大则说明数据缺失越小：

表2 同数据集上午8点至上午8:30的道路覆盖情况比较

道路类型	路上导航数据	路测行人数据
所有路段	80.14%	81.52%
主路	92.26%	91.44%
二级道路	87.65%	88.24%
三级道路	79.76%	83.49%
其他道路	70.00%	70.79%

对比发现，不同数据覆盖情况表现不同，在不同的路段中占主导地位而不是在所有情况下总是表现得更好。路上移动导航数据主要集中在主干道，而移动路侧数据分布更均匀。

步骤 3，将步骤 2 中得到当前各个路段在不同时间段内的速度进行数据填充，实例对 2020 年 3 月 28 日有记录的路段缺失的速度数据进行推算。为了提供额外的速度模式信息，以 2020 年 3 月 21 日至 2020 年 3 月 27 日的路上移动导航数据和路测行人数据作为历史数据。经计算，路上移动导航数据和路测行人数据当天的数据分别为 74.5% 和 76.8%。具体来说，本实施例采用学习率 η 为 1×10^{-4} ， α 为 1×10^{-4} ，Adam 优化器中 β_1 为 0.9， β_2 为 0.999。实例首先对正规矩阵分解进行 10 步的预训练，得到好的初始化，然后对加权矩阵的元学习过程运行 30 步。最后，对基于加权矩阵的矩阵分解过程进行 10 步的训练，所提出方法与普通

矩阵分解、张量分解、线性差值、GAIN 和 KNN 填充方法进行了对比，实验结果如表 3 中所示：

表3 不同方法数据填充效果比较

模型	路上移动导航数据			路测行人数据		
	MAE	RMSE	MAPE	MAE	RMSE	MAPE
原数据	8.538	11.242	28.134	9.223	12.043	30.990
普通矩阵分解	8.463	11.255	27.509	9.072	11.920	29.924
线性插值	8.830	11.745	29.016	9.470	12.396	31.430
KNN 填充	8.543	11.312	27.757	9.282	12.138	30.698
GAIN	8.941	12.078	29.108	10.315	13.875	33.094
张量分解	8.590	11.235	30.261	9.150	11.881	32.616
实例方法	8.816	10.828	26.690	8.812	11.521	29.014

表中 MAE 表示平均绝对误差，RMSE 表示均方根误差，MAPE 表示平均绝对百分比误差，误差值越低则方法更优越，从表中看出本实施例所提出的方法相比其他模型在多种评价误差标准下均误差值最低，明显优于其他方法，有良好的缺失数据填充效果。

步骤 4，采用自视图速度聚合来捕捉相邻道路之间的空间相关性，聚合与中心路段高度相关的邻居路段信息。首先，本实施例根据历史速度矩阵来计算路段间的空间相关性，并且保留高度相关的部分，忽略不相关信息：

$$r_{ij} = \sqrt{(v_i - v_j)^2}, \quad i, j \in h$$

$$r_{ij} = \begin{cases} +\infty, & r_{ij} \geq h \\ r_{ij}, & r_{ij} \leq h \end{cases}$$

结果如图 2 所示，各路段的地理距离越近，速度相似性越大；同时，距离越远，差异就越大。

之后，本实施例根据空间相关性计算得到了路段间的融合系数 α_{ij} ，得到了自视图聚合后的速度 $\hat{v}_i$ ：

$$\alpha_{ij} = \frac{\exp(-r_{ij}/h)}{\sum_{j \in h} \exp(-r_{ij}/h)}$$

$$\hat{v}_i = \left(1 - \frac{1}{2}\right) * v_i + \frac{1}{2} * \sum_{j \in h} \alpha_{ij} * v_j$$

结果如图 3 所示，本实施例所提出聚合方法可以很好地结合邻居路段信息来提高中间路段的速度估计精度。

步骤 5，基于步骤 4 中经过自视图聚合的数据，采用多视图速度融合有效融合多源数据，并根据外部因素，即道路类型来修正估计的速度，结果如表 4 所示：

表4 不同方法数据融合效果比较

模型	MAE	RMSE	MAPE
加权平均	7.896	10.459	25.706
梯度迭代	7.635	10.197	25.340
线性回归	7.467	10.094	25.901
增强决策树	7.345	9.740	25.779
实例方法	7.320	9.837	23.877

从表中看出本发明所提出的方法在三种评价下的误差值均小于其他模型，效果明显优于其他方法，有良好的数据融合效果。

以上所述仅是本发明的实施方式，虽然本发明已以较佳实施例披露如上，然而并非用以限定本发明。任何熟悉本领域的技术人员，在不脱离本发明技术方案范围情况下，都可利用上述揭示的方法和技术内容对本发明技术方案做出许多可能的变动和修饰，或修改为等同变化的等效实施例。因此，凡是未脱离本发明技术方案的内容，依据本发明的技术实质对以上实施例所做的任何的简单修改、等同变化及修饰，均仍属于本发明技术方案保护的范围内。

权 利 要 求 书

1.一种基于多源群智感知数据的城市交通速度估计方法，其特征在于，包括以下步骤：

步骤 1，数据集预处理：对智能手机收集的原始数据集进行清洗，分别得到路侧行人数据和路上导航数据；

步骤 2，平均速度计算：利用步骤 1 中的数据集计算当前各个路段在不同时间段内的速度；

步骤 3，缺失数据填充：利用步骤 2 中获取的当前各个路段在不同时间段内的速度，结合历史各个路段在不同时间段内的速度，对中的缺失速度数据进行填充，得到填充后的速度；

步骤 4，自视图速度聚合：利用步骤 3 中计算得到的填充后的速度，根据历史速度量化不同路段间的空间依赖性，集合有用的邻居信息，得到聚合后的路侧行人速度数据和路上移动导航速度数据；

步骤 5，多视图速度融合：根据聚合后的路侧行人速度数据和路上移动导航速度数据，利用多层感知器，根据时间戳以及当前速度数据是否为填充数据，对多源速度数据进行融合，得到融合速度，最终根据道路类型特征对融合速度进行修正，得到细粒度大规模的城市交通估计速度'。

2.根据权利要求 1 所述的一种基于多源群智感知数据的城市交通速度估计方法，其特征在于，所述步骤 1 具体包括：通过过滤原始数据中的 APP 使用列表，得到路上导航数据；通过过滤原始数据中的扫描 WIFI 信号列表，根据列表内是否存在车载 WIFI 信号，得到路侧行人数据。

3.根据权利要求 1 所述的一种基于多源群智感知数据的城市交通速度估计方法，其特征在于，所述步骤 2 具体包括：利用步骤 1 清洗过滤得到的数据，利用隐马尔科夫路网匹配算法将轨迹数据投射到路网中，从而获得当前各个路段在不同时间段内的速度。

4. 根据权利要求 1 所述的一种基于多源群智感知数据的城市交通速度估计方法，其特征在于，所述步骤 3 具体包括：首先引入掩码矩阵代表速度的缺失单元：

$$M_{ij} = \begin{cases} 1, & \text{if } v_{ij} \neq 0 \\ 0, & \text{if } v_{ij} = 0 \end{cases}$$

其次，利用历史数据建立历史速度矩阵提供额外的信息帮助填充缺失数据，引入另一个掩码矩阵代表历史速度矩阵的缺失单元：

$$w_{ij} = \begin{cases} 1, & \text{if } i=j \\ 0, & \text{otherwise} \end{cases}$$

定义一个加权矩阵 W 来衡量历史速度矩阵 V 中每个项的重要性，然后，利用 W 、 V 、 N 和 U 进行矩阵分解：

$$\begin{aligned} h(i) &= \frac{1}{2} \| \odot (V - U) \|^2 + \| U \|^2 + \| V \|^2 \\ u^+(i) &= - \frac{h(i)}{\lambda} \\ v^+(i) &= - \frac{h(i)}{\lambda} \end{aligned}$$

之后基于更新后的 u^+ 和 v^+ 通过矩阵分解构造损失：

$$L(i) = \frac{1}{2} \| \odot (V - u^+(i)) \|^2 + \| u^+(i) \|^2 + \| v^+(i) \|^2$$

之后对权重 w_{ij} 进行更新：

$$w_{ij} = \frac{1}{1 + \exp(-\lambda L(i))}$$

其中， λ 和 μ 为学习率参数；

经过迭代更新，得到一个学习完成的加权矩阵 W ，可以同时使用 W 和 V 来估算缺失数据 V ：

$$\begin{aligned} \hat{V} &= \frac{1}{2} \| \odot (V - U) \|^2 + \frac{1}{2} \| \odot (V - V) \|^2 + \| U \|^2 + \| V \|^2 \\ &= \odot + (1 - \odot) \odot \end{aligned}$$

其中， $\odot$ 表示惩罚项参数， U 和 V 代表原矩阵分解而成的两个子矩阵。

5. 根据权利要求1所述的一种基于多源群智感知数据的城市交通速度估计方法，其特征在于，所述步骤4具体包括：采用自视图速度聚合来捕捉相邻道路之间的空间相关性，聚合与中心路段高度相关的邻居路段信息，首先，根据历史速度矩阵来计算路段 i 和路段 j 间的空间相关性 r_{ij} ，并且保留高度相关的部分，忽略不相关信息：

$$\begin{aligned} r_{ij} &= \sqrt{(v_i - v_j)^2}, \quad i, j \in h \\ r_{ij} &= \begin{cases} +\infty, & r_{ij} \geq h \\ r_{ij}, & r_{ij} \leq h \end{cases} \end{aligned}$$

之后，根据空间相关性 r_{ij} 计算得到路段间的融合系数 α_{ij} ，进而得到自视图聚合后的路侧行人速度数据 v_i 和路上移动导航速度数据 v_j ：

$$\alpha_{ij} = \frac{\exp(-r_{ij}/h)}{\exp(-r_{ij}/h) + 1}$$

$$v_i = \left(1 - \frac{\epsilon}{2}\right) * v_{i-1} + \frac{\epsilon}{2} * v_{i+1}$$

其中， ϵ 代表极小的常量，防止溢出， α 代表常量缩放值， N_i 代表路段 i 的邻接集合， v_i 统一代表路侧行人速度数据 v_{sid} 和路上移动导航速度数据 v_{nd} 中的第 i 行即路段 i 的特征表示。

6. 根据权利要求 1 所述的一种基于多源群智感知数据的城市交通速度估计方法，其特征在于，所述步骤 5 具体包括：采用多视图速度融合多源速度数据，根据表示时间戳特征是否为填充数据特征为 is_fill_time ，当前速度数据是否为填充数据特征为 is_fill_speed ，之后将特征通过 embedding 层，并将特征拼接，根据步骤 4 得到的聚合后的路侧行人速度数据 v_{sid} 和路上移动导航速度数据 v_{nd} ，通过多层感知器得到融合速度 $v_{融合}$ ：

$$v_{融合} = \text{Embedding} \left(\begin{matrix} v_{sid} \\ v_{nd} \end{matrix} \right)$$

$$v_{融合} = \text{MLP} \left(\begin{matrix} v_{融合} \\ is\_fill\_time \\ is\_fill\_speed \end{matrix} \right)$$

最后，根据道路类型特征来修正估计的速度，根据历史数据，得到每种类型道路的速度分布，将速度分布看作正态分布，将落在分布尾端的速度进行修正，得到最终估计的速度 $v_{最终}$ 。

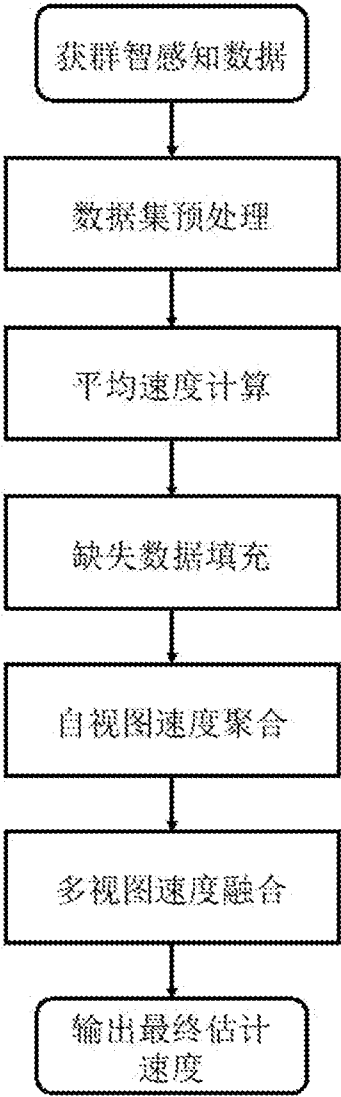


图1

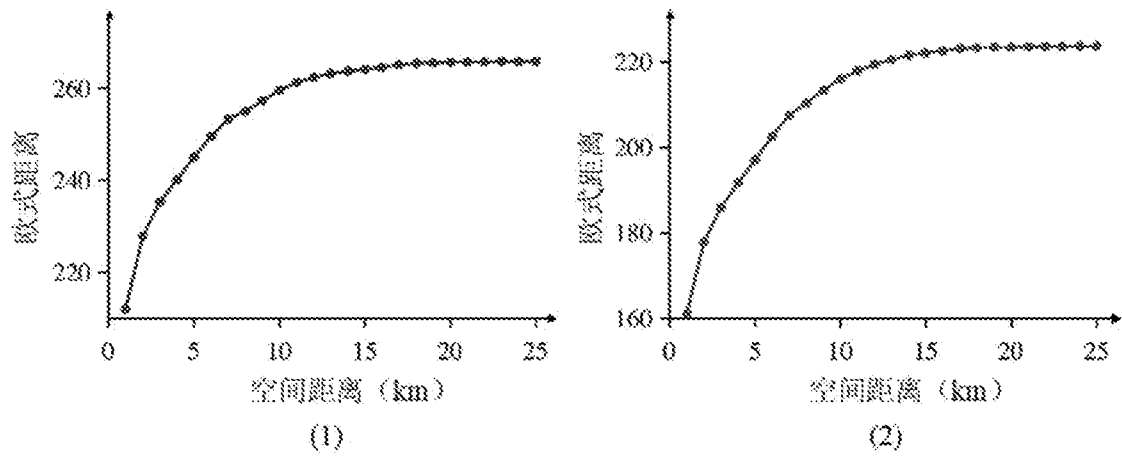


图2

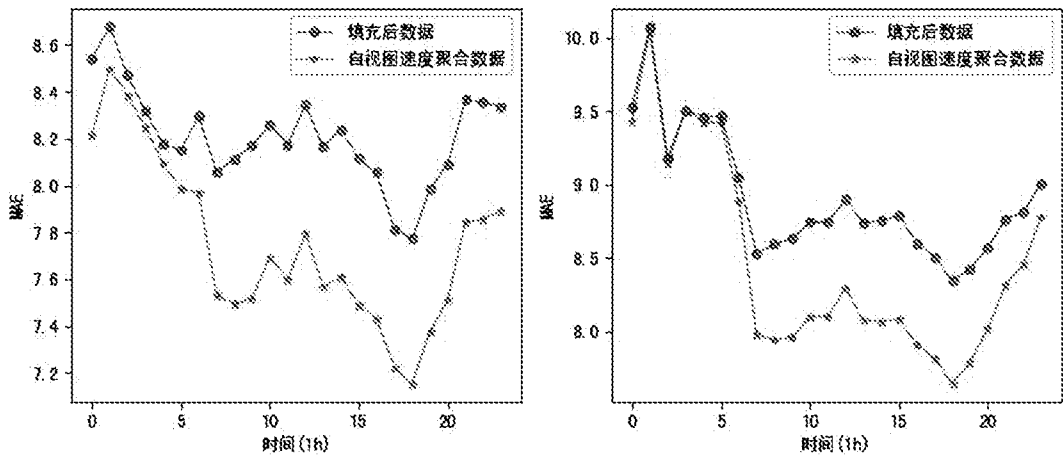


图 3

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/CN2023/093404

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

G08G1/01(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)

IPC: G08G, G06F, G06N, G06Q

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)

CNABS, VEN, ENTXT, CNTXT, CNKI, IEEE, 万方, WANFANG, 读秀, DUXIU: 交通, 道路, 速度, 估计, 预估, 手机, APP, 移动电话, 智能终端, 便携设备, 车辆, 行人, 路人, 步行者, 缺失, 补全, 填充, 补充, 历史, 多层感知器, 融合, traffic, road, speed, estimate, predict, mobile, smart, portable, device, terminal, phone, vehicle, pedestrian, lack, loss, incomplete, complement, history, multi layer perceptron, fusing

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	CN 102737510 A (ZHEJIANG UNIVERSITY) 17 October 2012 (2012-10-17) description, paragraphs 8-24	1-6
Y	CN 108335482 A (ASIAINFO (JIANGSU) DATA TECHNOLOGY CO., LTD.) 27 July 2018 (2018-07-27) description, paragraphs 18-23	1-6
A	CN 104217593 A (BEIHANG UNIVERSITY) 17 December 2014 (2014-12-17) entire document	1-6
A	CN 105513359 A (BEIJING UNIVERSITY OF TECHNOLOGY) 20 April 2016 (2016-04-20) entire document	1-6
A	CN 109410586 A (CENTRAL SOUTH UNIVERSITY) 01 March 2019 (2019-03-01) entire document	1-6
A	CN 114120635 A (XINGMIN ZHITONG (WUHAN) AUTOMOTIVE TECHNOLOGY CO., LTD.) 01 March 2022 (2022-03-01) entire document	1-6



Further documents are listed in the continuation of Box C.



See patent family annex.

* Special categories of cited documents:

“A” document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance
 “D” document cited by the applicant in the international application
 “E” earlier application or patent but published on or after the international filing date
 “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)
 “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

“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

“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

“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

“&” document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

24 November 2023

Date of mailing of the international search report

04 December 2023

Name and mailing address of the ISA/CN

China National Intellectual Property Administration (ISA/
CN)
China No. 6, Xitucheng Road, Jimenqiao, Haidian District,
Beijing 100088

Authorized officer

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/CN2023/093404

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	CN 114445252 A (SOUTHERN UNIVERSITY OF SCIENCE AND TECHNOLOGY) 06 May 2022 (2022-05-06) entire document	1-6
A	CN 114925836 A (OCEAN UNIVERSITY OF CHINA) 19 August 2022 (2022-08-19) entire document	1-6
A	US 2007208501 A1 (INRIX, INC.) 06 September 2007 (2007-09-06) entire document	1-6
A	邢吉平 (XING, Jiping). "基于多源数据融合的城市路网交通流量估计方法研究 (Study on the Urban Network Volume Estimation Based on Multisource Data Fusion)" 中国博士学位论文全文数据库 (China Doctoral Dissertations Full-text Database), 15 May 2022 (2022-05-15), entire document	1-6
A	ZHANG, Rong et al. "Hybrid Traffic Speed Modeling and Prediction Using Real-world Data" 2015 IEEE International Congress on Big Data, 20 August 2015 (2015-08-20), entire document	1-6

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.

PCT/CN2023/093404

Patent document cited in search report			Publication date (day/month/year)	Patent family member(s)	Publication date (day/month/year)
CN	102737510	A	17 October 2012	None	
CN	108335482	A	27 July 2018	None	
CN	104217593	A	17 December 2014	None	
CN	105513359	A	20 April 2016	None	
CN	109410586	A	01 March 2019	None	
CN	114120635	A	01 March 2022	None	
CN	114445252	A	06 May 2022	None	
CN	114925836	A	19 August 2022	None	
US	2007208501	A1	06 September 2007	None	

A. 主题的分类 G08G1/01(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) IPC: G08G, G06F, G06N, G06Q 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)) CNABS, VEN, ENTXT, CNTXT, CNKI, IEEE, 万方, 读秀: 交通, 道路, 速度, 估计, 预估, 手机, APP, 移动电话, 智能终端, 便携设备, 车辆, 行人, 路人, 步行者, 缺失, 补全, 填充, 补充, 历史, 多层感知器, 融合, traffic, road, speed, estimate, predict, mobile, smart, portable, device, terminal, phone, vehicle, pedestrian, lack, loss, incomplete, complement, history, multi layer perceptron, fusing		
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
Y	CN 102737510 A (浙江大学) 2012年10月17日 (2012 - 10 - 17) 说明书第8-24段	1-6
Y	CN 108335482 A (亚信蓝涛(江苏)数据科技有限公司) 2018年7月27日 (2018 - 07 - 27) 说明书第18-23段	1-6
A	CN 104217593 A (北京航空航天大学) 2014年12月17日 (2014 - 12 - 17) 全文	1-6
A	CN 105513359 A (北京工业大学) 2016年4月20日 (2016 - 04 - 20) 全文	1-6
A	CN 109410586 A (中南大学) 2019年3月1日 (2019 - 03 - 01) 全文	1-6
A	CN 114120635 A (兴民智通(武汉)汽车技术有限公司) 2022年3月1日 (2022 - 03 - 01) 全文	1-6
☒ 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 “D” 申请人在国际申请中引证的文件 “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 2023年11月24日		国际检索报告邮寄日期 2023年12月4日
ISA/CN的名称和邮寄地址 中国国家知识产权局 中国北京市海淀区蓟门桥西土城路6号 100088		授权官员 徐莹 电话号码 (+86) 010-62085817

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
A	CN 114445252 A (南方科技大学) 2022年5月6日 (2022 - 05 - 06) 全文	1-6
A	CN 114925836 A (中国海洋大学) 2022年8月19日 (2022 - 08 - 19) 全文	1-6
A	US 2007208501 A1 (INRIX INC) 2007年9月6日 (2007 - 09 - 06) 全文	1-6
A	邢吉平. "基于多源数据融合的城市路网交通流量估计方法研究" 中国博士学位论文全文库, 2022年5月15日 (2022 - 05 - 15), 全文	1-6
A	Rong Zhang等. "Hybrid Traffic Speed Modeling and Prediction Using Real-world Data" 2015 IEEE International Congress on Big Data, 2015年8月20日 (2015 - 08 - 20), 全文	1-6

国际检索报告
关于同族专利的信息

国际申请号

PCT/CN2023/093404

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	102737510	A	2012年10月17日	无	
CN	108335482	A	2018年7月27日	无	
CN	104217593	A	2014年12月17日	无	
CN	105513359	A	2016年4月20日	无	
CN	109410586	A	2019年3月1日	无	
CN	114120635	A	2022年3月1日	无	
CN	114445252	A	2022年5月6日	无	
CN	114925836	A	2022年8月19日	无	
US	2007208501	A1	2007年9月6日	无	