

基于大规模浮动车 GPS 数据的实时地图匹配方法

一、 课题描述

1.1 研究背景

浮动车是当前智能交通系统（ITS）中获取道路交通信息的重要手段之一。大量装有车载 GPS 定位系统的公交车、出租车源源不断地将自己的车辆信息（如时间、坐标、速度、方向角等）传送到一个数据中心，通过对这些实时数据的分析处理后，就可以获得某个地区的实时交通状态信息。

地图匹配技术是浮动车数据处理中的关键技术，当带有 GPS 设备的车辆在路上行驶时，我们只能得到带有时间戳的轨迹点坐标序列。即便是轨迹点落入了相应的道路，我们也无法直接确定行驶的具体路径，更不用说 GPS 设备的误差了。地图匹配可以将 GPS 定位点匹配到正确的路段上，从而获得准确的交通状态信息。因此，地图匹配技术已经成为近年来浮动车系统研究的热点，越来越多的受到研究人员的重视。

世界各地的研究人员使用不同的技术开发了许多地图匹配算法，例如空间道路网络数据的拓扑分析、概率论、卡尔曼滤波器等算法。由于先进技术在地图匹配过程中的应用以及定位和空间道路网络数据质量的提高，这些算法的性能多年来得到了提高。但是，其中很多算法更关心地图匹配结果的准确性，而不是计算的速度。但在实践中，实时交通信息对于缓解高速公路拥堵很重要，而地图匹配是计算实时交通信息的基础。

基于以上背景，本课题把大规模浮动车数据的实时地图匹配算法作为研究主题，力争设计一种运行速度快、匹配准确率高，且科学合理的地图匹配算法，使浮动车数据能够被最有效的利用。

1.2 研究目的和意义

地图匹配的效果直接关系浮动车数据质量的好坏。如果花费巨大成本所获得的浮动车数据不能被正确的处理和利用，那么无疑是在浪费资金，并且没有经过准确匹配的浮动车数据，会严重影响对交通状况的分析，从而影响 ITS（智能交通系统）的信息服务质量和交通管理水平。通过进行地图匹配，能够较为连续和准确地得到车辆的位置信息，提高地图匹配定位精度，也可以提高交通设施和道

路的利用率，减少阻塞，增加交通的机动性，降低交通工具对环境的污染，改善道路安全，减少交通事故的发生。但是由于现有的算法都存在着一定的缺陷，难以满足现在交通迅速发展的要求。因此，设计实现一个具有较强的实时性和鲁棒性，以及较高的匹配精度的算法，对改善我国交通状况具有重要的意义，同时也可以有力促进我国的经济发展。

1.3 研究内容

为了得到一个实时性较好且较准确的地图匹配算法，本课题从以下方面进行研究：

（1）介绍地图匹配算法的研究背景、目的和意义以及现有的实时地图匹配算法，并对这些已有的算法进行了重点的分析和比较，找出它们的优缺点，同时指出了算法的改进方向。

（2）针对浮动车 GPS 数据预处理部分进行研究，根据浮动车 GPS 的特点来清洗数据。

（3）针对 GIS 电子地图网格化进行研究，确定网格的长度和宽度；研究如何提高网格搜索的效率，并确定网格索引的方式；

（4）针对候选路段的获取进行研究，分析各种策略的优缺点，根据道路信息和车辆信息来提前筛选候选路段，利用候选路段的匹配策略来获得候选路段集；其次，选择一种运算时间少的距离计算方法来确定 GPS 点的路段，从众多的候选路段中挑选出最有可能是车辆行驶的道路。

（5）通过数据集来对提出的地图匹配算法进行验证，分析算法的准确性和运行效率，将浮动车的连续轨迹点投影到地图上来分析算法的匹配精确度，并分析算法空间复杂度和时间复杂度。

二、 课题检索

课题题目	基于大规模浮动车 GPS 数据的实时地图匹配方法	
删除词	基于、大规模、数据、方法	
补充替换的词	GPS—— 同位词 全球定位系统（全称） 上位词 定位系统 上上位词 定位 相关词 导航、车辆 实时—— 近义词 快速	
检索词	中文	GPS、全球定位系统、定位系统、定位、导航、浮动车、车辆、 快速、实时、地图匹配
	英文	GPS、positioning system、position、navigation、floating car、 car、quick、real-time、map matching
检索式	中文	(GPS OR 全球定位系统 OR 定位系统 OR 定位 OR 导航 OR 浮动车 OR 车辆) AND （实时 OR 快速）AND 地图匹配
	英文	(GPS or positioning system or position or navigation or floating car or car) and (real NEAR/1 time or quick) and (map NEAR/1 matching)
选择的检索工具	中文	CNKI-中国知网、万方、智慧芽
	英文	EI、IEEE、Science Direct、Web of Science

三、 检索过程

3.1 EI 数据库检索

(1) 检索式

Search: (((GPS or positioning system or position or navigation or floating car or car) and (real NEAR/1 time or quick) and (map NEAR/1 matching)) WN KY)

(2) 检索结果

在数据库内共检索到 **571** 条记录（1884 年-2022 年），查看检索到的结果的年份信息，如下图 1 所示。

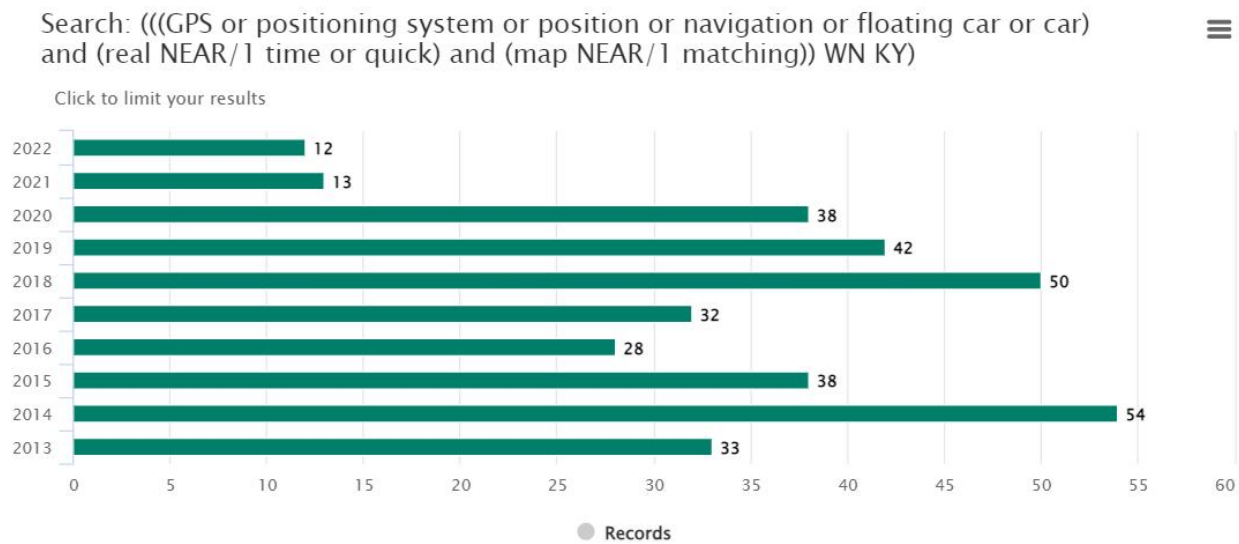


图 1

(3) 重要文献

[1] Han Y, Kim Y, Ku J, et al. Map Matching Algorithm for Real-Time Data Processing of Non-route GPS Data in Seoul[J]. KSCE Journal of Civil Engineering, 2021, 25(9): 3511-3522.

[2] Hsueh Y L, Chen H C. Map matching for low-sampling-rate GPS trajectories by exploring real-time moving directions[J]. Information Sciences, 2018, 433: 55-69.

[3] Zhao D, Liu X, Guo L. Real time map matching algorithm of floating car in support of spatial grid index[J]. J Comput Aid Des Comput Graph, 2014, 26: 1550, 2014, 1556.

3.2 ScienceDirect 数据库检索

(1) 检索式

Search: (GPS or positioning system or position or navigation or floating car or car) and (real NEAR/1 time or quick) and (map NEAR/1 matching)

（2）检索结果

在数据库内共检索到 **317** 条记录（1995 年-2022 年）。

（3）重要文献

- [1] Li J, Boonaert J, Doniec A, et al. Multi-models machine learning methods for traffic flow estimation from Floating Car Data[J]. Transportation Research Part C: Emerging Technologies, 2021, 132: 103389.
- [2] Hashemi M, Karimi H A. A critical review of real-time map-matching algorithms: Current issues and future directions[J]. Computers, Environment and Urban Systems, 2014, 48: 153-165.

3.3 Web of Science 数据库检索

（1）检索式

Search: ((TS=((GPS OR positioning system OR position OR navigation OR floating car OR car))) AND TS=((real NEAR/1 time OR quick))) AND TS=((map NEAR/1 matching))

（2）检索结果

输入检索式，选择出版年份为：2000 年 1 月 1 日-2022 年 6 月 9 日，在数据库内共检索到 **501** 条记录，如下图 2 所示。

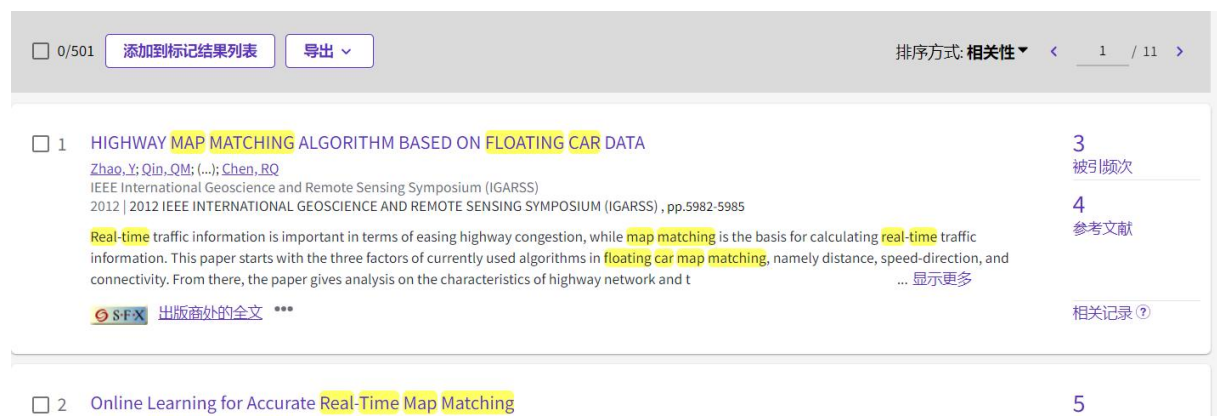


图 2

（3）重要文献

- [1] Zhao Y, Qin Q, Li J, et al. Highway map matching algorithm based on floating car data[C]//2012 IEEE International Geoscience and Remote Sensing Symposium. IEEE, 2012: 5982-5985.
- [2] Zuyun W, Yong D, Gang W, et al. A quick map-matching algorithm by using grid-based selecting[C]//2008 International Workshop on Education Technology and Training & 2008 International Workshop on Geoscience and Remote Sensing. IEEE, 2008, 1: 306-311.

3.4 IEEE 全文数据库检索

(1) 检索式

2)
检

Search: ((GPS OR positioning system OR position OR navigation OR car) AND (real NEAR/1 time OR quick) AND (map NEAR/1 matching))

索结果

输入检索式，选择出版年份为：2001 年-2022 年，在数据库内共检索到 **130** 条记录，如下图 3 所示。

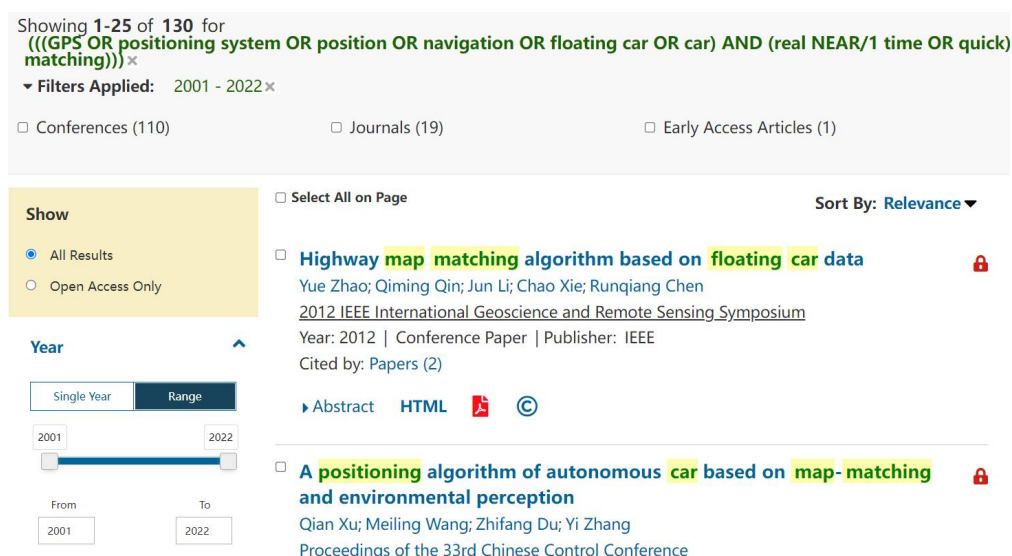


图 3

(3) 重要文献

- [1] Yang L, Ke Z, Tan L, et al. The research on real-Time map-matching algorithm[C]//2012 International Conference on Industrial Control and Electronics Engineering. IEEE, 2012: 1973-1976.
- [2] Liu M, Li M. Research on floating car map matching algorithm[C]//2017 25th International Conference on Geoinformatics. IEEE, 2017: 1-5.
- [3] Chen C, Yang B. A Fast Map Matching Method by Using Grid Index[C]//2017 10th International Conference on Intelligent Computation Technology and Automation (ICICTA). IEEE, 2017: 75-79.

3.5 万方数据库检索

(1) 检索式

检索表达式（中英文扩展&主题词扩展）：（主题：((GPS OR 全球定位系统 OR 定位系统 OR 定位 OR 导航 OR 浮动车 OR 车辆) AND （实时 OR 快速） and 题名或关键词：(地图匹配)) and Date:2000-*

(2) 检索结果

输入检索式，选择出版年份为：2000 年-至今，在数据库内共检索到 **430** 条记录，如下图 4 所示。



图 4

(3) 重要文献

- [1] 徐松杰,陈紫强. 基于网格分块的快速地图匹配算法[J]. 桂林电子科技大学学报,2014(1):33-36. DOI:10.3969/j.issn.1673-808X.2014.01.008.
- [2] 李杰, 张文栋, 张樾. 一种导航地图匹配算法[J]. 计算机辅助设计与图形学学报, 2007, 19(2): 268-271.
- [3] 杨新勇, 黄圣国. 地图匹配算法中的待配路段快速筛选方法[J]. 华南理工大学学报: 自然科学版, 2004, 32(2): 62-66.
- [4] 汪杰宇. 一种基于浮动车数据的快速地图匹配算法[J]. 数字技术与应用,2015(1):122-124.

3.6 知网数据库检索

(1) 检索式

检索表达式 (中英文扩展): SU%=(GPS or 全球定位系统 or 定位系统 or 定位 or 导航 or 浮动车 or 车辆) and (实时 or 快速) and TI=地图匹配

(2) 检索结果

输入检索式，在数据库内共检索到 **321** 条记录，如下图 5 所示。

检索范围: 总库

主题定制

检索历史

共找到 321 条结果 1/17

☐ 全选

已选: 0

清除

批量下载

导出与分析

排序: 相关性

发表时间

被引↓

下载

综合

显示 20

题名	作者	来源	发表时间	数据库	被引	下载	操作
<input type="checkbox"/> 1 GPS车辆导航中的实时地图匹配算法	苏洁; 周东方; 岳春生	测绘学报	2001-08-25	期刊	237	1755	↓ 📄 🌟 🔖
<input type="checkbox"/> 2 基于GPS轨迹数据的地图匹配算法	李清泉; 黄练	测绘学报	2010-04-15	期刊	159	3208	↓ 📄 🌟 🔖
<input type="checkbox"/> 3 GPS定位与地图匹配方法研究	钟海丽; 童瑞华; 李军; 陈宏盛	小型微型计算机系统	2003-01-21	期刊	137	1377	↓ 📄 🌟 🔖
<input type="checkbox"/> 4 一个基于位置点匹配的地图匹配算法	王轲; 王勇峰; 刘积仁	东北大学学报	1999-08-15	期刊	134	980	↓ 📄 🌟 🔖
<input type="checkbox"/> 5 基于代价函数的组合导航系统地图匹配算法	彭飞; 柳重堪; 张其普	北京航空航天大学学报	2002-06-30	期刊	128	682	↓ 📄 🌟 🔖
<input type="checkbox"/> 6 基于大规模浮动车数据的地图匹配算法	章威; 徐建闽; 林绵峰	交通运输系统工程与信息	2007-04-30	期刊	115	1750	↓ 📄 🌟 🔖

图 5

(3) 重要文献

- [1] 何汶黛, 干瑞杰, 付茂沼, 等. 基于权重的地图匹配算法研究[J]. 中国民航飞行学院学报, 2020, 31(01): 61-63+67.
- [2] 刘培. 基于浮动车数据的地图匹配算法研究[D]. 北京: 北京交通大学, 2007.
- [3] 章威, 徐建闽, 林绵峰. 基于大规模浮动车数据的地图匹配算法[J]. 交通运输系统工程与信息, 2007, 7(2): 39-45.
- [4] 邹珍. 基于GPS的浮动车数据与实地图匹配的算法研究[D]. 武汉理工大学, 2013.

3.7 智慧芽检索

(1) 检索式

检索表达式: TA:(GPS OR 全球定位系统 OR 定位系统 OR 定位 OR 导航 OR 浮动车 OR 车辆) AND TA:(实时 OR 快速) AND TA:(地图匹配)

(2) 检索结果

输入检索式, 在数据库内共检索到 **234** 条记录。

(3) 重要文献

- [1] 长安大学. 一种基于路段密度的地图网格划分方法: 201910231199.1 [P]. 2019.08.02 .

四、 课题调研报告

基于浮动车GPS数据的实时地图匹配算法研究进展

交通拥堵现在已经逐渐成为我国大中城市的首要难题,如何及时地反映这些道路上路况,为出行者提供准确的导向成为智能交通领域亟待解决的问题。传统的道路交通信息采集方式已经不能够适应快速增长的道路数量和车辆保有量,浮动车技术作为一种崭新的城市路况信息获取、道路建设和出行规划方式已经逐步成为研究热点^[1]。而基于大规模浮动车数据的地图匹配则是浮动车技术中必须解决的关键技术问题。

现阶段,我国的部分城市已经拥有相当数量的浮动车,交通部门可以充分有效地利用这些装有终端设备的车辆采集的交通流数据,通过一定的通信手段,采取相应的技术措施,对道路网上的路况实现全天候的监测,而不需要投入更多的时间和金钱^[2]。为了能够实时获取道路状况信息,从而预测交通拥堵状况,实时地图匹配算法是非常有必要的。

世界各地的研究人员已经提出了许多地图匹配算法。根据算法处理的轨迹范围,地图匹配可以分为局部地图匹配方法和全局地图匹配方法^[3]。局部算法主要用于实时地图匹配,全局算法主要用于离线地图匹配。与局部算法不同,全局算法考虑了整个 GPS 轨迹,因此全局匹配算法通常比局部方法更准确,但耗时较多,不能实时处理地图匹配。本课题重点对实时地图匹配算法的研究现状进行了研究。

现有地图匹配算法所消耗的时间主要是在选择候选路段和地图匹配计算上^[4]。对于前者,如果在整个规模非常大的路网中进行搜索,将耗费大量时间,尤其是北京等百万级规模的路网。目前有些研究已经提出了一些方法来解决这个问题。南京航空航天大学的杨新勇、黄圣国(2004)提出了一种待配路段数据存储结构及其快速索引机制^[5],该研究的网格数据存储结构采用了两级重叠网络划分的“交错式移动窗口技术”,可以对待配路段进行快速筛选。该研究虽然使用了两级重叠网络来提高筛选路段的速度,但该研究选择候选路段的标准很简单,只考虑了距离因素。中北大学的李杰(2007)在分析了影响地图匹配算法实时性、鲁棒性及匹配精度等因素的基础上,引入道路网络的分块思想^[6],该研究采用网格

技术进行地图匹配,并利用了车辆轨迹运动的连续特性和车辆轨迹点的投影距离和方向夹角信息,提出了一种新型快速地图匹配算法,通过将地图进行网络分块来提高了地图匹配算法的实时性。该研究考虑了除距离因素外的其他道路和车辆信息,但该研究没有充分利用路网信息,只是简单地将路段投影到经过的网格上,这不仅会导致要存储的网格数增加,而且会导致存储冗余。华南理工大学的章威(2007)对大规模浮动车数据地图匹配进行了研究,在分析了基于浮动车数据的地图匹配与传统的导航地图匹配的异同点的基础上,采取多模型相对独立的方式来构成地图匹配模型链^[1]。该研究考虑了车辆信息(方向角)和道路信息(道路角度),且设计了一种道路拓扑结构来提高搜索效率,但该算法将轨迹点投影到路段需要更多的时间。

为了解决文献[5][6][1]的问题,C. Chen提出了一种基于网格索引的top K候选断面方法,可以快速确定地图匹配[4]。利用网格索引的方式,结合路网的特点,建立对候选点的索引,从而可以减少存储冗余。在选择候选路段时,综合距离和方向的相似性来进行选择。另外,该研究直接使用轨迹点和路段的坐标,使用海伦公式计算距离,因此,可以不用将轨迹点投影到路段,提高了计算效率。该研究虽然解决了以上三个问题,但仍存在两个问题,一是该研究均匀划分网格,使得网格内路段数量有极大的差异,从而导致地图匹配时处理效率低下;二是该研究虽然考虑了道路信息和车辆信息来分析轨迹和路网结构的相似性,但在复杂路网(如交叉口)极易出现匹配错误。对于以上两种问题,分别有研究人员提出了相应的解决方案。对于问题一,康军等人提出一种基于路段密度的地图网格划分方法[7],基于路段密度来划分地图网格,使得每个网格内路段的数量相接近,从而提高处理的效率,减少系统资源的浪费。对于问题二,何汶黛等人提出了一种改进的基于权重的地图匹配算法[8],通过权重模型计算出定位点与各个候选匹配路段的匹配权重,在一定程度上提高了地图匹配算法的效率。

综上所述,地图匹配技术在匹配候选路段的确定方面进行了多方面的研究。网格匹配算法是目前点到线段匹配中实时性较好的技术。但在匹配前需要根据相应的规则建立电子地图的网格库,有一定的工作量;在匹配定位轨迹点到网格时,需要采用折半查找技术^[9]。虽然许多研究人员提出了各种网格匹配算法,但如何提高网格匹配技术的准确性仍是一个未来需要解决的问题。

参考文献

- [1] 章威, 徐建闽, 林绵峰. 基于大规模浮动车数据的地图匹配算法[J]. 交通运输系统工程与信息, 2007, 7(2): 39-45.
- [2] 邹珍. 基于GPS的浮动车数据与实地图匹配的算法研究[D]. 武汉理工大学, 2013.
- [3] Liu M, Li M. Research on floating car map matching algorithm[C]//2017 25th International Conference on Geoinformatics. IEEE, 2017: 1-5.
- [4] Chen C, Yang B. A Fast Map Matching Method by Using Grid Index[C]//2017 10th International Conference on Intelligent Computation Technology and Automation (ICICTA). IEEE, 2017: 75-79.
- [5] 杨新勇, 黄圣国. 地图匹配算法中的待配路段快速筛选方法[J]. 华南理工大学学报: 自然科学版, 2004, 32(2): 62-66.
- [6] 李杰, 张文栋, 张樨. 一种导航地图匹配算法[J]. 计算机辅助设计与图形学学报, 2007, 19(2): 268-271.
- [7] 长安大学. 一种基于路段密度的地图网格划分方法: 201910231199.1 [P]. 2019.08.02 .
- [8] 何汶黛, 干瑞杰, 付茂沼, 等. 基于权重的地图匹配算法研究[J]. 中国民航飞行学院学报, 2020, 31(01): 61-63+67.
- [9] 刘培. 基于浮动车数据的地图匹配算法研究[D]. 北京: 北京交通大学, 2007.