

基于北斗导航定位技术的车辆跟踪系统设计

杨 智, 申 哲, 刘坤敏, 曹新亮*, 张卫东

延安大学物理与电子信息学院, 陕西 延安

收稿日期: 2025年10月9日; 录用日期: 2025年11月4日; 发布日期: 2025年11月12日

摘 要

车辆定位监控系统是基于卫星定位、移动通信等技术能对车辆运行状况进行实时跟踪监测的装置, 在物流追踪、户外作业监控等场景中具有重要应用价值。本研究基于北斗导航系统(BDS)与GPS双模定位技术, 结合STM32F103C8T6处理器、无线通信模块、传感器等单元电路, 通过实时解析获取的经纬度与时间等信息, 实现米级的定位精度, 对车辆位置进行精准动态监测。并且通过无线通信模块对位置信息进行实时传输, 在终端调用百度地图实时查看位置, 实现了行驶轨迹的跟踪显示。

关键词

全球导航定位技术, STM32单片机, LORA通信, 行驶轨迹

Design of a Vehicle Tracking System Based on BeiDou Navigation and Positioning Technology

Zhi Yang, Zhe Shen, Kunmin Liu, Xinliang Cao*, Weidong Zhang

College of Electronic and Information, Yan'an University, Yan'an Shaanxi

Received: October 9, 2025; accepted: November 4, 2025; published: November 12, 2025

Abstract

Vehicle positioning and monitoring systems are devices that enable real-time tracking and monitoring of vehicle operational status based on technologies such as satellite positioning and mobile communications. They hold significant application value in scenarios like logistics tracking and outdoor operation monitoring. This research is based on the dual-mode positioning technology of the BeiDou Navigation System (BDS) and the GPS. It integrates the STM32F103C8T6 processor, wireless

*通讯作者。

文章引用: 杨智, 申哲, 刘坤敏, 曹新亮, 张卫东. 基于北斗导航定位技术的车辆跟踪系统设计[J]. 传感器技术与应用, 2025, 13(6): 925-933. DOI: 10.12677/jsta.2025.136090

communication modules, sensor units, and other circuitry. By parsing acquired information such as longitude, latitude, and time in real-time, it achieves meter-level positioning accuracy, enabling precise dynamic monitoring of vehicle locations. Furthermore, the location information is transmitted in real-time through the wireless communication module. Baidu Maps is invoked on the terminal to view the location in real-time, achieving the tracking and display of travel trajectories.

Keywords

Global Navigation and Positioning Technology, STM32 Microcontroller, LORA Communication, Driving Trajectory

Copyright © 2025 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

1. 引言

车辆定位监控系统是基于卫星定位、移动通信等技术对车辆进行合理管控的一套系统,在物流追踪、户外作业监控等场景中具有重要应用价值。

北斗卫星导航系统(BDS)作为四大全球定位导航系统之一,中国自主建设和运行的全球卫星导航系统,其全球服务体系于2020年全面建立。北斗在亚太地区具有比GPS更好区域定位精度[1]。

在国外,C Gwatorisa等借助GPS追踪技术,可以准确监测家畜放牧分布[2];我国学者也使用大规模GPS轨迹分析旅行目的地分布[3]。但是,使用单一定位系统在复杂城市环境具有很大的局限性,且历史轨迹查看功能的缺少会导致无法对常用路径做出合理性评估与规划。因此,采用包括北斗系统在内的双模定位技术,可以充分发挥多模系统的互补优势,从而提高整体定位性能和系统可靠性。是复杂环境下智能定位应用的优选方案。

本文利用双模定位技术,结合STM32F103C8T6处理器、无线通信模块、传感器等单元电路,实时解析获取的用户位置信息,同时,使用无线通信技术对此位置信息进行传输,在终端调用百度地图去实时查看位置信息,并绘制出历史轨迹,实现对移动目标的高精度轨迹追踪与可视化。

将在物流运输追踪、个人出行、户外作业、车辆管理等实际场景中具有重要应用价值。也为北斗系统在民用领域的深入推广与智能交通的发展提供了技术参考。

2. 系统总体设计方案

2.1. 模块选型

2.1.1. 定位模块

在硬件选取方面,本设计主要对ATGM336H支持北斗三号、GPS、GLONASS六频点。在开阔环境下,水平定位精度(CEP50)为2.3米,在城市峡谷场景中,通过多径抑制算法将误差控制在6.8米,捕获灵敏度为-148 dBm,跟踪灵敏度-165 dBm。在连续工作模式下的电流为28 mA (3.3 V),待机电流0.1 μ A,支持UART、I²C、SPI三种通信协议,内置北斗三号特色服务,符合我国自主可控政策导向。

2.1.2. 无线通信模块

为了实现车载终端与上位机之间的远程数据传输,本系统需选用一款稳定可靠、传输距离适中、功耗低的无线通信模块。

LORA 模块(如 ATK-LORA-01)是一种基于扩频调制技术的低功耗广域网通信技术,在无遮挡开阔环境下通信距离可达 1~3 公里,满足车载设备与固定接收终端的远距传输需求;超低功耗,适合嵌入式系统连续运行,适配 STM32 低功耗控制逻辑;模块自带串口通信接口,无需额外协议栈支持,便于快速集成与调试;LORA 调制技术具有良好的频谱扩展能力,适用于复杂电磁环境下的稳定通信。

因此,综合考虑通信距离、功耗、稳定性和开发便利性,最终选用正点原子 ATK-LORA-01 串口模块作为系统的数据无线传输组件。该模块已集成射频电路与协议处理芯片,支持固定频段通信,配合 STM32 可实现简洁高效的数据发送与接收。

2.1.3. 模块简介

核心控制器 STM32F103VCT6 是 STMicroelectronics 公司发布的 32 位增强型通用微处理器产品,具备较高的处理能力和丰富的外设资源,广泛应用于工业控制、智能设备和消费类电子产品中。其 LQFP48 封装形式为系统开发提供了便利,能够引出 37 个可编程 GPIO 口,满足大多数外设连接需求。

2.2. 多模联合定位技术优势

在全球卫星导航系统技术持续发展的背景下,单一卫星系统已经难以满足复杂环境下对高精度定位的需求。多模联合定位技术,即同时使用多个卫星导航系统(如 GPS、北斗、GLONASS)协同定位,已成为提高定位性能的重要趋势。

在城市峡谷、复杂道路、恶劣天气等情况下,单一卫星系统容易因遮挡或信号干扰导致定位中断,而多模定位具备更强的抗干扰能力与容错能力,系统自动切换至信噪比更高的卫星组合继续定位,提升系统鲁棒性。此外,当某一系统发生短时异常或维护(如 GPS 漂移事件),联合使用其他系统可保障定位不中断。最后,从区域适应性角度看,北斗系统在中国及亚太区域拥有更多的区域导航卫星,信号强度更高,启动速度更快;与 GPS 协同定位,可进一步优化初始定位时间和动态追踪性能,提升车辆在起步、转弯等短时变化工况下的定位灵敏度[4]。

2.3. 系统总体架构设计

本系统需满足车载环境下车辆实时定位与远程监控的核心功能需求,涵盖定位数据采集、处理、传输与可视化全流程。定位功能要求支持北斗三号(BDS)、GPS 多系统联合解算,通过 ATGM336H 模块实现原始卫星信号接收与解析,输出包含经度、纬度、速度、时间等信息的 NMEA-0183 标准数据流。模块需具备自动选择最优卫星组合的能力,在信号遮蔽场景下仍能维持至少 4 颗卫星的稳定锁定。数据传输功能需采用正点原子无线串口模块建立双向通信链路,支持 TCP/IP 协议下的数据实时上传与指令下发,要求在网络中断时自动缓存最近 30 秒数据,确保轨迹连续性。本地显示功能通过 0.96 寸 OLED 屏幕实现基础定位信息可视化,需设计多级菜单系统支持经纬度、时间等参数的切换显示,屏幕刷新率不低于 1 Hz。

远程监控平台需基于百度地图 API 开发,实现车辆位置实时映射、历史轨迹回放等功能。通过上述功能设计,系统可满足物流运输、共享出行、应急救援等场景下的车辆动态监管需求。系统性能指标满足《车载北斗定位终端技术规范》。

系统架构如图 1,它以 STM32F103C8T6 主控芯片为核心,链接 ATGM336H 北斗/GPS 双模定位芯片、正点原子 ATK-LORA-01 无线串口模块、0.96 寸 SSD1306OLED 显示屏,实现定位、无线传输和显示功能。首先 ATGM336H 通过北斗卫星信号实时获取经纬度数据(定位精度 2.5 米),并输出 NMEA-0183 协议格式的定位信息;STM32 主控芯片通过 UART 串口解析原始数据(格式,如: \$GPRMC,084103.00,A,2233.3954,N,11356.5566,E,0.035,220618,A*7A)提取经度、纬度、卫星数量及定位状态,

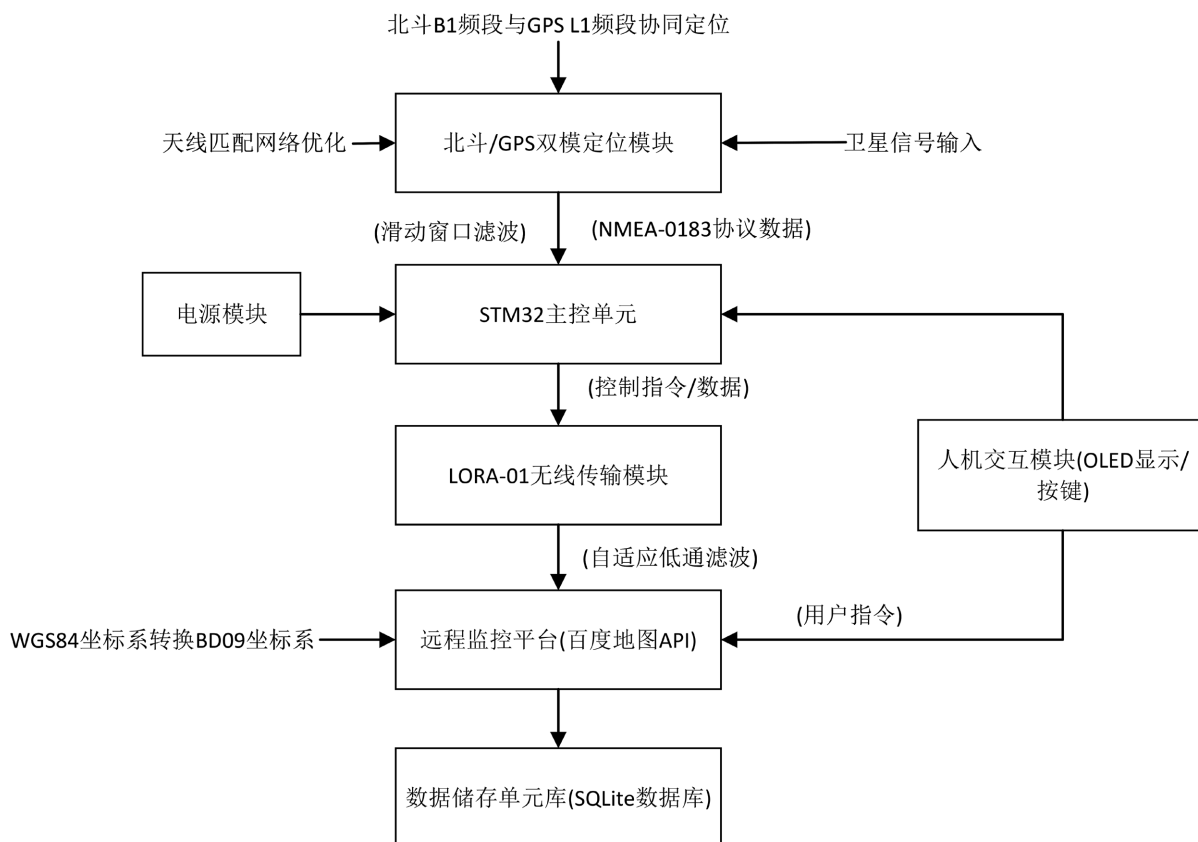


Figure 1. System architecture diagram

图 1. 系统架构示意图

设置 5 秒为时间窗口(更新序列时间戳递增 1 秒), 对 GPRMC (Global Positioning System Recommended Minimum Navigation Message)中的速度或位置字段进行滑动平均后, 驱动 OLED 屏幕动态显示。其次, 主控芯片将处理后的坐标数据通过无线串口模块以 470 MHz 频段发送至电脑端; 电脑端运行 Python 脚本接收数据并调用百度地图 API(需申请 AK 密钥), 通过坐标转换算法将经纬度映射至电子地图, 实现车辆位置的实时标记, 同时支持历史轨迹回放功能[5]。

STM32F103C8T6 芯片内部集成了 3 个独立的串口模块(USART1, USART2, USART3), 为本系统各功能模块提供了灵活的通信接口。其主要承担四项任务: 一是接收与解析 ATGM336H 输出的 NMEA-0183 格式定位数据; 二是将解析结果通过串口发送至 ATK-LORA-01 模块进行远程通信; 三是驱动 OLED 模块显示经纬度、时间等信息; 四是响应用户按键中断, 实现显示内容的翻页切换。在本设计中, UART2 接收 ATGM336H 定位数据, 并完成数据解析与格式化处理; UART3 发送处理数据至 LORA 模块将经处理的坐标数据通过无线串口模块传输出去; I²C 控制 OLED 屏幕刷新内容; GPIO(中断输入)检测按键按下事件。

LORA 通信自适应机制为自适应数据速率(ADR), 通过动态调整扩频因子(SF)、带宽(BW)和编码率(CR)来优化通信性能与功耗。参数调整逻辑为 SF (7~12)决定每个符号的比特数, SF 增大则符号持续时间延长、接收灵敏度提高(每增 1 级约 3 dB), 但数据速率下降; BW (125/250/500 kHz)和 CR (如 4/8)也可动态优化, 以平衡抗干扰性与传输效率。

串口初始化过程中, 需设置波特率(9600 bps)、数据位(8 位)、停止位(1 位)及校验方式(无校验), 确保与 GPS 模块和 LORA 模块的数据格式一致。STM32 使用 HAL 库或标准外设库可轻松实现串口初始化和

中断收发机制，在后续的数据处理过程中亦可灵活扩展[6]。

3. 系统软件设计

斗汽车定位系统采用 KeilμVision5 嵌入式处理器进行程序设计，编程语言为 C 语言，基于 LORA 无线通信技术结合可视化监测设计。软件的主要功能包括北斗定位数据采集与解析、数据无线传输、MQTT 协议封装数据上传[7]。

上位机系统作为数据可视化与地图交互的核心部分，采用 Python 语言进行开发。Python 具有简洁的语法和强大的生态系统，适用于串口通信、网络请求、数据处理以及图形化界面的快速开发。尤其在与百度地图 API 对接方面，Python 能够通过标准库或第三方模块实现高效的 HTTP 请求与 JSON 解析[8]。

主程序流程如图 2。

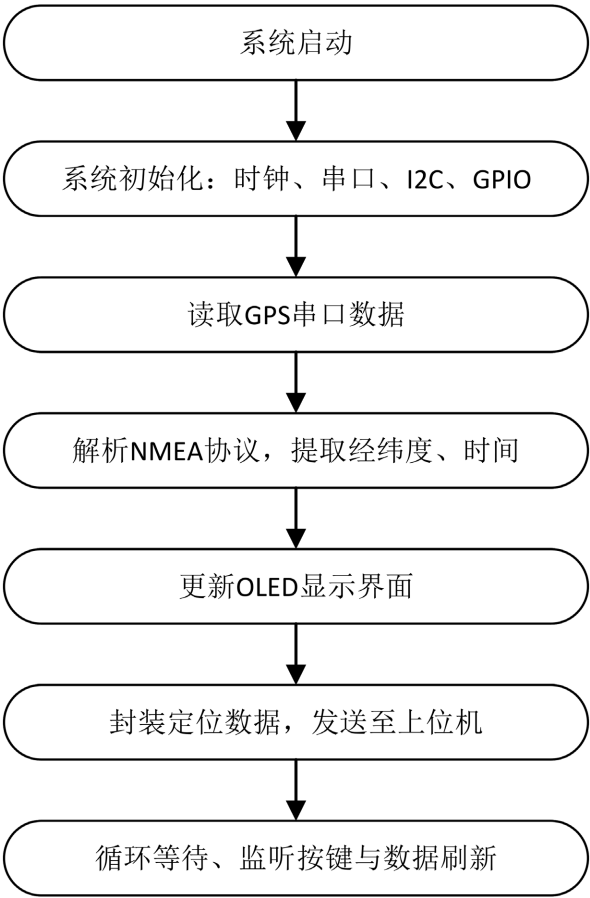


Figure 2. Flowchart of the main program
图 2. 主程序流程图

3.1. 北斗定位数据解析

在实际应用中，ATGM336H 模块主要通过 NMEA-0183 协议输出定位数据，该协议格式通用、简洁，广泛适配各种嵌入式平台和上位机系统。其中，GPRMC 语句是最核心的数据源之一，包含了时间、经度、纬度、定位状态、速度、航向角和日期等关键信息[9]。

NMEA-0183 常用命令如表 1 所示：

Table 1. NMEA-0183 common commands
表 1. NMEA-0183 常用命令

序号	命令	说明	最大帧长
1	\$GNGGA	GPS/北斗定位信息	72
2	\$GNGSA	当前卫星信息	65
3	\$GPGSV	可见 GPS 卫星信息	210
4	\$BDGSV	可见北斗卫星信息	210
5	\$GNRMC	推荐定位信息	70
6	\$GNVTG	地面速度信息	34
7	\$GNGLL	大地坐标信息	--
8	\$GNZDA	当前时间(UTC1)信息	--

程序中，纬度与经度经转换后将用于 LORA 发送与地图定位；系统每秒会刷新一次解析结果，并覆盖旧数据，确保数据实时性[10]。北斗解析模块流程如图 3 所示。

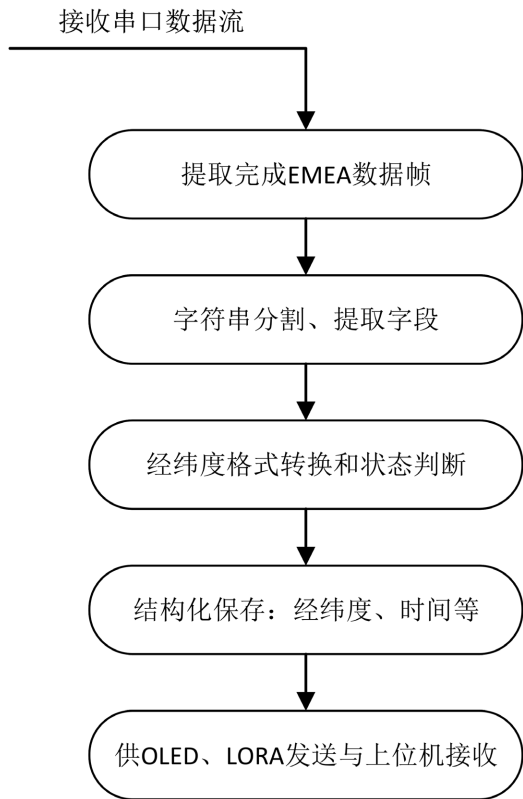


Figure 3. Beidou parsing module flowchart
图 3. 北斗解析模块流程图

3.2. OLED 显示与页面切换程序设计

OLED 显示模块主要用于实时显示定位信息，包括经纬度、时间和系统状态等。通过按键控制切换不同页面，使用户可灵活查看各项核心数据。首先从驱动初始化开始，通过配置 STM32 的 I²C 外设，设

置正确的时钟、地址和通信协议，然后调用初始化函数对 OLED 内部寄存器进行设置，包括关闭显示、设置寻址模式、设置对比度、开启显示等命令。驱动初始化完成后，系统即可通过主程序向 OLED 传输字符信息。默认页面下，OLED 显示“纬度”、“经度”、“时间”等关键字段，并随 GPS 解析更新而刷新。

3.3. LORA 无线通信模块程序设计

在本设计中,LORA 通信部分采用两块正点原子 ATK-LORA-01 模块进行点对点通信,一端与 STM32 主控板相连,另一端连接上位机(通过 USB 转串口)。本模块的主要任务是将 STM32 端解析后的定位数据,通过 LORA 无线链路实时传输至上位机,实现远距离、低功耗的数据传输[9]。LORA 无线通信流程如图 4。

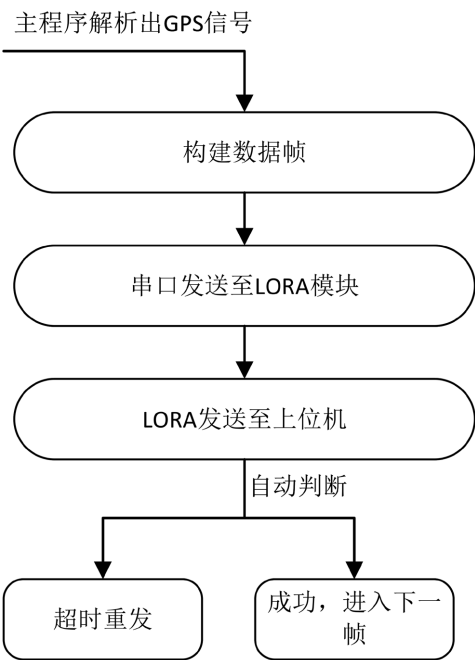


Figure 4. LORA wireless communication module flowchart
图 4. LORA 无线通信模块流程图

STM32 通过 UART 接口与 ATK-LORA-01 模块通信，配置波特率为 9600，采用标准 8N1 数据格式。通信协议为自定义的结构化文本协议，便于上位机解析。发送数据采用帧结构格式，每帧包含帧头、经纬度数据、UTC 时间及帧尾，确保接收端能准确提取有效内容。

在 STM32 主循环中，当 GPS 数据解析完成后，将坐标数据封装成标准格式后调用串口发送函数。数据如：#113.945, 22.547, 2025-05-15T10:31:00\$。其中#为帧头，\$为帧尾。

为了提升通信可靠性，STM32 在每次发送数据后，启动一个定时器并等待上位机通过反向 LORA 链路回传确认信息；若在设定时限内未收到，将自动重发数据帧最多三次。这种机制保证了关键定位信息的传输完整性。

上位机通过 USB 转串口接收数据，配合 Python 脚本进一步解析坐标并进行地图标注。上位机可视化部分作为最终交互展示界面，承担着接收车辆定位信息、进行地图标注及轨迹可视化的功能。通过 Python 语言结合百度地图开放 API，不仅实现了车辆实时位置的精准标记，同时支持历史轨迹的动态回

串口选择

COM4

建立连接

断开链接

当前位置

历史记录

原始数据

The map displays a route of red circular markers, likely representing a vehicle's path or a series of data points. The route begins near the North Ring Road (北环路) and extends southwards, passing through the Yan'an University New District. Key landmarks and locations labeled on the map include:

- 杨家岭派出所 (Yajialing Police Station)
- 裕鑫塑业 (Yuxin Industry)
- 3号楼 (Building 3)
- 延安大学(新城校区)教工公寓 (Yan'an University (New City Campus) Teachers' Apartment)
- 延安大学(新城校区)体育场 (Yan'an University (New City Campus) Sports Ground)
- 延安大学(新城校区)图书馆 (Yan'an University (New City Campus) Library)
- 延安大学(新城校区)南区 (Yan'an University (New City Campus) South Area)
- 延安大学(新城校区)北区 (Yan'an University (New City Campus) North Area)
- 云山寺村委会 (Yunshan Temple Village Committee)
- 529黑鸭 (529 Black Duck)

The map interface includes a search bar at the bottom right with the text "中" (Zhong) and a microphone icon, and a navigation control bar at the bottom right with icons for zooming, panning, and other map functions.

4. 设计总结

经过实验测试,系统在室外开阔环境下定位精度达到 2.5 米左右,通信距离可稳定达到 4000 米以内,系统运行稳定满足中短距离车辆定位与轨迹回放需求。

基金项目

参考文献

- DOI: 10.12677/jsta.2025.136090 932 传感器技术与应用

-
- [2] Gwahirisa, C., Mudereri, B.T., Chitata, T., Mukanga, C., Ngwenya, M.M., Muzvondiwa, J.V., *et al.* (2022) Microhabitat and Patch Selection Detection from GPS Tracking Collars of Semi-Free Ranging Mashona Cattle within a Semi-Arid Environment. *Livestock Science*, **261**, Article ID: 104963. <https://doi.org/10.1016/j.livsci.2022.104963>
 - [3] Tang, J., Zhao, C., Liu, F., Hao, W. and Gao, F. (2022) Analyzing Travel Destinations Distribution Using Large-Scaled GPS Trajectories: A Spatio-Temporal Log-Gaussian Cox Process. *Physica A: Statistical Mechanics and Its Applications*, **599**, Article ID: 127305. <https://doi.org/10.1016/j.physa.2022.127305>
 - [4] 史扬明. 基于 GPS 和北斗双模定位的农机作业面积测量系统研究[D]: [硕士学位论文]. 镇江: 江苏大学, 2024.
 - [5] 廖建尚, 郑建红, 杜恒. 基于 STM32 嵌入式接口与传感器应用开发[M]. 北京: 电子工业出版社, 2018: 462.
 - [6] 李欣. 高动态 GPS 抗干扰接收方法与实测数据分析[D]: [硕士学位论文]. 成都: 西华大学, 2024.
 - [7] 康计良. Python 语言的可视化编程环境的设计与实现[D]: [硕士学位论文]. 西安: 西安电子科技大学, 2012.
 - [8] 曹婷婷, 高玉. GPS 中 NMEA-0183 协议的应用[J]. 电子工程师, 2006(10): 8-11+35.
 - [9] M2 Presswire (2022) Tiny Apparel Stock That Could Be a Big Opportunity in the Making (PVH, FBCD, UA, TPR, AEO, TJX, GPS, URBN).
 - [10] 张坤. 基于 LoRa 通信的城市路灯智能控制系统研究[D]: [硕士学位论文]. 济南: 山东大学, 2018.
 - [11] 张良均, 王路, 谭立云, 等. Python 数据分析与挖掘实战[M]. 北京: 机械工业出版社, 2015: 533.