

doi:10.6041/j.issn.1000-1298.2019.S0.009

基于 Android 的新疆棉田导航系统设计

杨丽丽 王振鹏 罗君 赵岩岩 李万万 毕蓓

(中国农业大学信息与电气工程学院, 北京 100083)

摘要: 农田作业载体精准导航是提高新疆农田作业效率的重要条件。目前常用的地图导航软件,如高德和百度地图,因地图精度问题,不能在农田内实现精准导航,并且农田区域由于面积大、视线遮挡等原因使得作业载体难以快速找到目标点。鉴于此,提出一种结合 Google 地图 API、高德地图 API 和最短路径算法寻找最优田间路径的方法。通过 Google 地图 API 描绘出试验田的边界轮廓,利用高德地图 API 提供的位置信息,基于 Android 应用框架设计运行于智能手机的新疆农田导航 APP。该系统有效实现了人、地面机械等不同作业载体在新疆棉田内的精准导航,有利于农技人员和农业机械在路径复杂的田间环境下,进行虫害复查和喷洒药剂等作业。

关键词: 田间导航; Android 平台; 地图 API; Dijkstra 算法

中图分类号: S24; TN966 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-1298(2019)S0-0057-05

Design and Implementation of Xinjiang Farmland Navigation System Based on Android Development

YANG Lili WANG Zhenpeng LUO Jun ZHAO Yanyan LI Wanwan BI Bei

(College of Information and Electrical Engineering, China Agricultural University, Beijing 100083, China)

Abstract: Accurate navigation of farmland operation carrier is an important condition to improve the efficiency of farmland operation in Xinjiang. At present, the commonly used map navigation software, such as Amap and Baidu Map, cannot achieve precise navigation in the farmland because of the accuracy of the map. Moreover, because of the vast area or the occlusion of sight in the farmland, it is difficult for the operation carrier to find the target point quickly. In view of this, a method was proposed to find the best field path by combining the Google Map API, the Amap API and the shortest path algorithm. Firstly, the boundary outline of the test field was depicted by Google Map API, and based on the location information provided by Amap API and Android application framework, the Xinjiang farmland navigation APP running on Android platform was designed and developed. The application effectively realized the precise navigation of different operating carriers such as human and ground machinery in Xinjiang cotton field, which was beneficial to agricultural technicians and operating vehicles in the path. In complex field environment, pest review and other operations such as spraying pesticides were of great significance to improve the efficiency of cotton pest control in Xinjiang.

Key words: field navigation; Android platform; map API; Dijkstra algorithm

0 引言

精准导航技术是农业机械提高作业效率的关键,国内外学者在农田路径规划和农业机械导航技术方面进行了大量研究^[1-4]。

本文针对实际大田环境下采样点人工复查、打药防治回溯中遇到的目标点难寻找的问题,借助于

手机的便利性,设计基于 Android 的农田导航系统,为农民、农机人员、机手提供低成本的农田导航手段。该系统通过最短路径算法寻找不同作业载体所需要的最优路径,根据田间实际情况做出正确的路径规划,进而实现农田区域的人、车导航,帮助农技人员进行田间作业,提高作业效率,同时有效避免对农田虫害采样点的漏查、重查。

收稿日期: 2019-04-25 修回日期: 2019-05-20

基金项目: 国家自然科学基金项目(31200543)和国家重点研发计划项目(2016YFB0501805)

作者简介: 杨丽丽(1974—),女,副教授,博士,主要从事农业信息化研究,E-mail: llyang@cau.edu.cn

1 材料与方法

1.1 数据获取与处理

以新疆生产建设兵团第八师石河子4分场和6分场试验棉田作为导航系统开发实例。导航系统APP包括3类数据:田块几何特征数据、田间道路网络数据、病虫害采样点数据。

田块几何特征数据包括田块边界、田垄的矢量数据。为实现棉田导航功能,将新疆试验田地块进行可视化展示。但因高德、百度地图所提供的卫星地图在石河子地区的比例尺达到500 m时,已经无法显示田块信息,无法满足田间导航需求,因此对现有的基于Android的导航地图进行二次开发。首先通过石河子植保站获取试验田标记地块的经纬度数据,然后基于GoogleAPI对新疆生产建设兵团第八师石河子4分场和6分场试验棉田地图进行二次开发,在Google地图中描绘出田块的边界、田垄的轮廓,然后从谷歌地球中获取各个可以表达田块几何特征的边界点坐标,实现地理信息服务功能,于服务器端加载并运行,最终在Google地图上显示实验田地信息。

田间道路网络数据的基本元素为道路节点和路段折线。获取此数据目的是为车辆载体在导航过程中的路径选择提供数据保障^[5]。其中道路节点用以描述道路网络的特征点,包括起点、终点和特殊位置点;路段折线由具有相邻关系的道路节点连接而成。通过中国卫星地图网获取试验棉田区域内多个道路节点的经纬度数据,最终构成该区域的道路网络地图数据 M_{field} ,数据集合为 $M_{field} = \{L_i | i = 0, 1, \dots\}$,其中 $L_i = \{(x_{ij}, y_{ij}) | j = 0, 1, \dots\}$, L_i 为该区域 M_{field} 中的一条路径; (x_{ij}, y_{ij}) 为路径 L_i 上的道路节点经纬度坐标。

病虫害采样点数据采集时间为2017年6月和7月,通过人工实地采样的方式获取不同危害等级的棉叶螨危害图像共200幅,并存储所拍摄图像的地理位置信息,目的是为后续农技人员进行棉叶螨复查和防治提供位置服务,进而通过导航系统为农技人员规划最优路径。

1.2 系统目标

基于Android的新疆棉田导航系统旨在实现如下目标:

(1)地图显示和缩放功能:新疆棉田导航系统的地图来源主要为将石河子4分场、6分场试验田地图和谷歌地图相结合,通过开放Android接口将现有地图数据显示在谷歌地图平台上,农技人员可以通过缩放功能对地块及其周边的地图进行放大或

者缩小,也可以通过移动屏幕对周围的地块信息进行了解。

(2)自我定位功能:当农技人员需要了解自己当前所处位置时,可以通过导航设置的定位功能来获取详细信息,并通过指向功能来选择要去的方向,这样农技人员能够即时掌握自己所处位置。

(3)路线导航功能:当农技人员需要从一个地点到达另一个地点时,可以通过路线导航功能进行路径查询,此时导航系统会为农技人员规划出最优路径,同时本系统还为用户提供了不同的路线样式设计,用以区分路况信息,从而方便农技人员使用。

新疆棉田导航系统功能模块流程如图1所示。

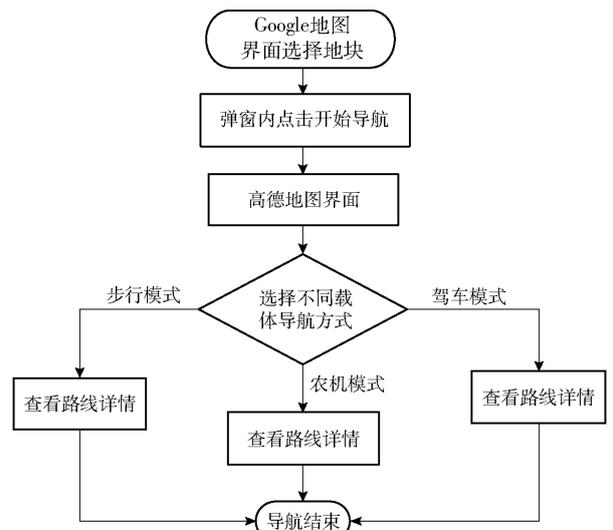


图1 棉田导航系统流程图

Fig. 1 Flow chart of cotton field navigation system

1.3 不同载体路径规划算法

新疆棉田导航系统主要功能是基于不同作业载体选择起点与目的点而规划出最优路径,新疆棉田的作业载体主要有农技人员和地面机械,而路径规划的核心为最短路径算法。传统的最短路径算法有很多,如Dijkstra算法、Floyd算法、A*算法、矩阵算法等。其中Dijkstra算法适用于网络拓扑的变化且性能稳定,故而在计算机网络拓扑路径以及GIS中得到广泛应用^[6-12],本文选择Dijkstra算法作为导航功能的核心算法。

Dijkstra算法是求解最短路径的经典算法,在智能交通系统、物流运输最短路径等皆有较多应用^[13]。但传统的Dijkstra算法在求取最短路径问题时存在自身的缺点,主要体现在存储结构和下一个节点的选择上^[14]。传统的Dijkstra算法根据其顶点和距离间的关系形成邻接矩阵、距离矩阵,并采用邻接矩阵作为其拓扑图的存储结构,若两点间不存在直连道路时,权值用 ∞ 表示,这导致在实际问题中当

顶点数较多时,可能会使邻接矩阵充斥着大量的 ∞ ,不单占用较大内存空间而且增加了无效循环次数。所以本文在传统的 Dijkstra 算法基础上对其进行了优化:为节省存储空间和检索时间,只将搜索过程中涉及到的田间道路节点和道路边数据通过邻接表和邻接矩阵进行存储,并建立以道路节点序号为键的哈希表以提高道路节点的索引效率。通过邻接矩阵可以在时间复杂度为 $O(1)$ 的情况下快速查找到某个道路节点的位置,并快速读取到该点的相关数据。读取道路节点后,再通过邻接表找到和该点相连的其余道路节点,时间复杂度为 $O(n^2/m)$, n 为道路节点数量, m 为道路边的数量。

优化后的 Dijkstra 算法在进行最短路径查询时,能够减少不必要的数据存储节省空间,同时也缩减了循环次数。

因为新疆棉田的道路都是双向导通的,即可将整个棉田地图视为无向图,对棉田地块的导航算法可抽象为对无向图 $G=(V,E)$ 的寻优过程。所以需要将地图要素转换成计算机的可读形式,目前主要有两种方法:矢量数据结构和栅格数据结构^[15]。矢量数据结构是通过记录坐标的方式来表示点、线、多边形等地理实体,适用于描述地图上的图形目标,如图2所示^[5]。所以本文选用矢量数据结构来实现地图的存储和绘制。

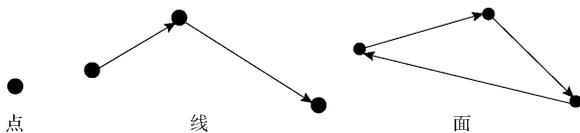


图2 矢量数据结构示意图

Fig.2 Schematic of vector data structure

2 结果与分析

由于 Google 至今还没有获得地图 API 的国内运营资质,致使很多服务商在不租用 Google VPN 的情况下必须迁移至其他开发平台^[16]。而高德地图 API 为开发者免费提供了一套基于高德地图服务的应用接口,提供了基本的地图导航、路径规划等功能^[17]。所以本文基于开发成本考虑,在通过 Google 地图 API 二次开发的新疆棉田地图基础上,设计二次跳转页面,借助开源的高德地图 API 提供的位置信息实现路径规划功能,从而进行田间路径导航。新疆棉田导航系统设计了针对不同的作业载体、为用户提供不同导航模式的功能模块,主要分为步行模式和农机模式。

2.1 步行模式导航

新疆棉田导航系统主页面为经过二次开发后的

Google Maps Web,主页面为用户提供了田块展示、病害展示等模块,其中采用4种颜色的监测点来表示棉叶螨危害等级,并设置GPS定位功能用以确定用户目前所在位置。主页面如图3a所示。



(a) 导航系统主页面

(b) 步行路径规划

图3 导航系统

Fig.3 Navigation system

本文所开发的导航系统通过高德地图提供的 API 接口,可以轻松访问高德地图服务和数据,用户在 Google Maps Web 主页面中选择地块,单击监测点导航,页面跳转进入高德导航界面,此时会直接展示这个地块中的所有监测点,后台调用最短路径算法,棉田导航系统为用户规划出一条最优路径,并通过病虫害点的经纬度数据计算出两点之间的距离,进而计算出步行距离并显示在页面底端,同时界面顶端会显示土地负责人和具体位置信息,如图3b所示。

2.2 农机路径导航仿真

为验证优化后的 Dijkstra 算法规划路径的有效性和合理性,本文通过仿真试验进行验证。仿真程序使用 C++ 面向对象编程语言,在 Visual Studio 2010 平台上,基于优化后的 Dijkstra 算法进行路径规划。

在新疆棉田实际环境中,不同载体对于路径规划的需求不一样,人作为导航载体时,可以跨越田垄,但是地面机械却不可以直接跨越田垄,这会对作物造成较大的伤害,所以必须保证地面机械只能在田垄的两端掉头,且必须保证地面机械始终行驶在路上。

在 C++ 仿真程序中,首先基于 Google 地图 API 二次开发的新疆棉田地图描绘其中较为复杂地块的基本平面图,通过 PS 工具获取棉田周边道路节点和道路起始点的平面坐标值,将其存储在邻接矩阵中。因棉田内的道路都是双向导通的,所以将道路定义为无向,整个棉田地图即为一张无向图,将道

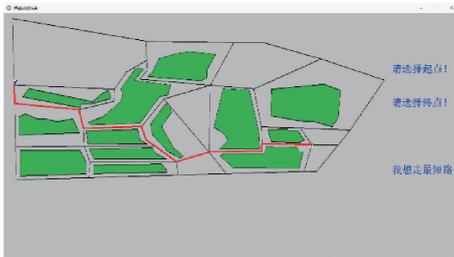
路数据存储存储在邻接表中,同时为了方便读取数据,提高运算速度,为道路节点和道路设置点容器 point 和道路容器 road 进行存储。然后基于优化后的 Dijkstra 算法,邻接矩阵可以在时间复杂度为 $O(1)$ 的情况下快速索引到某个道路节点在点容器 point 中的位置,快速存取到该点相关的数据,从而进行农业机械在地块间的路径规划,图4中所示绿色不规

则图形即为仿真的棉田情况,黑色直线即为田间仿真道路。

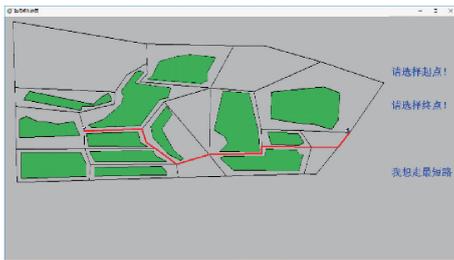
在仿真试验中,设置了起点和终点选择按钮,在选定起点和终点后,会在两点位置分别插入一个图标,再选择最短路径按钮,即可通过选择起点和终点进而规划出一条最优道路,应用优化后的 Dijkstra 算法可获得从源点到指定点的所有最短路径,图4所示规划出的红色路线即代表着起点与终点间的最优路径,根据 Dijkstra 算法求取最短路径的特点并结合程序中设定的权值,可以规划出田间最优路径。通过仿真试验,可以看出 Dijkstra 算法可以较好地实现棉田内路径规划的需求。

3 结束语

根据新疆石河子4分场、6分场试验田的实际地况信息,结合 Google 地图 API 和高德地图 API 开发了一款基于 Android 的新疆棉田导航系统。该系统可适应大田作业的不同载体,为不同作业载体提供了可行的路径规划,为实现作业载体在棉田内快速准确找到目标点提供了有利帮助。使用该系统可更好地进行虫害情况复查、农药喷洒等田间作业,为农田环境监测提供有效的解决方案。棉田导航 APP 能规划出适应不同作业载体、不同生长期作物的导航路径,成本低,易于推广。



(a) 仿真示例1



(b) 仿真示例2

图4 农机路径导航仿真示例

Fig. 4 Agricultural machine path navigation simulation example

参 考 文 献

- [1] 杨洁. 基于 WSN 的农机自动导航技术研究[D]. 成都:西南交通大学,2018.
YANG Jie. Research on agricultural machinery automatic navigation based on wireless sensor networks [D]. Chengdu: Southwest Jiaotong University, 2018. (in Chinese)
- [2] 马艺博. 基于北斗的田间路径规划与农机作业控制方法的研究[D]. 哈尔滨:哈尔滨理工大学,2018.
MA Yibo. Research on field path planning and agricultural machinery operation control method based on Beidou [D]. Harbin: Harbin University of Science and Technology, 2018. (in Chinese)
- [3] 陈艳丽. 基于北斗定位的农机车载组合导航系统研究[D]. 镇江:江苏大学,2016.
CHEN Yanli. Research on farm machinery integrated navigation system based on Beidou positioning [D]. Zhenjiang: Jiangsu University, 2016. (in Chinese)
- [4] ZHANG Quanyi, QIU H C. A dynamic path search algorithm for tractor automatic navigation [J]. Transactions of the ASAE, 2017, 47(2): 639 - 646.
- [5] 赵艳丽. 实际路网最短路径算法优化与实现[D]. 广州:华南理工大学,2015.
ZHAO Yanli. The optimization and realization of the shortest path algorithm within actual road network [D]. Guangzhou: South China University of Technology, 2015. (in Chinese)
- [6] 姜洋,马慧彬,褚许辉,等. 改进 Dijkstra 算法在校园电子地图系统中的应用[J]. 电脑与信息技术, 2015, 23(3): 29 - 30, 43.
JIANG Yang, MA Huibin, CHU Xuhui, et al. The application of the improved Dijkstra arithmetic in campus electronic map systems [J]. Computer and Information Technology, 2015, 23(3): 29 - 30, 43. (in Chinese)
- [7] 袁琳,王渊,孙建芸,等. 基于权值的 Dijkstra 停车路径规划算法的优化与实现[J]. 湖北大学学报(自然科学版), 2017, 39(3): 279 - 284.
YUAN Lin, WANG Yuan, SUN Jianyun, et al. Optimizing Dijkstra algorithm design and accomplishment for parking routine programming based on weight calculation [J]. Journal of Hubei University (Natural Science Edition), 2017, 39(3): 279 - 284. (in Chinese)
- [8] 程丽平,谭永海. 改进的分层 A* 算法在停车场路径寻优中的应用[J]. 计算机测量与控制, 2015, 23(1): 183 - 186.
CHENG Liping, TAN Yonghai. Application of improved hierarchical A* algorithm for optimal parking path planning [J]. Computer Measurement and Control, 2015, 23(1): 183 - 186. (in Chinese)
- [9] 马飞,杨皦岫,顾青,等. 基于改进 A* 算法的地下无人铲运机导航路径规划[J]. 农业机械学报, 2015, 46(7): 303 - 309.

- MA Fei, YANG Haoshen, GU Qing, et al. Navigation path planning of unmanned underground LHD based on improved A* algorithm[J]. Transactions of the Chinese Society for Agricultural Machinery, 2015, 46(7): 303–309. (in Chinese)
- [10] 甘威,刘兴权,代真虎. 基于 Dijkstra 的改进算法在城市道路网络分析中的应用[J]. 信息技术与标准化,2017(5):59–63.
GAN Wei, LIU Xingquan, DAI Zhenhu. Application of an improved algorithm based on Dijkstra for analysis at urban road network[J]. Information Technology and Standardization, 2017(5): 59–63. (in Chinese)
- [11] 任伟建,左方晨,黄丽杰. 基于 GIS 的 Dijkstra 算法改进研究[J]. 控制工程,2018,25(2):188–191.
REN Weijian, ZUO Fangchen, HUANG Lijie. The improvement research of Dijkstra algorithm based on GIS [J]. Control Engineering, 2018, 25(2): 188–191. (in Chinese)
- [12] 马慧慧,卢昱,王增光. 适用于无向网络的动态 Dijkstra 算法优化[J]. 计算机测量与控制,2018,26(7):143–146.
MA Huihui, LU Yu, WANG Zengguang. Dynamic Dijkstra algorithm optimization for undirected networks [J]. Computer Measurement and Control, 2018, 26(7): 143–146. (in Chinese)
- [13] 王树西,李安渝. Dijkstra 算法中的多邻接点与多条最短路径问题[J]. 计算机科学,2014,41(6):217–224.
WANG Shuxi, LI Anyu. Multi-adjacent-vertexes and multi-shortest-paths problem of Dijkstra algorithm [J]. Computer Science, 2014, 41(6): 217–224. (in Chinese)
- [14] 王峰博,崔先国,丁琳,等. 基于 Dijkstra 算法驾车导航路径研究与实现[J]. 中国西部科技,2011,34(10):26–28.
WANG Fengbo, CUI Xianguo, DING Lin, et al. Research and implementation of driving navigation path based on Dijkstra algorithm [J]. Western China Science and Technology, 2011, 34(10): 26–28. (in Chinese)
- [15] 王饰欣,胡静波,王莉莉. 地图数据结构的简要分析[J]. 测绘与空间地理信息,2014,37(10):212–213.
WANG Shixin, HU Jingbo, WANG Lili. Brief analysis of the map data structure [J]. Mapping and Spatial Geographic Information, 2014, 37(10): 212–213. (in Chinese)
- [16] 刘辉,兰梅,余洋. 主流电子地图 API 的综合评价分析[J]. 北京测绘,2015(3):58–61.
LIU Hui, LAN Mei, YU Yang. Comprehensive evaluation on the main stream electronic map API [J]. Beijing Surveying and Mapping, 2015(3): 58–61. (in Chinese)
- [17] 马超,李苗. 基于高德地图的生活服务平台的设计与实现[J]. 科教文汇(下旬刊),2017(11):182–184.
MA Chao, LI Miao. Design and implementation of a life service platform based on Gaode map [J]. Science and Education Collection (Later Issue), 2017(11): 182–184. (in Chinese)

(上接第 26 页)

- [11] 熊俊涛,卜榕彬,郭文韬,等. 自然光照条件下采摘机器人果实识别的表面阴影去除方法[J]. 农业工程学报,2018, 34(22):147–154.
XIONG Juntao, BU Rongbin, GUO Wentao, et al. Shadow removal method of fruits recognized by picking robot under natural environment [J]. Transactions of the CSAE,2018,34(22):147–154. (in Chinese)
- [12] ZHAO C, LEE W S, HE D. Immature green citrus detection based on colour feature and sum of absolute transformed difference (SATD) using colour images in the citrus grove [J]. Computers and Electronics in Agriculture, 2016, 124:243–253.
- [13] 李寒,王库,曹倩,等. 基于机器视觉的番茄多目标提取与匹配[J]. 农业工程学报,2012,28(5):168–172.
LI Han, WANG Ku, CAO Qian, et al. Tomato targets extraction and matching based on computer vision [J]. Transactions of the CSAE,2012,28(5):168–172. (in Chinese)
- [14] 王津京,赵德安,姬伟,等. 采摘机器人基于支持向量机苹果识别方法[J]. 农业机械学报,2009,40(1):148–151,147.
WANG Jinjing, ZHAO Dean, JI Wei, et al. Apple fruit recognition based on support vector machine using in harvesting robot [J]. Transactions of the Chinese Society for Agricultural Machinery,2009,40(1):148–151,147. (in Chinese)
- [15] BANSAL R, LEE W S, SATISH S. Green citrus detection using fast Fourier transform (FFT) leakage [J]. Precision Agriculture, 2013, 14(1):59–70.
- [16] 谢志勇,张铁中,赵金英. 基于 Hough 变换的成熟草莓识别技术[J]. 农业机械学报,2007,38(3):106–109.
XIE Zhiyong, ZHANG Tiezhong, ZHAO Jinying. Ripened strawberry recognition based on Hough transform [J]. Transactions of the Chinese Society for Agricultural Machinery,2007,38(3):106–109. (in Chinese)
- [17] SENGUPTA S, LEE W S. Identification and determination of the number of immature green citrus fruit in a canopy under different ambient light conditions [J]. Biosystems Engineering, 2014, 117(1):51–61.
- [18] 许迎春,刘英,范开欣,等. 基于线扫描及其参数空间的圆形果实识别[J]. 中国农机化学报,2018,39(9):51–55.
XU Yingchun, LIU Ying, FAN Kaixin, et al. Round fruit recognition based on line scanning and its parameter space [J]. Journal of Chinese Agricultural Mechanization,2018,39(9):51–55. (in Chinese)
- [19] LI H, LEE W S, WANG K. Immature green citrus fruit detection and counting based on fast normalized cross correlation (FNCC) using natural outdoor colour images [J]. Precision Agriculture, 2016, 17(6):678–697.
- [20] 王富春,徐越,宋怀波. 西红柿果实目标识别方法研究——基于模糊聚类算法[J]. 农机化研究,2015,37(10):24–28,33.
WANG Fuchun, XU Yue, SONG Huaibo. Study on identification of tomatos—based on fuzzy PID and PI control [J]. Journal of Agricultural Mechanization Research,2015,37(10):24–28,33. (in Chinese)