引文格式：黄丙湖, 王福源. 基于 WebGIS 的供需地图系统设计与实现[J]. 地理空间信息, 2023, 21(8): 89-91. doi:10. 3969/j.issn. 1672-4623.2023.08.023

基于 WebGIS 的供需地图系统设计与实现

黄丙湖[1]，王福源[1]
（1. 中国石油大学（华东）海洋与空间信息学院，山东 青岛 266580）

摘　要：根据当前市场上充电桩、加油站分布与管理不合理的现状，为了对充电桩、加油站进行科学有效的运营管理，使用 WebGIS 技术，结合地理围栏算法，R 树空间索引技术，构建了充电加油供需地图的运营管理系统。设计并实现了地址切换、区块绘制、场站筛选、区块筛选、热力分布、打点立项等功能模块。系统实现了较大量级的桩站数据的可视化分析与展示，为网约汽车加油和电动车充电业务提供了科学高效的运营管理手段，也为其他类似服务提供了可靠的可视化管理思路。

关键词：WebGIS；地理围栏；R 树索引
中图分类号：P283　　**文献标志码：**B　　**文章编号：**1672-4623（2023）08-0089-03

Design and Implementation of Supply and Demand Map System Based on WebGIS

HUANG Binghu[1], WANG Fuyuang[1]
(1. College of Oceanography and Space Informatics, China University of Petroleum, Qingdao 266580, China)

Abstract: According to the unreasonable distribution and management of charging piles and gas stations in the current market, we constructed a operation and management system of charging and refueling supply and demand map by using WebGIS technology, geographical fence algorithm and R-tree spatial index technology, so as to carry out scientific and effective operation and management of charging piles and gas stations. We designed and implemented functional modules such as address switching, block drawing, station screening, block screening, thermal distribution, management and project approval. The system can realize the visual analysis and display of a large number of pile station data, providing a scientific and efficient operation and management means for online car refueling and electric vehicle charging business, and a reliable visual management idea for subsequent similar service.

Key words: WebGIS, geographical fence, R-tree index

近年来，网络地理信息系统（WebGIS）在企业信息管理决策方面扮演着越来越重要的角色，实现手段可大致概括为两类，其一是在地图上绘制点、线、面的覆盖物，并在此之上绑定相应属性和响应事件，其二是使用 WebGIS 的空间分析功能，比如最短路径分析等[1]。胡勇[2]等基于管理分布式电动汽车充电桩的背景，结合了 WebGIS 技术、通信技术和数据采集技术，建立了 WebGIS 电动汽车充电桩运营管理系统，将充电桩管理智能化，降低了运营维护成本。Afrizal[3]等根据印尼道路状况提出并设计的道路桥梁维护系统，针对现有城市道路进行完好率等相关指标计算，将道路按照完好程度分级，并通过 WebGIS 进行可视化，该平台除了能够智能地分析出当前应使用的最佳道路，还能不断对路面情况差的道路进行维护。张雅婷[4]等针对非遗平台的发展现状，基于 WebGIS 技术搭建了非遗平台，通过非遗商品的在线查询、在线交易、在线交流等功能，用可视化的交互模式推进了非遗的传承和保护。

1　地理围栏算法的优化

地理围栏（geo-fencing）在地理信息可视化应用中起着重要作用，可以应用于很多 WebGIS 系统，本文主要研究基于地理围栏的供需地图系统，地理围栏算法应用在两方面，其一是判断充电桩、加油站的点在地图上哪个区块多边形内部（下文简称功能一）；其二是判断绘制的区块多边形是否与地图上的其他区块多边形重叠（下文简称功能二）。

1.1　射线法

一般多边形地理围栏算法可以通过射线法来判断点是否在多边形内部，从该点出发沿着 X 轴画一条射线[5]，依次判断该射线与每条边的交点，并统计交点个数，如果交点数为奇数，则在多边形内部，如果焦

收稿日期：2022-03-07；修回日期：2022-05-12。
项目来源：国家自然科学基金资助项目（41976184）。
第一作者简介：黄丙湖（1977—），博士，副教授，研究方向位网络地理信息系统，E-mail：953365456@qq.com。

点数是偶数，则在外部，射线法对凸和非凸多边形都适用，时间复杂度为 $O(n)$[6]，其中 n 是边数。

1.2 时间复杂度分析

假设有 k 个边的个数为 n 的多边形，基于射线法做一次点是否在所有多边形内部判断的时间复杂度为 $O(n\times k)$。在功能一中，假设有 j 个充电桩、加油站的点，基于射线法做一次计算的时间复杂度为 $O(n\times k\times j)$。在功能二中，判断是否绘制的区块多边形每个点都在其他 k 个多边形的外部，假设绘制的区块有 m 条边，基于射线法做一次计算的时间复杂度为 $O(n\times k\times m)$。

1.3 通过R树索引优化

当 k 值（多边形个数）非常大的时候，通过暴力遍历每一个多边形判断是效率低下的，因此优化思路是通过粗略筛选的方法去除那些完全不符合条件的多边形，对基本符合条件的再使用射线法进行判断，这样能降低射线法的执行次数，提高了计算效率，而粗略筛选的方法就是R树空间索引法。R树空间索引是一维B树空间索引在高维空间的扩展[7]，其每个叶子节点包含多个指向不同数据的指针，当进行空间查询时只需要遍历几个叶子结点包含的指针，查看其指向的数据是否符合要求即可。

由于多边形的形状各不相同，使用最小外包矩形来对多边形做近似处理，然后对最小外包矩形做R树空间索引[8]，如图1所示。最小外包矩形用其左下角点经纬度和其右上角点经纬度表达，表达式为 $MBR=\{(L_x,L_y)(U_x,U_y)\}$。在做空间查询的时候，首先查询点是否在外包矩形内部，如果点不在任何外包矩形内部则该点在所有多边形外部；如果在某个外包矩形内部，就用射线法判断该点与该外包矩形内部的多边形的关系。

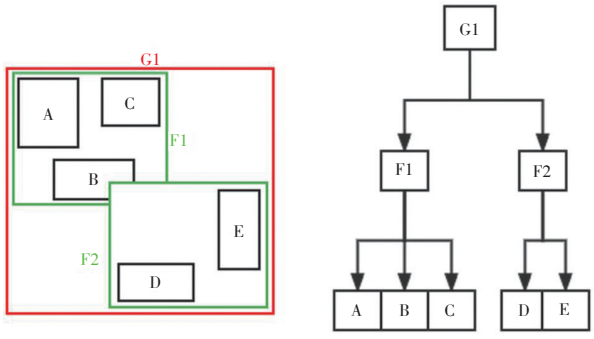


图1 对最小外包矩形进行R树索引

2 系统设计

2.1 系统架构与关键技术

系统前端使用React框架，后端使用Java+Spring boot框架，结合MySQL数据库进行搭建，使用异步编程、事件驱动的机制并结合优化后的地理围栏算法实现分区域管理充电桩加油站。系统采用4层体系架构，分别为数据层、应用支撑层、业务逻辑层和表现层。数据层用体积小、速度快的关系型数据库MySQL作为数据服务管理，应用支撑层与数据层通过JDBC（java database connectivity）连接，使用高德地图API、bizchartsAPI支撑业务逻辑层的6个功能模块，并使用Map-reduce编程模式对数据进行空间分析统计，结合GIS技术对数据进行地理信息分析，并在浏览器展示出来。

2.2 系统功能设计

充电加油供需地图系统主要服务对象是网约汽车、共享电动车企业能源部门的运营决策人员：通过对充电桩、加油站历史运营数据的综合选取分析和其他多源数据的深入挖掘，结合GIS技术，充分分析订单和用户的各种属性，充电桩、加油站的服务能力以及站点分布存在的问题，支持使用者对充电桩、加油站的运营管理决策。

2.2.1 地址切换模块

地址切换功能模块分为两部分，一个是城市级联选择器，一个是详细地址搜索框。服务端将全国省市对应联系起来并加入每个城市的中心点经纬度字段，以JSON格式给出，前端通过浏览器fetch方法获取到这个接口并将数据写入ant design中的级联选择器组件，切换城市功能通过将地图中心点设置为对应城市中心点实现。详细地址搜索调用高德地图API的POI搜索接口，用这个接口实现搜索当前城市内的商场社区等地址进行查看。通过这个功能模块，可以给不同地区的运营决策人员增加城市权限，让不同的决策人员管理不同的地区充电桩和加油站信息。

2.2.2 绘制区块模块

绘制区块功能模块分为4部分，绘制区块、信息编辑、删除区块和结束绘制。绘制区块调用高德地图API的mouseTool方法，绘制结束后输入区块的名称，将区块的名称和区块的每个端点的经纬度传给服务端入数据库存储并由服务端生成自增序列给区块唯一的区块ID，通过优化后的地理围栏算法判断绘制的区块是否与其他区块重叠，若重叠立即删除并报错。信息编辑功能对选中的区块更改名称、订单量等详细信息。删除区块功能对选中的区块删除，将选中区块的唯一ID传给服务端，服务端通过这个ID删除数据库中的对应数据。结束绘制用高德地图API的mouse-

Tool.close（true）方法清空地图内不合格区块并结束绘制功能。通过这个功能模块，可以让运营决策人员自己设计管理方案，将城市中所有充电桩加油站按照自己设计的区域管理，按照自己的战略构想去决策。

2.2.3　区块筛选模块

区块筛选功能模块分为3个部分，默认3 km筛选、行政区筛选、自定义区块筛选。3 km区块筛选的逻辑为用选中城市的城市中心点为坐标轴原点，向坐标轴的4个象限扩散绘制边长为3 km的正方形，依此类推布满整个城市，使用高德地图API中的polygon和overlayGroup方法辅助实现。行政区筛选是用高德地图API中的DistrictLayer方法，将选中城市按照行政区不同颜色区分，用于方便地查看充电桩、加油站位于哪个行政区中。自定义区块是将绘制区块功能模块中绘制的多边形与区块中的详情数据保存在数据库中，统一展示出来，每个区块点击后展示通过优化后地理围栏算法辅助计算出的充电和加油订单、数量等详情信息。通过区块筛选功能模块，使用者可以用3种方式去管理区块内部的充电桩和加油站，还可以查看每个区块内部充电桩和加油站的数量、周订单、日订单等信息，并据此作出下一步战略构想。

2.2.4　场站筛选

场站筛选的主要功能主要有3个，分别是场站的展现，场站的多条件筛选，场站详情中的用户流向图。场站的展现通过高德地图API中的Markers方法辅助实现，服务端给出当前城市充电桩和加油站的经纬度及其详情信息，前端获取到这个经纬度并把详情信息一并传入Markers组件中并加入相应响应事件，点击后显示场站详情信息。场站的多条件筛选实现方式为在数据库把场站的多张表数据关联，展示时符合所有筛选条件的数据。用户流向是场站之间用户流动情况的可视化展示，记录每个场站与城市内其余场站的用户流动情况，通过高德地图API中的polyLine和OverlayGroup方法实现，给流入线和流出线渲染不同的颜色，并给每个场站点击后显示其名称和流动数量。通过场站筛选功能模块，运营决策者可以直观看到每一个充电桩加油站的详细信息，或是根据一些条件筛选出一部分场站方便决策，还可以看到一周或者一月的全部用户订单流动情况，让运营决策者无需精通数据分析就可以作出企业级决策。

2.2.5　热力分布

热力分布功能模块通过热力图将订单分布情况可视化展示，具体分为2种，一种是基本热力图，一种是点聚合热力图。基本热力图的实现逻辑为服务端给出充电桩加油站点经纬度，前端通过高德地图API的Heatmap方法将每个经纬度点设置为一个向外辐射圆的圆心，并且设置一个较浅的辐射颜色，并把这些点放入overlayGroup群组中渲染在地图上，当多个点聚集在一起的时候，辐射颜色变深，一个区域内点比较少的时候辐射颜色较浅，这样就做好了基本热力图。点聚合热力图是通过高德地图API的MarkerClusterer方法实现的，逻辑为在地图缩放等级最低时地图上的点正常展现，随着地图缩放等级提高，区域内附近的点自动聚合成为一个点，并标记出点的数量，即充电加油的订单数量。运营决策者可以通过基本热力图宏观的查看充电加油的订单分布情况，还可以通过点聚合热力图来做具体订单情况的分析决策。

2.2.6　打点立项

打点立项功能模块是基于其他功能分析后作出的最终决策，打的点即为分析之后未来要增加充电桩、加油站的地方。打点立项功能模块的实现类似于区块绘制功能，绘制点标记需要获取到鼠标点击位置的经纬度，通过高德地图中的逆地理编码Geocoder方法转换成街道详细信息，随后弹出一个表单，第一项为地址，默认为刚刚获取到的街道详细信息，其他项为打点日期等详情，全部填写完成后提交表单并重新请求打点数据即可实现。通过打点立项功能模块，使用者可以在数据分析之后做出对新增充电桩加油站的最终决策。

3　结　语

本文结合实际企业对电动车充电桩和网约汽车加油站管理不足的现状，基于WebGIS技术实现了供需地图系统，并通过R树空间索引优化了地理围栏算法，降低了实际使用中的时间复杂度，提升了系统工作效率，最终实现了地址切换、区块绘制、场站筛选、区块筛选、热力分布、打点立项6个功能模块，为充电桩、加油站的企业级管理运营提供了支持，也为其他类似服务提供了可靠的可视化管理思路。

参考文献

[1]　黎彦宏. 统计类数据分析与WebGIS可视化的研究[D]. 北京:北京邮电大学,2020

[2]　胡勇,刘奇峰. 基于WebGIS的分布式电动汽车充电桩运营管理系统设计与实现[J]. 电力建设,2014,35(1):98-103

[3]　Afrizal Y. Analysis of Road and Bridge Conditions by Uti-

（下转第125页）