



全国高校GIS技能大赛

文档类型：_____项目开发文档_____

作品名称：_____地表城市热岛效应信息管理和分析系统_____

作 者：_____饶旭乾、张嘉然、石伊可、张泽旭_____

指导老师：_____崔海福、刘远刚_____

组 别：_____开发赛道（高级）_____

填写日期：_____2024 年 10 月 8 日_____

目录

一、系统概述	1
1.1 开发背景	1
1.2 项目目标	1
1.3 系统目标	1
二、概要设计	2
2.1 用户需求分析	2
2.2 系统体系架构	2
2.3 系统功能模块	3
2.3.1 地表城市热岛信息可视化	3
2.3.2 地表城市热岛及其驱动因子回归分析	3
2.3.3 地表城市热岛及其驱动因子信息查询	4
2.3.4 地表城市热岛驱动因子信息可视化	4
三、详细设计	5
3.1 功能设计	5
3.1.1 地表城市热岛信息可视化	5
3.1.2 地表城市热岛及其驱动因子回归分析	5
3.1.3 地表城市热岛及其驱动因子信息查询	5
3.1.4 地表城市热岛驱动因子信息可视化	6
3.2 系统界面设计	6
3.2.1 系统界面设计图	6
3.2.2 界面效果展示图	7
3.3 关键技术	7
3.3.1 Vue 3+Element-Plus	7
3.3.2 Mapbox GL JS	7
3.3.3 Antv L7	8
四、系统实现	9
4.1 系统性能	9
4.1.1 及时性	9
4.1.2 可扩展性	9
4.1.3 易用性	9
4.1.4 可维护性	9
4.2 系统开发环境	9
4.2.1 软件需求	9
4.2.2 硬件需求	10
4.3 系统实现	10
五、项目总结	14
六、参考文献	15

一、系统概述

1.1 开发背景

近年来,随着我国城市化进程的快速推进,大量的自然表面被混凝土和沥青这类高容量的不透水面材料所替代。同时,由于城市人口的持续增长及工业化和现代化水平的提高,导致大量人为热的产生。这些因素的综合作用加剧地表城市热岛(Surface Urban Heat Islands, SUHI)效应的形成。SUHI 是指城市中心地区的地表温度相较于周边郊区气温明显提高的现象。这一现象已成为近年来城市极端气候的重要推动因素,对城市生态环境和居民的生活产生了诸多不利影响。因此,研究热岛效应对于改善城市自然环境、提升居民生活质量以及为政府提供合理的城市规划参考具有重要价值。在 SUHI 效应的研究中,前人进行了大量积极的探索,为本系统的设计提供了丰富的理论基础。然而,现有研究多利用特定软件完成,没有充分发挥 GIS 在空间数据管理、分析和可视化表达方面的功能。

基于以上问题,本系统基于 Vue 3 前端框架,通过整合 Mapbox GL JS 和 Antv L7 对武汉市地表城市热岛及其驱动因子信息进行可视化,并将其回归分析结果进行展示,开发了一款地表城市热岛效应信息管理和分析系统。

1.2 项目目标

本项目基于 Landsat 8 遥感数据,采用 ENVI 5.6 和 MapGIS 进行数据处理,并通过 Vue 3 前端框架,整合 Mapbox GL JS 和 Antv L7 实现了武汉市地表城市热岛及其驱动因子信息进行可视化。本项目旨在实现 SUHI 信息及其分析结果可视化,可以为 SUHI 管理和缓减工作的开展提供科学、高效、便捷的技术支持,提高地表城市热环境管理与决策效率,为我国面向 SUHI 缓减的规划设计、人居环境建设与优化方法提供可靠的科学依据。

1.3 系统目标

本系统数据利用遥感数据进行地表温度及 SUHI 驱动因子进行计算和分析,并利用 Vue 3 前端框架对数据计算和分析结果进行展示。详细目标功能如下:

- (1) 利用 ENVI 和 MapGIS 进行数据预处理,包括图像镶嵌、图像裁剪和坐标系转换,并进行地表温度计算、SUHI 驱动因子计算和 SUHI 及其驱动因子回归分析。
- (2) 计算 SUHI 及其驱动因子信息图层属性,并进行渲染和可视化展示,同时支持对各个县市区信息的空间查询。
- (3) 展示 SUHI 与其驱动因子的回归分析结果,用户可以选择不同的驱动因子,以查看 SUHI 与各驱动因子之间的定量关系。

二、概要设计

2.1 用户需求分析

- （1）系统可以基于 Vue 3 和 Element-Plus 进行前端框架搭建和网页界面设计，提供简洁的导航栏，方便用户在各功能模块之间进行切换。
- （2）系统可以调用 Mapbox GL JS 的地图服务，实现地图的无极缩放，添加地图控件对地理信息进行展示和地图交互。
- （3）系统可以利用 Antv L7 对 SUHI 及其驱动因子进行渲染，同时引入图例对图层进行解读，以直观地呈现 SUHI 及其驱动因子的空间分布情况。
- （4）系统能够对 SUHI 及其驱动因子的统计信息进行空间查询，并对回归分析结果进行属性查询。用户可选择不同的驱动因子，查看其与 SUHI 之间的定量关系。

2.2 系统体系架构

考虑到 SUHI 及其驱动因子信息的可访问性，我们在设计系统时采用了 B/S 结构。鉴于数据处理过程复杂，本系统的数据处理工作主要由系统开发人员利用 ENVI、MapGIS 等专业软件完成，而处理后的数据则通过 Web 端进行渲染和展示。用户只需通过网页即可查看处理后的可视化结果，从而提升了系统的使用便捷性和效率。在体系架构方面，本系统采用分层架构设计，分为数据层、应用支持层、业务逻辑层和应用表现层。详细的系统体系架构如图 2 所示。

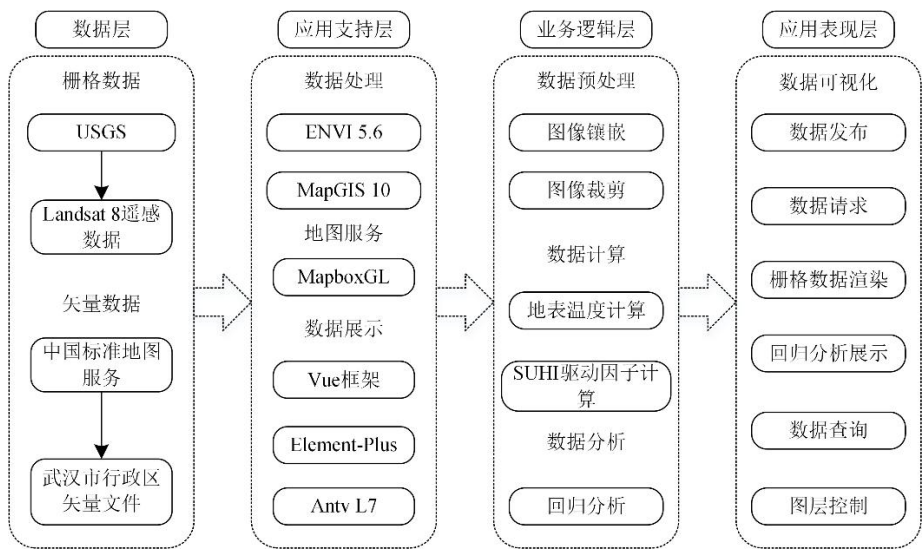


图 1 系统体系架构

数据层主要由栅格数据和矢量数据组成。栅格数据来自 USGS 官网的 Landsat 8 Collection2 Level2 系列影像，数据获取时间为 2024 年 7 月 21 日，正值武汉地区夏季，地表城市热岛效应显著，为了全面覆盖武汉市区域，共获取了三幅影像。矢量数据则来源于中国

标准地图服务，包含武汉市各行政区的矢量文件。

应用支持层主要包括数据处理、地图服务和数据展示三个部分。数据处理主要是借助 ENVI 5.6 和 MapGIS 对数据进行处理和分析。地图服务主要是调用 Mapbox GL JS 提供地图服务来支持地理信息的展示。数据展示主要是利用 Vue 框架和 Element-Plus 进行前端框架搭建和网页界面设计，并使用 Antv L7 对数据进行渲染和可视化展示。

业务逻辑层主要包括数据预处理，数据计算和数据分析三个部分。首先，对三幅遥感影像进行栅格镶嵌，合并成一幅影像，随后利用武汉市行政区矢量文件对影像进行裁剪，得到武汉市范围内的遥感影像。然后，基于预处理好的影像进行地表温度和遥感地表参数计算。最后，利用参数计算结果进行地表城市热岛及其驱动因子的回归分析，确定两者之间的定量关系。

应用表现层主要是进行数据可视化。首先，将数据计算和分析结果发布到本地服务器，模拟前端向后端发起数据请求的场景，通过获取到的请求数据进行渲染与可视化展示。系统界面也支持不同图层之间的切换，实现图层控制功能，并可以对图像属性进行空间查询。

2.3 系统功能模块

本系统主要分为四个主要功能，地表城市热岛信息可视化功能、地表城市热岛及其驱动因子回归分析功能、地表城市热岛及其驱动因子信息查询功能和地表城市热岛驱动因子信息可视化。

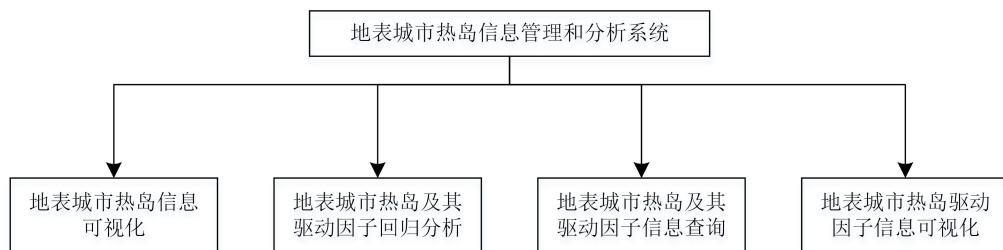


图 2 系统功能模块

2.3.1 地表城市热岛信息可视化

地表城市热岛信息可视化功能主要通过制作城市的温度分布专题图，构建直观的信息可视化界面对武汉市各个县区地表温度信息进行可视化展示，用户通过图例等辅助信息可得知各点位数值区间，此外，还可以通过图层属性获取武汉市地表温度的最值、平均值、中位数等关键信息。

2.3.2 地表城市热岛及其驱动因子回归分析

地表城市热岛效应及其驱动因子回归分析功能主要是通过构建用户交互界面展示回归分析结果。回归分析中的因变量为地表温度，回归方法采用线性回归，用户可以选取不同

的 SUHI 驱动因子组合，系统会调用相应的回归结果，展示 SUHI 与各驱动因子之间的定量关系，深入探究不同地表参数对热岛效应的影响及其驱动机制，为缓解城市热岛效应提供理论支持。

2.3.3 地表城市热岛及其驱动因子信息查询

地表城市热岛效应及其驱动因子信息查询功能主要是用于查询武汉各县区的 SUHI 及其驱动因子信息。用户只需将鼠标悬停在感兴趣的区域上，即可立即弹出一个信息框，直观展示该区县的 SUHI 及其驱动因子的统计信息，此功能便于用户对比不同区县的地表城市热岛效应，以便于进行后续的深入分析，为制定针对性的热岛效应缓解决策提供支持。

2.3.4 地表城市热岛驱动因子信息可视化

地表城市热岛驱动因子信息可视化功能主要通过制作城市的 NDVI（归一化植被指数）、NDBI（归一化建筑指数）、MNDWI（归一化差异水体指数）等一系列专题图，构建直观的信息可视化界面对武汉市城市热岛驱动因子信息进行可视化展示，用户通过图例等辅助信息可得知驱动因子数值区间，此外，还可以进行图层切换，选择不同的环境指标进行对比分析。

三、详细设计

3.1 功能设计

本系统主要分为四个主要功能，地表城市热岛信息可视化功能、地表城市热岛及其驱动因子回归分析功能、地表城市热岛及其驱动因子信息查询功能和地表城市热岛驱动因子信息可视化。功能模块划分在概要设计中功能模块设计已具体介绍，在此便不再赘述，本处主要介绍各个功能的详细设计。

3.1.1 地表城市热岛信息可视化

地表城市热岛信息可视化功能主要利用 MapGIS 将从美国地质调查局（United States Geological Survey, USGS）获取的 Landsat 8 数据进行遥感数据预处理，包括图像镶嵌、图像裁剪和坐标系转换，处理好的遥感影像进行地表温度计算，并将计算结果发布到本地服务器。通过 fetch 请求发布号的数据后，系统引入 Antv L7 库对地表温度进行分级渲染，展示地表城市热岛效应的空间分布情况。系统采用 Mapbox GL JS 的地图实例作为基础地图，利用地表温度数据制作了城市地表温度分布专题图，并添加了图例和图层信息，便于用户解读图层数据，构建直观的信息可视化界面对武汉市城市热岛驱动因子信息进行可视化展示。

3.1.2 地表城市热岛及其驱动因子回归分析

地表城市热岛及其驱动因子回归分析功能主要使用 Element-Plus 构建用户交互界面，展示地表热岛效应及其驱动因子的回归分析结果。该功能利用 el-drawer 组件用来显示回归分析的相关信息和选项，包括回归方式、因变量、自变量选择以及回归方程等。用户可以通过 el-button 和 el-drawer 组件选择一个或多个自变量进行回归分析，系统根据用户选择的自变量，动态展示相应的驱动因子与地表城市热岛之间的回归方程。在关闭回归分析时，系统会弹出确认框，询问用户是否确认退出分析。该功能展示地表城市热岛效应与各驱动因子之间的定量关系，深入探究了不同地表参数对地表城市热岛效应的影响及其驱动机制，为缓解城市热岛效应提供理论支持。

3.1.3 地表城市热岛及其驱动因子信息查询

地表城市热岛及其驱动因子信息查询功能旨在帮助用户查询武汉各区的地表城市热岛及其驱动因子的统计信息。该功能通过 AntV L7 库创建地图场景，利用 fetch 函数异步加载 JSON 格式数据，并根据数据属性进行分类，生成用于展示武汉市各行政区的 PolygonLayer 图层。界面为多边形图层配置了弹出框（LayerPopup），用户只需将鼠标悬停在指定区域上，即可弹出信息框，直观展示该区域的相关热岛驱动因子信息，包括行政区名称、地表温度、

NDVI（归一化植被指数）、NDBI（归一化建筑指数）、MNDWI（归一化差异水体指数）等内容。此功能方便用户对比不同区域的城市热岛效应，以便于进行后续的数据处理和深入分析，为制定针对性的热岛缓解决策提供支持。

3.1.4 地表城市热岛驱动因子信息可视化

地表城市热岛驱动因子信息可视化功能主要基于预处理好的遥感影像，计算地表城市热岛驱动因子。计算的结果以 TIFF 格式文件发布到本地服务器，随后通过 fetch 请求获取数据，并利用 Antv L7 进行数据渲染和展示，生成城市的 NDVI（归一化植被指数）、NDBI（归一化建筑指数）、MNDWI（归一化差异水体指数）等多个专题图，构建出直观的信息可视化界面，用于展示武汉市城市热岛驱动因子的相关信息。该系统基于 Vue 组件式开发，采用路由配置，用户可以通过点击不同图标时加载相应的路由和 Vue 组件，实现了图层切换功能。用户可灵活切换不同图层，根据可视化界面呈现的信息，对城市热岛效应进行深入分析与研究。这种可视化展示不仅提升了数据的易读性，还为城市规划和环境管理制定热岛效应的缓解政策提供支持。

3.2 系统界面设计

3.2.1 系统界面设计图

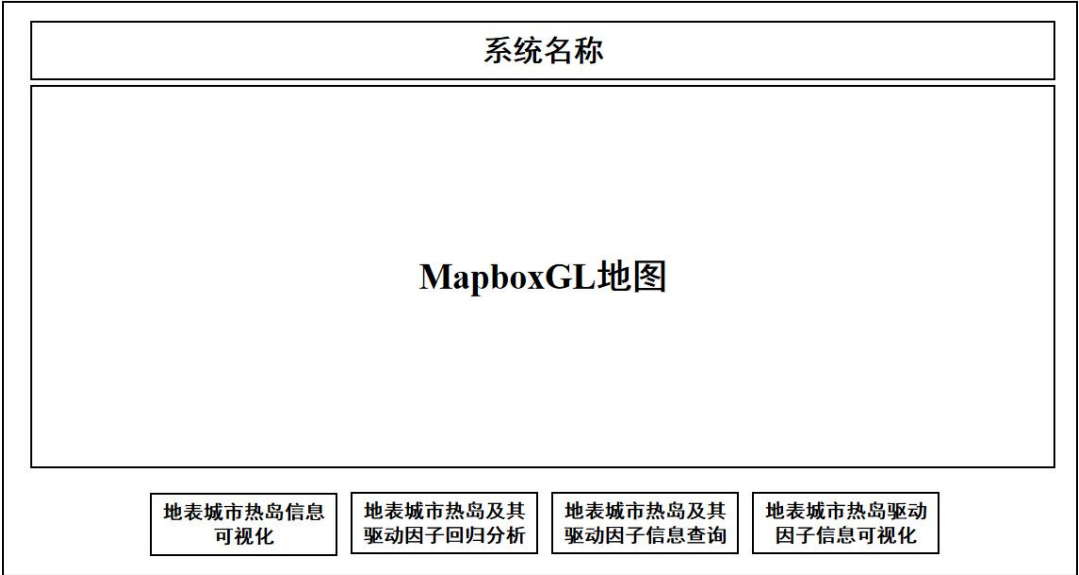


图 3 系统界面设计图

3.2.2 界面效果展示图

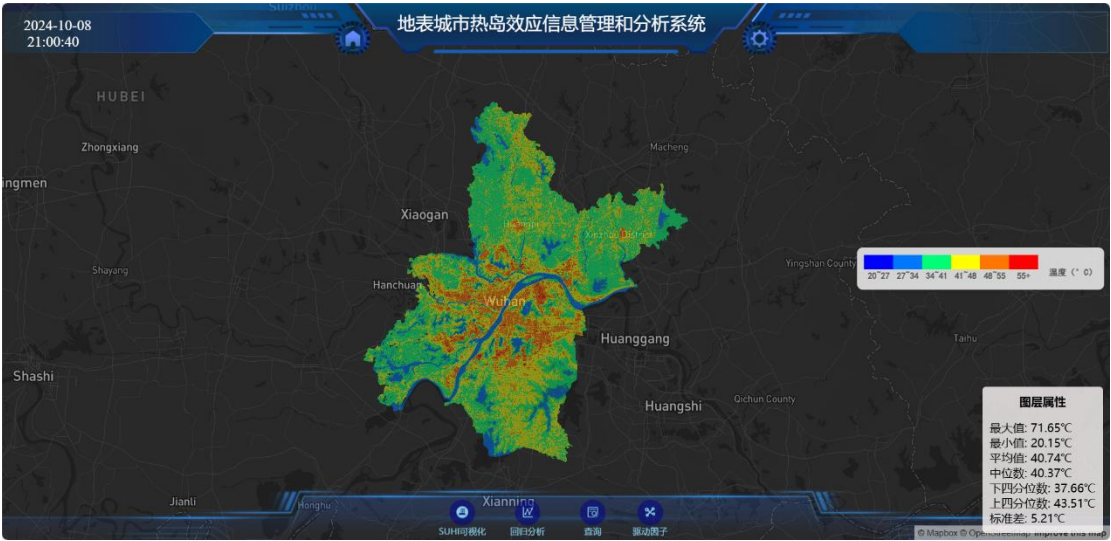


图 4 系统效果展示图

3.3 关键技术

3.3.1 Vue 3+Element-Plus

Vue 3 是一款基于 JavaScript 的渐进式前端框架，广泛应用于构建用户界面。与其前代版本 Vue 2 相比，Vue 3 在性能优化和开发体验上取得了显著的进步，尤其是引入了“组合式 API”（Composition API），使开发者能够更灵活地组织代码和实现功能模块化。Vue 3 的响应式系统基于 Proxy 对象，这不仅提高了数据变化的检测效率，还减少了性能开销，显著提升了大型复杂应用的开发效率与可维护性。

Element-Plus 是基于 Vue 3 构建的一款现代化 UI 组件库，旨在提供一套完整、简洁、易用的前端组件体系，涵盖了表单控件、布局、数据展示、导航等多种 UI 需求。通过与 Vue 3 的深度集成，Element Plus 能充分发挥 Vue 3 组合式 API 的优势，帮助开发者构建高度响应式和美观的界面。这些组件不仅具有高度的可扩展性和复用性，还支持响应式设计，适合多种屏幕设备，为现代 Web 应用的开发提供了便捷的解决方案。

将 Vue 3 与 Element Plus 结合用于组件式开发，开发者能够通过模块化的方式构建复杂的应用系统。每个功能模块都可以封装成独立的组件，方便复用和维护。同时，借助 Vue 的路由和状态管理功能，与 Element Plus 提供的丰富组件集成，可以有效提高用户界面的开发效率和代码可维护性。这种技术组合特别适合开发中大型企业级应用，为构建动态交互性强、响应迅速的 Web 界面提供了强大的支持。

3.3.2 Mapbox GL JS

Mapbox GL JS 是一种基于 WebGL 的高性能开源 JavaScript 库，专用于渲染和交互式可

视化地理空间数据，支持实时、动态更新的矢量瓦片和栅格图层。它通过 WebGL 技术直接在客户端进行数据的高效渲染，具有极强的定制化能力，允许开发者通过样式定义语言对地图进行精细控制与个性化设计。Mapbox GL JS 广泛应用于构建复杂的地理信息系统(GIS)，涵盖导航、城市规划、环境监测等领域，为实时地理数据的高效处理和可视化提供了强大支持。

3.3.3 Antv L7

AntV L7 是蚂蚁集团推出的一款专注于地理空间数据可视化的框架，基于 WebGL 技术实现高效的大规模地理数据渲染。与传统的地图服务不同，L7 注重复杂数据的视觉表达，支持点、线、面等多种图层类型以及丰富的交互功能。通过灵活的 API，L7 能够处理海量数据并以可视化形式展示，为交通流量分析、环境监控、城市热岛效应等领域提供专业化的地理信息解决方案。其开放性和可扩展性使其适用于多样化的地理数据可视化需求。

四、系统实现

4.1 系统性能

4.1.1 及时性

系统需要有及时分析处理数据的能力。系统需要满足较低的延迟性，对于栅格数据，对其进行快速的发布、请求、处理，展示需要被控制在较短的时间范围。通过采用异步数据处理和并行计算等技术，系统能够快速响应数据请求确保数据的时效性。

4.1.2 可扩展性

系统要求模块化，对数据进行计算、分析、存储的模块需要低耦合度，使各模块间的依赖性降低，各层级间影响较小。这在系统增加新功能时，可以更小的对其他模块产生影响。

4.1.3 易用性

系统的可视化界面要求风格简洁美观整体的主题要求鲜明。对于数据展示要求直观，用户可以较轻松的读取数据变化情况。设置部分交互效果，增加用户在系统中的沉浸感。

4.1.4 可维护性

要求系统在开发过程中使用统一的代码风格且确保有注释，对于接口设置要求接口设计按照统一的规范进行设置。同时拥有较全的文档说明，并确保文档与系统的实际版本保持同步。

4.2 系统开发环境

4.2.1 软件需求

本系统开发所需的工具软件如表 3 所示。ENVI 和 MapGIS 用于数据预处理和数据计算，Python 用于进行回归分析，Visual Studio Code 用于 Vue 框架搭建和前端代码编写。

表 1 系统开发所需软件列表

工具名	版本号
MapGIS	10.7.0.10
ENVI	5.6
Python	3.10
Visual Studio Code	1.93.1

4.2.2 硬件需求

表 2 系统部署所需的硬件配置列表

名称	配置
CPU	6 核 12 线程及以上
内存	32G 及以上
硬盘	128G 及以上
网卡	1Gbps 及以上

4.3 系统实现

本系统的界面设计基于功能模块进行划分，底部导航栏展示各主要功能模块，用户可通过点击相应图标快速加载对应的 Vue 组件并进入相应的功能界面。各模块划分清晰，界面简洁明了，便于用户高效地在各个功能模块中切换。

第一部分是本系统地表城市热岛信息可视化功能，点击网页底部导航栏<SUHI 可视化>按钮，可显示地表温度分布专题图，并添加了图例和图层信息，便于用户解读图层数据。



图 5 地表城市热岛效应信息可视化功能

第二部分是地表城市热岛及其驱动因子回归分析功能，点击导航栏<回归分析>，将弹出开始分析按钮，点击<开始分析>。

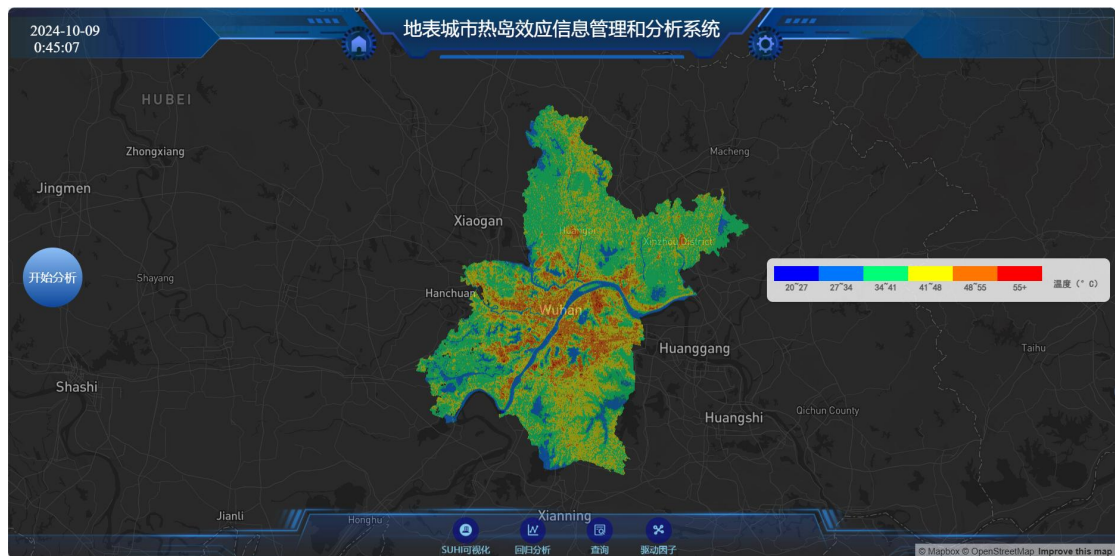


图 6 地表城市热岛及其驱动因子回归分析功能

选择一个或多个自变量进行回归分析，系统根据用户选择的自变量，动态展示相应的驱动因子与地表城市热岛之间的回归方程。



图 7 查看地表城市热岛效应及其对应驱动因子回归分析方程

第三部分是地表城市热岛及其驱动因子信息查询，点击导航栏<查询>按钮，用户将鼠标悬停在指定区域上，即可弹出信息框，直观展示该区域的相关热岛驱动因子信息，包括行政区名称、地表温度、NDVI（归一化植被指数）、NDBI（归一化建筑指数）、MNDWI（归一化差异水体指数）等内容。



图 8 地表城市热岛及其驱动因子信息查询

第四部分是地表城市热岛驱动因子信息可视化功能，点击导航栏<驱动因子>按钮，将弹出三个小按钮分别代表 MNDWI（归一化差异水体指数）、NDBI（归一化建筑指数）、NDVI（归一化植被指数），分别点击三个图层，用户可根据可视化界面呈现的信息，对城市热岛效应进行深入分析与研究。



图 9 归一化差异水体指数（MNDWI）信息可视化

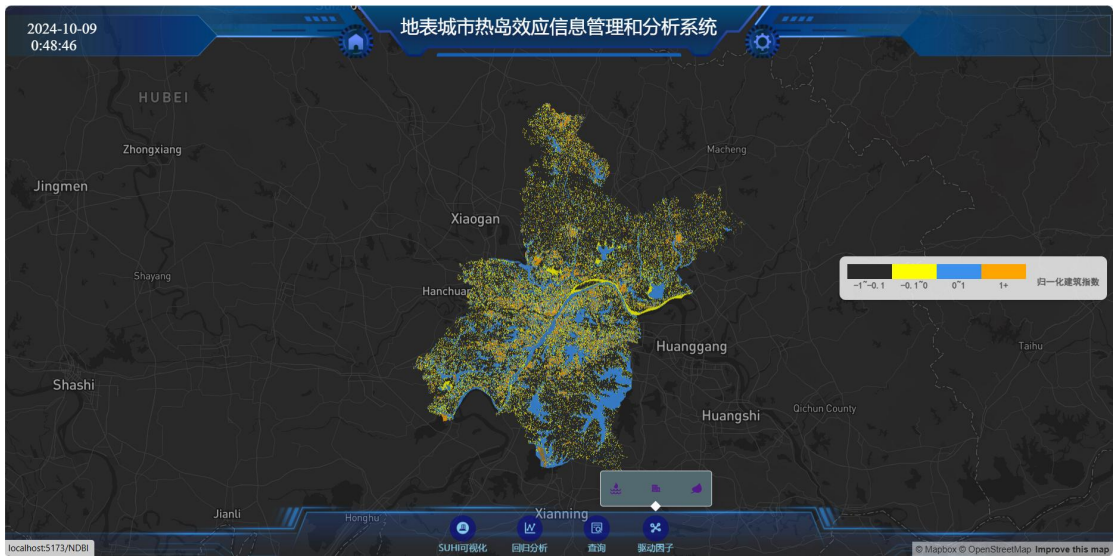


图 10 归一化建筑指数（NDBI）信息可视化



图 11 归一化植被指数（NDVI）信息可视化

五、项目总结

本项目构建了一个基于 Landsat 8 遥感数据的地表城市热岛效应信息管理和分析系统，该系统通过对武汉市遥感数据进行地表温度计算和地表参数反演，对热岛效应驱动因子进行回归分析，并进行可视化展示。本项目的主要工作如下：

（1）利用 MapGIS 和 ENVI 将从美国地质调查局(United States Geological Survey, USGS)获取的 Landsat 8 数据进行遥感数据预处理，包图像镶嵌、图像裁剪和坐标转换，然后将处理好的遥感影像数据进行地表温度计算和地表参数反演。

（2）利用 Antv L7 渲染栅格图层，以 Mapbox GL JS 提供的地图实例作为场景的基础地图，分别制作了城市的地表温度分布、NDVI（归一化植被指数）、NDBI（归一化建筑指数）、MNDWI（归一化差异水体指数）等一系列专题图，构建信息可视化界面对武汉市地表城市热岛及其驱动因子信息进行可视化展示。

（3）对武汉市热岛效应驱动因子进行了回归分析，并基于 Element-Plus 进行界面设计，展示地表城市热岛效应与其驱动因子之间的定量关系。

经过四个月的不懈努力，由我们团队独立设计与研发的系统于 2024 年 10 月 2 日圆满完成。这一开发周期充满了学习、构建功能、深思和编码等环节，期间遇到了许多挑战。虽然这些困难一度让我们陷入停顿，但我们逐渐找到了解决问题的方法，这个过程非常宝贵，也极大地丰富了我们的经验。每当问题得到解决，我们都感到非常欣慰，这四个月的经历让我们受益匪浅，也为我们未来的职业生涯打下了坚实的基础。

项目初期，我们在选题方向上感到迷茫，缺乏明确的目标，时间在不知不觉中流逝，让人感到焦虑。然而，凭借团队中每个成员坚定的信念和不懈的努力，我们不断地自我反省，将专业知识与日常生活、国民经济相结合，最终决定将我们的研究重心放在城市热岛效应的信息管理和分析上。通过集体讨论，我们深入探讨了系统的结构和功能，每个问题都经过反复的优化和修正。这个过程不仅加深了我们对作为团队合作的理解，也加强了我们对系统功能的可行性和可靠性的认识，最终形成了一个统一且完整的体系。

通过不断地克服困难和挑战，我们团队坚信：有信心、有目标、有毅力，就能解决任何问题。这也验证了那句老话：世上无难事，只怕有心人。在此，我要感谢全国高校 GIS 技能大赛组委会提供的这个平台，它不仅让我们有机会展示我们的技术，也是一个锻炼和学习的宝贵机会；感谢我们的指导老师崔海福老师和刘远刚老师，她的专业指导和无私支持为我们提供了良好的开发环境。同样，感谢所有支持我们的老师和同学们。在这次比赛的准备过程中，我们学到的不仅仅是关于系统开发的技术知识，更多的是如何在困难面前不屈不挠，与团队成员一起奋斗，共同迈向成功。

六、参考文献

- [1]张丽平,孙英君,王绪璐等.不透水面提取方法及应用研究综述[J].测绘与空间地理信息,2023,46(11):149-153.
- [2]陈一溥,郑伯红.长株潭城市群人为热排放对城市热环境影响研究[J].长江流域资源与环境,2021,30(07):1625-1637.
- [3]寿亦萱,张大林.城市热岛效应的研究进展与展望[J].气象学报,2012,70(03):338-353.
- [4]Duckworth, F.S., & Sandberg, J.S. The effect of cities upon horizontal and vertical temperature gradients. *Bulletin of the American Meteorological Society*, 1954, 35(5): 198-207.
- [5]谢启姣.武汉城市热岛特征及其影响因素分析[J].长江流域资源与环境, 2016, 25(03):462-469.
- [6]谢苗苗, 王仰麟, 付梅臣.城市地表温度热岛影响因素研究进展[J].地理科学进展, 2011, 30(01):35-41.
- [7]延昊, 邓莲堂.利用遥感地表参数分析上海市的热岛效应及治理对策[J].热带气象学报, 2004(05):579-585.
- [8]马伟, 赵珍梅, 刘翔等.植被指数与地表温度定量关系遥感分析——以北京市 TM 数据为例[J].国土资源遥感, 2010(04):108-112.
- [9]吴昌广, 林姚宇, 王耀武等.城市地表热环境季节变化及与下垫面特征关系[J].哈尔滨工业大学学报, 2015, 47(04):26-30.
- [10]Gao, Y., Zhao, J., & Han, L. Exploring the spatial heterogeneity of urban heat island effect and its relationship to block morphology with the geographically weighted regression model. *Sustainable Cities and Society*, 2022, 75: 103341.
- [11]Zhao, C., Jensen, J., Weng, Q., & Weaver, R. A geographically weighted regression analysis of the underlying factors related to the surface urban heat island phenomenon. *Remote Sensing*, 2018, 10(9): 1428.
- [12]帅晨,沙晋明,林金煌,等.不同下垫面遥感指数与地温关系的空间差异性研究[J].地球信息科学学报,2018,20(11):1657-1666.
- [13]高静, 龚健, 李靖业.“源-汇”景观格局的热岛效应研究——以武汉市为例[J].地理科学进展, 2019, 38(11):1770-1782.
- [14]胡德勇, 乔琨, 王兴玲等.单窗算法结合 Landsat 8 热红外数据反演地表温度[J].遥感学报, 2015, 19(06):964-976.
- [15]Qin Z H, Karnieli A, Berliner P. A Mono-window Algorithm for Retrieving Land Surface Temperature from Landsat TM Data and Its Application to the Israel-Egypt Border Region. *International Journal of Remote Sensing*, 2001, 22(18) : 3719-3746.
- [16]Stathopoulou M, Cartalis C and Petrakis M. Integrating Corine Land Cover data and Landsat TM for surface emissivity definition: application to the urban area of Athens , Greece. *International Journal of Remote Sensing*, 2007, 28 (15) : 3291-3304.
- [17]岳文泽,徐建华,徐丽华.基于遥感影像的城市土地利用生态环境效应研究——以城市热环境和植被指数为例[J].生态学报,2006(5):1450-1460.
- [18]王鹏新,龚健雅,李小文,等.基于植被指数和土地表面温度的干旱监测模型[J].地球科学进展,2003(04):527-533.
- [19]李斌,王慧敏,秦明周,等.NDVI、NDMI 与地表温度关系的对比研究[J].地理科学进展,2017,36(05):585-596.