

自然过程碳排放数据信息 WebGIS^①

祝作佳^{1,2}, 毕建涛², 王星星², 龚跃健^{1,2}, 欧阳文森³

¹(中南大学 地球科学与信息物理学院, 长沙 410083)

²(中国科学院 遥感与数字地球研究所, 北京 100094)

³(长沙县国土资源局, 长沙 410100)

摘要: 作为自然过程碳排放数据信息管理系统建设的重点内容, 自然过程碳排放研究数据 WebGIS 系统的构建成为了本文的研究对象. 该系统以 Silverlight 为客户端平台, 以 ArcGIS Server 作为系统 GIS 服务器, 结合 WCF RIA Service、ArcGIS API for Silverlight 等 WebGIS 技术进行了系统的框架结构和空间数据库的设计, 给出了系统属性数据和空间数据的组织和 Web 访问策略, 实现属性数据的网络动态查询、检索、统计和分析与空间数据的网络地图展示、空间分析和专题图制作等功能. 在系统构建过程中, 重点分析了其涉及的 WebGIS 关键技术和解决方案的具体实施. 研究表明, 基于 Silverlight 技术和 ArcGIS Server 平台构建的 WebGIS 系统, 不仅能解决地理空间数据的发布与管理, 快速高效进行系统功能的开发, 同时还能满足用户对系统高交互性和响应时间的要求, 并提高 WebGIS 系统的表现力.

关键词: Silverlight; ArcGIS Server; RIA; WebGIS; 碳排放

Natural Process of Carbon Emissions Data Information WebGIS Based on ArcGIS Server and Silverlight

ZHU Zuo-Jia^{1,2}, BI Jian-Tao², WANG Xing-Xing², GONG Yue-Jian^{1,2}, OUYANG Wen-Sen³

¹(School of Geosciences and Info-Physics, Central South University, Changsha 410083, China)

²(Institute of Remote Sensing and Digital Earth, China Academy of Sciences, Beijing 100094, China)

³(Changsha County Land Resources Bureau, Changsha 410100, China)

Abstract: As the focus of the natural process of carbon emissions data content information management system construction, the natural process of carbon emissions research data WebGIS system construction has become the object of study. The WebGIS system uses Silverlight as the client platform and uses the ArcGIS Server as the system GIS Server. It is combined with WCF RIA Service, ArcGIS API for Silverlight and other WebGIS technologies. We designed the system frame structure and the spatial database and gave out the spatial data and non-spatial data organization and its web access strategy. It achieved the non-spatial data network dynamic query, retrieval, statistics and analysis. It has functions of displaying the spatial data web maps, analyzing spatial data and making the matic map, etc. In the process of system building, we focused on the analysis of key technologies, involved WebGIS and the specific implementation of solutions. Studies had shown that building a WebGIS system based on the Silverlight technology and ArcGIS Server platform, not only can solve the release and management of geospatial data, develop the system function fast and efficiently, but also can meet the requirements of high interactivity and response time, and improve the performance of WebGIS system.

Key words: silverlight; ArcGIS server; WebGIS; RIA; carbon emissions

随着经济的发展, 矿物能源消耗结构不合理, 大量含碳气体的排放, 导致全球温室效应越来越显著,

大气质量也逐年下降. 研究碳排放数据成为了一个重要的课题. 继中国 GDP 排名世界第二, 中国也成为了

① 基金项目:中国科学院战略先导科技专项(XDA05030101)

收稿时间:2014-04-11;收到修改稿时间:2014-05-16

最大的碳排放国家。如何控制和减少碳排放量已经成为我国政府部门和学术界的重要研究对象。另外,在生活水平不断提高的情况下,人们也越来越重视其身边的生活环境质量,碳排放数据也日益受到关注。构建行业碳排放数据信息 WebGIS 公共信息平台,实现对数据的网络查询、分析、发布和研究成果的展示,同时使人们能获知环境质量的变化。因此,构建高效、数据丰富的 WebGIS 系统是至关重要的。

然而,由于传统 WebGIS 的局限性,如用户交互性较差、响应速度缓慢、可扩展性不强,对于地理空间信息的丰富性表达很弱,更新模式比较单一,这些都难以满足当前 WebGIS 系统的开发要求。因此,本文引入基于 RIA(Rich Internet Application)技术的结构模式来构建 WebGIS 系统^[1-3]。当前流行 RIA 策略的 Web 应用程序开发平台主要有 Adobe Flex、Microsoft Silverlight 和 Sun JavaFX 技术。鉴于 Flex 技术在大数据传输支持的不足和 JavaFX 的应用不成熟,以及对 Silverlight 技术在 WebGIS 领域应用的研究^[4-6],本系统采用 Silverlight 技术。再结合 WCF RIA Service,能够更好地实现对大量数据的网络传输和处理,快速响应用户请求,并还可以有效的解决传统 WebGIS 的缺点。另外,基于 ArcGIS Server 平台的 WebGIS 系统能有效的解决空间数据管理和功能服务发布。总之,在国家战略级先导科技专项“自然过程碳排放”项目依托下,结合碳排放数据信息公共平台的建设,本文构建的基于 Silverlight 和 ArcGIS Server 的自然过程碳排放数据信息管理 WebGIS 系统,满足了系统开发所需的功能要求,也为我国的整体碳收支分析提供了数据基础。

1 关键技术简介

1.1 Silverlight 和 WCF RIA Service

Silverlight 作为 RIA 的主流开发技术之一,是微软公司推出的一套基于 .NET Framework 实现的跨浏览器、跨平台的强大开发框架,用于为网络、桌面或移动设备生成和提供内容丰富、视觉效果绚丽的交互式应用程序。它融合了微软的多种 Web 呈现技术,对基于 Asp.Net、Ajax 的 Web 开发应用实现了无缝连接。其中,XAML 作为 Silverlight 的基础,是 .NET Framework 和表示层之间的主要交互接口,实现了用户界面和应用程序逻辑分离,突破了设计和开发耦合的界限,极大地提高了开发效率。另外, Silverlight 对象模型提供

了丰富的实体对象和修饰对象,例如文本、矢量图形、图像等,使 GIS 的点、线、面等几何实体要素容易且丰富地表达^[7]。目前最新版本为 5.2。

WCF RIA Service 是 .NET Framework 4 与 Silverlight 4 框架新的组成部分。作为微软为了简化 Silverlight 应用程序对数据库访问而引入的一种新技术,它提供了一个终端到终端的框架,使开发人员专注解决实际的业务问题而不需要过多关注服务端与客户端之间的数据访问架构和通道,从而简化了针对 RIA 程序的 N 层解决方案的开发与部署。在其提供的三层架构应用程序中,通过中间层来管理表示层与数据层之间的交互逻辑,并负责数据的验证检查和一致性。同时,RIA Service 可自动从中间层与数据层之间的应用程序逻辑生成表示层的代码,并且在每次重新编译解决方案时,都会使用最新的中间逻辑层来自动更新该客户端,实现数据的一致性。

1.2 ArcGIS Server 平台和 ArcGIS API for Silverlight

ArcGIS Server 是 ESRI 公司一套基于服务器的综合性 GIS 产品,它主要用于构建工作组、部门和企业级的 GIS 应用程序以及 WebGIS 平台部署,可提供地理数据的管理、处理功能及高级 GIS Web 服务。一个完整的 ArcGIS Server 体系通常有 Web 服务器、GIS 服务器、数据服务器构成,而 GIS 服务器则包含服务对象管理(SOM)和服务对象容器(SOCs)。当 WebGIS 客户端发送服务请求时,Web 服务器会自动调节负载,使用 Web Service Account 向 GIS 服务器发送请求,而 SOM 负责接受请求并进行负载平衡,管理和调度 SOC 处理请求服务,处理完毕后,再将数据由 GIS 服务器返回 Web 服务器至客户端^[8]。另外,在 GIS 数据和处理功能方面,ArcGIS Server 通过 ArcGIS Server Rest API,为其所发布的服务和操作都提供了一个简单、功能强大的开放式 Web 编程接口(以 URL 的方式进行访问),实现了在分布式环境下地理数据的管理、制图、地理处理、空间分析、编辑和其他 GIS 功能。图 1 是 ArcGIS Server10.0 的完整体系结构图。自 ArcGIS10.1 版本起正式更名为 ArcGIS for Server。

ArcGIS API for Silverlight 是 ESRI 推出的,在 Silverlight 平台上开发 WebGIS 应用程序的一套编程接口^[8]。它利用 ArcGIS Server 发布的各种服务(如地图服务、影像服务、几何服务等)的 REST 接口来实现强大的绘图、地理编码和地理处理等功能,同时还可

以访问 OGC 标准的 WMS、MFS、WCS 等服务和访问 Bing 地图服务,使开发人员能快速开发出功能丰富、操作便捷,并具备视觉冲击力的 RIA 富客户端 WebGIS 应用程序。

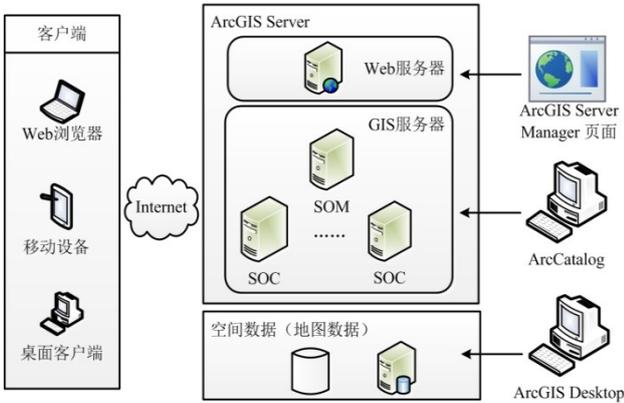


图 1 ArcGIS Server 体系结构图

2 系统框架结构设计

自然过程碳排放数据信息 WebGIS 系统,采用目前主流的基于 RIA 的 Silverlight 富客户端开发技术,结合 ArcGIS Server10.0 平台提供的 Silverlight 二次开发框架,进行系统框架结构的设计和开发。通过在 Silverlight 客户端应用程序中调用 ArcGIS Server 中发布的各种 GIS 服务和 .Net 框架开发的 WCF RIA Service,实现对自然过程各子课题碳排放数据的属性数据和空间数据的查询检索和交互访问。该系统的整体架构如图 2 所示。

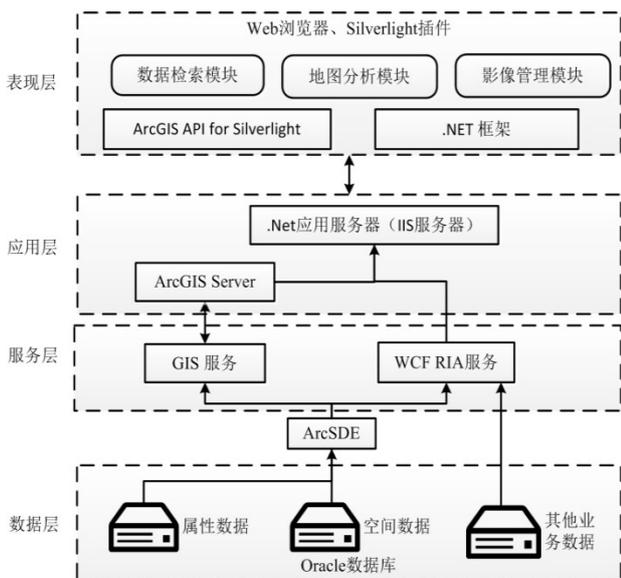


图 2 系统框架结构图

(1)表现层:即为 Silverlight 客户端应用程序。它采用 Model-View-ViewModel 模式的进行客户端的设计^[9],使用 ArcGIS API for Silverlight 和 .Net Framework 来进行数据服务请求,为用户展现了一个内容丰富、具有高交互性的 Web 程序界面。它主要分为了数据检索、地图分析和影像管理三大子模块。

(2)应用层:为系统接受各种客户端用户数据、查询等请求服务,并根据请求类型向 .Net 应用服务器和 ArcGIS Server 服务器发送服务请求,调用系统的各种数据及处理服务,最后将生成的结果返回到客户端。

(3)服务层:为系统提供各种数据及处理服务,主要包含有 GIS 服务和 WCF RIA 服务。GIS 服务包含了通过 ArcGIS Server 发布的各种服务,如地图服务、影像服务、要素服务、几何服务、地理处理服务等,主要用于自然过程碳排放各子课题空间数据的访问和 GIS 处理;WCF RIA 服务主要用于自然过程碳排放采集数据、计算数据和统计数据的查询、检索和分析等操作,同时还负责系统用户的登录、访问权限等操作。

(4)数据层:它是系统的核心部分,存储各种格式、各种类型的属性数据和空间数据。它负责数据的存储机制、数据间的各种关系,数据的更新和数据备份,为系统数据提供安全的保障。对于涉及到自然过程碳排放的属性数据、空间数据和影像数据,采用 Oracle+ArcSDE 的方式进行数据的存储,并且通过 PLSQL Developer 或 ArcCatalog 软件对属性数据和空间数据进行系统数据的更新。

3 系统数据的组织与 Web 访问策略

针对自然过程碳排放数据的采集范围广,数据复杂,且具有很强的地理空间特性,传统的空间数据库管理模式难以满足系统的开发要求。当前空间数据库管理模式主要由三种:文件型数据数据库(如 ArcInfo Library)、空间对象型关系数据库(如 Oracle Spatial)和关系型数据库+空间数据引擎(如 Oracle+ArcSDE、SQL Server+ArcSDE)。本系统数据库采用 Oracle + ArcSDE 的模式来进行数据的组织和数据库的设计^[10,11]。为了有效的管理自然过程碳排放数据,减少数据组织的复杂度和冗余度,通过对数据进行属性信息和空间信息的分离,将属性数据和空间数据按照 Oracle 的表空间方式进行独立存储,再通过数据表的主键和外键的约束等其他数据约束,将属性数据和空间数据进行二者

联动, 构建自然过程碳排放属性数据和空间数据一体化空间数据库管理系统. 数据组织如图 3 所示.

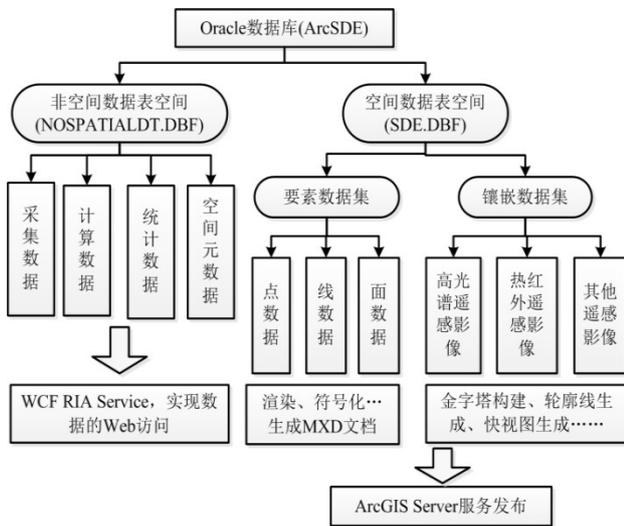


图 3 系统数据库组织结构图

3.1 属性数据

3.1.1 属性数据组织

自然过程碳排放的属性数据主要有野外采集数据信息、实验室测试数据信息以及矢量和栅格等空间数据的元数据信息. 因此, 将数据属性分类采集数据、计算数据、统计数据和空间元数据四大类. 计算数据和统计数据是在采集数据的基础上计算分析衍生出来的数据信息, 如区域碳排放通量数据、区域年度碳排放量数据等. 然后根据数据字典信息, 在 Oracle 的 SDE 用户下, 完成数据库的设计和数据的导入, 将数据存入非空间数据表空间.

3.1.2 属性数据 Web 访问

Silverlight 作为 Web 的客户端用于程序, 其无法直接对数据进行访问和数据操作. 但是可以通过间接地方式实现 Silverlight 对数据库的访问, 常用的方法是采用数据服务的方式, 如 Web Services、WCF 服务、ADO.NET Data Service 和 WCF RIA Service, 其在数据访问各方面对比如表 1 所示.

表 1 Silverlight 的四种数据访问方式

	Web 服务	WCF 服务	.NET 数据服务	WCFRIA 服务
访问效率	低	中等	高	高
扩展性	中等	好	中等	好
安全性	中等	中等	高	高
表现性能	中等	中等	中等	高
数据库兼容性	好	好	低	低

从上表中可以看出 WCF RIA Service 对于数据访问在有效性、扩展性、安全性以及性能方面有较强的优势. 至于 WCF RIA Service 对于 Oracle 数据库的访问可以采用第三方插件加以实现. 其 Web 访问的实现过程如下:

(1)项目链接——Silverlight 客户端应用程序与服务端 Web 应用程序或类库的链接. 也可以通过在网站中承载 Silverlight 应用程序, 同时启用 WCF RIA 服务加以实现. 只有通过两种的链接, 才可以在编译后, 客户端自动生成相应的服务代码.

(2)域名服务——在 Web 服务端, 创建领域服务. 领域服务更像是一个标准的 WCF 服务, 但遵循一些给定的模式并提供了基本的功能, 它是 WCF RIA Service 的核心结构.

(3)域名操作——在创建的领域服务类中, 创建领域操作 Domain Operations, 对数据库进行数据访问获取, 其操作函数返回的类型必须是可序列化的类.

(4)域上下文——在 Silverlight 客户端, 创建 Domain Services 相对应的领域上下文 DomainContext 的实例并调用公开的领域操作进行数据的交互.

Silverlight 客户端访问数据服务端的核心实现代码如下:

```
private CarbonDBMS.Web.OraDmContext
dataDomainService = null;private void
GetDataFromDmService(){InvokeOperation<byte[]
>
data=dataDomainService.GetTableData(this._select
TableName);data.Completed += (s, ee)
=>{InvokeOperation<byte[]> operate = (s as
InvokeOperation<byte[]>);if
(operate.HasError){operate.MarkErrorAsHandled();
return;}}
else{sLDataSet.FromArray(operate.Value);}};
```

3.2 空间数据

3.2.1 空间数据组织

自然过程碳排放空间数据主要有矢量数据(包括点、线、面的 SHP 文件)和遥感影像数据. 矢量数据主要有行政区划、研究区域范围、野外数据采集点、河流等要素信息. 遥感影像包含有高光谱影像、热红外影像等其他遥感影像数据. 对于矢量数据, 如行政区划 SHP 文件、采集点 SHP 文件, 研究区域面 SHP 文

件等, 利用 ArcGIS Catalog 导入 ArcSDE 新建要素数据集中, 再通过 ArcMap 软件的处理, 对其进行属性表数据和元数据信息的添加, 并对图层进行渲染和符号化等操作, 生成 MXD 文档, 用于 ArcGIS Server 的地图服务、要素服务等服务的发布. 对于遥感数据, 则是通过将已经预处理的遥感影像, 导入镶嵌数据集中, 并依次构建影像的轮廓线, 接边线, 最后生成概视图, 可直接用于 ArcGIS Server 的影像服务发布. 利用镶嵌影像数据集作为影像服务发布, 其操作流程如图 4 所述.

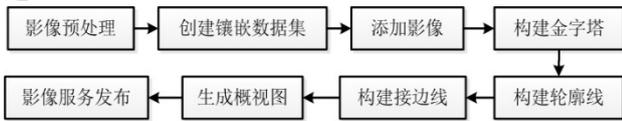


图 4 镶嵌数据集影像服务构建流程图

3.2.2 空间数据的发布与 Web 访问

空间数据的发布是 WebGIS 系统执行数据浏览和

处理等功能的必要前提. 本系统主要利用 ArcGIS Server10.0 平台来进行系统空间数据的发布, 较于其之前的版本, 在数据访问、搜索、数据编辑、地图缓存管理等方面都有了很大的性能改进. ArcGIS Server 针对不同的空间数据类型, 和处理功能, 提供了众多类型的数据服务和功能服务, 其提供的服务类型以及相应服务所需的 GIS 资源和服务功能^[12], 如表 2 所述. 对于数据服务的发布, 数据管理员可利用 ArcCatalog 软件或 Web 浏览器(ArcGIS Server Manager 页面), 登录 ArcGIS Server 服务器, 选择相应的 GIS 资源和设置服务参数, 即可完成服务的发布. 当服务发布后, 可以登录 [http://<hostname:80>/arcgis/rest\(.Net 版本\)](http://<hostname:80>/arcgis/rest(.Net 版本)), 就可以看到当前发布的所有服务以及该服务所链接到的 GIS 资源和操作功能.

表 2 ArcGIS Server 发布服务类型及其功能

服务类型	服务所需的 GIS 资源	服务功能描述
地图服务	地图文档或地图服务定义	最常用的 GIS 服务, 包含了许多功能, 提供对地图、要素和属性数据的 Web 访问
影像服务	栅格数据集或镶嵌数据集	主要通过对栅格(影像)的数据访问, 它提供了影像目录、元数据浏览和影像下载等功能
地理编码服务	地址定位器	主要执行地理位置的编码, 提供在地图中查找及显示地址, 以及与周围要素的关系
地理数据服务	数据库连接文件或个人地理数据库或文件地理数据库引用数据的地图文档	执行地理数据库复制操作、通过数据提取创建副本并在地理数据库中执行查询等操作
几何服务	不需要 GIS 资源	执行几何计算, 如缓冲区、面积和长度、投影等
地理处理服务	具有工具图层或工具箱的地图文档	简称 GP 服务, 执行空间分析、地理处理等服务器端执行的工具、模型、运算等
Global 服务	Globe 文档	提供网络 3D 地图浏览

空间数据的访问和处理是基于 ArcGIS Server 所发布的 GIS 数据和功能服务. ArcGIS Server 原生支持 REST, 它提供了一套功能强大的 ArcGIS Server REST API, 使 ArcGIS Server 发布的 GIS 资源和处理功能都可以通过相应 GIS 服务的端点 URL 获取, 如地图服务 <http://<hostname:80>/arcgis/rest/services/chinamap>. 获取相应服务的 URL 后, 可以利用 ArcGIS API for Silverlight(或者是基于 Flex 或 JavaScript)进行进一步的数据处理和系统功能开发. 这三套 API 都是基于 ArcGIS Server 的 REST 接口(REST SDK)开发的一套编程接口, 而本系统采用的是基于 Silverlight 平台的 API.

以访问地图服务为例, 在创建的 Silverlight 应用程序中, 引入相应的核心库文件(如 ESRI.ArcGIS.Client.dll、ESRI.ArcGIS.Client.Toolkit.dll 等), 就可以使用程序界面语言 XAML 实现对服务的调用.

```

xmlns:esri=http://schemas.esri.com/arcgis/client/2009
<esri:Map x:Name="MyMap" WrapAround="True"
Extent="40,-5,180,60"><esri:Map.Layers><esri:
ArcGISDynamicMapServiceLayer ID="ChinaMap"
Url="http ://<hostname:80>/arcgis/rest/services/chinamap" /></esri:Map.Layers></esri:Map>
  
```

其中 Url 参数就是发布的相应地图服务基于 Rest

接口的 Url 地址. 总之, 通过 ArcGIS API for Silverlight 这套编程接口, 可以实现对所有 ArcGIS Server 发布的各种服务访问和功能的处理, 以在这些基础上, 进行系统数据的处理和功能的开发.

4 系统的核心功能实现

自然过程碳排放数据信息 WebGIS 系统功能是基于系统非空间数据的浏览和分析处理和 ArcGIS Server 所发布的空间数据和服务进行系统编码, 其主要包含用户管理、非空间数据管理、地图操作、影像管理等四大功能模块, 其功能结构如图 5 所示.

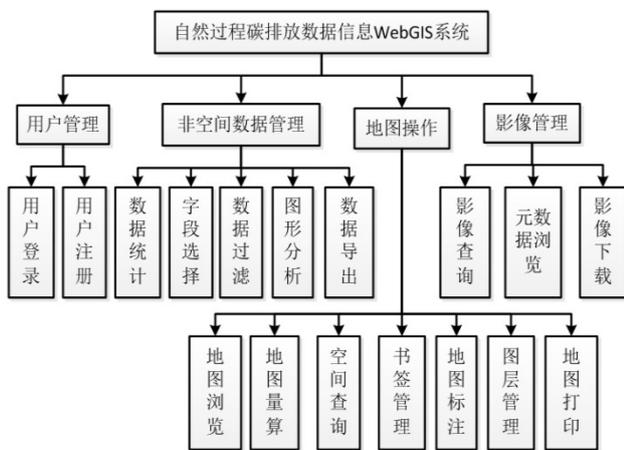


图 5 系统功能模块设计图

(1)用户管理. 主要是提供系统用户注册和登录的功能, 以使用户能对系统数据进行查询、分析和下载的权限. 当用户进入系统时, 弹出用户登录框, 用户可选择登录或注册, 其主要通过 Web Service 与系统服务端用户数据表进行数据通信, 完成登录或注册功能, 并跳转至系统主界面.

(2)非空间数据管理. 对于自然过程碳排放的非空间数据信息, 根据 Silverlight 客户端, 利用 WCF RIA Service 服务的形式, 对基于 ArcSDE 的 Oracle 数据库进行访问, 并返回相关数据. 首先在系统数据首页(图 6 所示)给出各专题数据的数据总量、更新数据量和每年度数据量的对比分析图形和数据表展示. 用户可切换至数据检索页面(如图 7), 通过设置相关参数进行数据查询检索, 将 Web 用户所需获取的数据绑定到 Silverlight DataGrid 控件, 实现数据的在线浏览. 同时还提供对所展示的数据进行数据统计、数据过滤、图表分析和数据导出等功能, 使 Web 用户能更全面、直

观的了解数据内容.



图 6 各专题数据对比分析

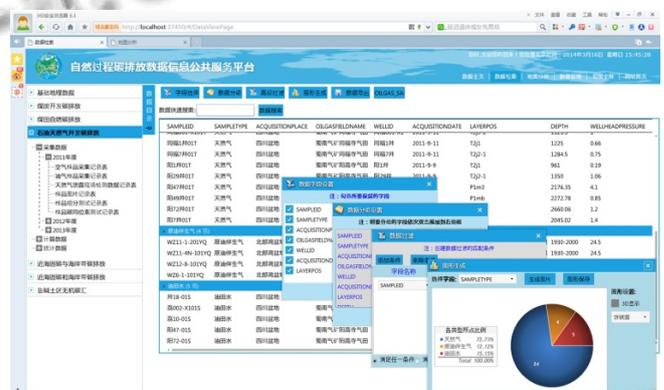


图 7 数据检索分析主界面

(3)地图操作. 对于自然过程碳排放的空间地图数据, 用户可切换至系统地图分析页面(图 8 所示). 利用 ArcGIS API for Silverlight 对 ArcGIS Server 所发布基于 REST 接口的各种数据服务和功能处理服务的调用, 来完成地图操作的各种功能实现. 其中不仅包含了地图的一些常用操作, 如地图缩放、平移、前后视图切换、地图底图切换、鹰眼等操作, 还实现了空间数据查询、地图测量、地图标注、书签管理、地图打印和图层目录管理等 WebGIS 高级功能.

(4)影像管理. 对于系统的遥感影像管理, 用户可切换至系统影像管理页面(图 9 所示). 通过调用 ArcGIS Server 发布的影像服务来实现系统影像数据的网络管理. 其提供的功能主要是基于影像的属性信息和空间信息对影像进行查询检索. 对于属性查询, 主要分为按地区搜索、按时间搜索和按传感器类型搜索等方式; 对于空间查询, 主要是利用用户在地图界面通过画点、线、面等空间图形, 将查询出影像边框与

图形相交的影像. 最后将用户检索到的影像以列表的方式展示, 并将影像的快视图和边框线在地图上展示, 同时提供影像元数据的浏览和影像下载等其他功能.

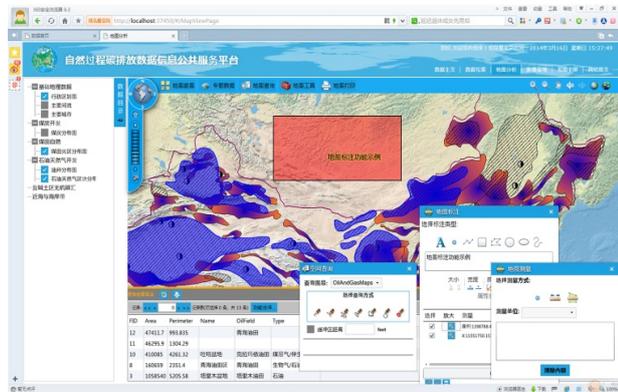


图 8 地图分析主界面



图 9 影像管理主界面

5 总结

本文以自然过程碳排放数据为研究对象, 通过对其非空间数据、矢量数据和影像数据的分析, 设计了基于 Oracle 和 ArcSDE 的空间统一数据库组织结构, 同时对系统所涉及到的各种 WebGIS 关键技术的研究基础上, 设计了系统框架结构以及系统各种来源数据的访问策略, 构建了基于 Silverlight 和 ArcGIS Server 的自然过程碳排放数据信息 WebGIS 系统, 实现了非空间数据的 Web 客户端的查询、检索和统计分析等功能. 另外, 对于其空间数据, 实现了其 ArcGIS Server 的服务发布, 再利用 GIS 技术特有的强大的地理处理、

空间分析、可视化表达等能力, 将属性信息与地理空间位置的结合, 展示碳排放量的地理空间分布特点. 随着进一步的碳排放数据的更新和空间数据的发布, 本系统将会更加完善. 最后对于该系统设计的系统框架结构和采用的关键技术, 也可以运用到其他领域的 WebGIS 应用程序开发, 为用户构建自己的 WebGIS 系统具有一定的指导作用.

参考文献:

- 1 张宏, 丰江帆, 闫国年, 滕学伟. 基于 RIA 技术的 WebGIS 研究. 地球信息科学, 2007, 9(2): 37-41.
- 2 姜锐, 刘璐. RIA 技术在 WebGIS 中的应用研究. 测绘与空间地理信息, 2012, 35(9): 106-108.
- 3 陈谦, 余江峰, 潘森, 肖凯, 姜红丹. 基于 RIA 方式的 WebGIS 构建. 遥感信息, 2009, (4): 89-94.
- 4 程国雄, 胡世清. 基于 Silverlight 的 RIA 系统架构与设计模式研究. 计算机工程与设计, 2010, (8): 1706-1709.
- 5 郭伟鹏, 沈松雨. Silverlight 支持下的 WebGIS 的研究与实现. 地理空间信息, 2011, 9(4): 34-36.
- 6 王天宝, 王尔琪, 卢浩, 黄跃峰. 基于 Silverlight 的 WebGIS 客户端技术与应用试验. 地球信息科学学报, 2010, 12(1): 69-74.
- 7 邓鸿泽. 基于 Silverlight 与 WCF 服务框架的 WebGIS 应用研究. 电脑知识与技术, 2011, 7(25): 6161-6163.
- 8 张新成. 基于 Silverlight 的 WebGIS 开发研究[学位论文]. 昆明: 云南大学, 2010.
- 9 李龙澍, 华晓飞. Silverlight 下的 MVVM 模式的应用. 计算机技术与发展, 2013, 23(12): 203-207.
- 10 王旭红, 周明全, 陈燕. 基于 Oracle 和 ArcSDE 分布式空间数据库的设计与建立. 西北大学学报(自然科学版), 2004, (4): 151-153.
- 11 王艳军. 基于 Oracle 与 ArcSDE 的空间数据管理研究. 测绘标准化, 2012, 8(1): 16-18.
- 12 余真. 基于 ArcGIS Server 的城市空间信息共享平台框架研究[学位论文]. 长沙: 中南大学, 2012.