

基于 ArcIMS 的海岸带多源 空间数据集成及其信息服务

刘慧婷^{1),2)} 杜云艳¹⁾ 苏奋振¹⁾ 刘文亮¹⁾

¹⁾ (中国科学院地理科学与资源研究所 资源与环境信息系统国家重点实验室,北京 100101)

²⁾ (山东科技大学 地球信息科学与工程学院,青岛 266510)

摘要 目前,大部分的空间数据共享还是基于地理元数据的传统共享模式,而且多以文本或者简单缩略图的形式提供海量多源空间数据的共享,这在应用上,一方面存在着一些不足;另一方面,随着网络的普及,公众对多源空间数据的网络统一集成显示与可视化共享提出了迫切需求。基于此,在深入分析了多源空间数据集成及可视化共享需求的基础上,针对海岸带多源空间数据的特性,研究了海岸带多源空间数据网络集成显示、矢量和栅格的图形交互查询、可视化信息下载的技术方法,并以“台海区域多源空间数据集成共享系统”为例,介绍了基于 ArcIMS 的海岸带多源空间数据集成显示与信息服务的具体实现过程。实践证明,这种海岸带多源空间数据集成显示与可视化共享技术,能以“所见即所得”的方式较好地满足用户的网络共享需求。

关键词 可视化 多源空间数据 矢栅交互查询 ArcIMS

中图法分类号: P208 文献标识码: A 文章编号: 1006-8961(2009)01-0169-07

Integration and Information Services of Multi-source Spatial Data in Coastal Zone Based on ArcIMS

LIU Hui-ting^{1),2)}, DU Yun-yan¹⁾, SU Fen-zhen¹⁾, LIU Wen-liang¹⁾

¹⁾ (State Key Laboratory of Resources and Environment Information System, Institute of Geographic Science and Natural Resources, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100101)

²⁾ (Geo-information Science & Engineering College, SUST, Qingdao 266510)

Abstract Most of spatial data sharing platforms at present are still based on traditional geographic metadata mode, mostly in the format of simple text or brief figure; On the other hand, with the popularization of internet, integrating and visualization sharing of multi-source spatial data unified on internet are urgently required. On the basis of problems fore-mentioned, firstly, in this paper we analyzed the requirement of integrating and visualization sharing of multi-source spatial data. Then, aiming at the characteristics of coastal zone multi-source spatial data, we discussed the methods of integrating coastal zone multi-source spatial data unified on internet, the interactive querying of vector and raster graphics, and downloading multi-source spatial data visually. Finally, we took “Taiwan Strait area multi-source spatial data integration sharing system” as a case study, introduced the detailed realization process of integration and information services of multi-source spatial data in coastal zone based on ArcIMS. It shows that the technologies for the integrating and visualization sharing of multi-source spatial data in coastal zone provided in this paper, can satisfy user’s sharing requirement on internet in a way of “What you see, what you get”.

Keywords visualization, multi-source spatial data, interactive querying of vector and raster, ArcIMS

基金项目: 国家高技术研究发展计划(863)项目(2006AA09Z139); 国家908专项预研项目(908-03-01-09); 中国科学院知识创新项目(kzcx2-yw-304)

收稿日期: 2007-03-28; 改回日期: 2007-06-21

第一作者简介: 刘慧婷(1982~), 女, 2007年于山东科技大学获地图制图学与地理信息工程专业硕士学位。主要从事地理信息系统开发与应用。E-mail: ashling2005@163.com

1 引言

自 20 世纪 90 年代开始,地理信息系统(GIS)技术和应用的快速发展,为不同软件系统、不同 GIS 研究群体之间空间数据共享以及集成不同格式、不同来源的空间数据提出了迫切要求,因此,围绕着空间数据的集成,在空间数据的语法和模式层次上进行了大量的集成研究,并取得了一系列技术成果^[1-4],已成为目前空间数据共享的主要技术基础。而在 20 世纪 90 年代中后期,由于网络技术的诞生和迅猛发展,不仅为 GIS 空间数据在网络上的共享与集成提出了更为迫切的需求,同时也提供了强有力的技术支持,因此,在原有空间数据共享技术的基础上,如何在新一代空间网络技术和网络 GIS(WebGIS)技术之上,实现多源空间数据的网络集成与信息共享服务已成为空间数据共享新的研究方向之一^[5]。

然而受当时 WebGIS 与网络技术相结合的发展限制,已有的大部分空间数据网络共享平台还是基于地理元数据的共享方式。这种方式只能通过共享对应于多源异构空间数据的元数据信息来间接地实现多源空间数据的网络共享。由于地理元数据遵循统一的标准和规范^[6],屏蔽了多源空间数据自身的异构性,因此并不需要进行真正意义上的多源空间数据网络集成。虽然基于地理空间元数据的分布式异构空间数据管理模型实现了空间元数据系统与网络信息技术的结合,在一系列规范标准基础上通过索引图、空间元数据库实现了对底层多源空间数据集的快速访问,但由于该模型中只是用空间元数据简略地表达多源数据的空间描述信息,而这些描述信息又通过标示号与索引图的关联来实现多源空间数据简单的空间定位。这一方面在空间数据集的直观浏览和查询上还存在一定的缺陷;另一方面,由于增加了索引图和空间元数据库之间的关联,因此,共享预处理工作量很大^[1]。由此可知,基于地理元数据的共享方式,就共享的可视化情况而言,并不太理想,即用户在网络上很难直观地浏览希望下载的空间数据本身,更谈不上根据自己的要求可视化地选择所需要的多源空间数据,这对于用户来说,会受到很大的限制,往往会因下载大量多余的数据而降低工作效率^[5-8]。因此,本文在空间信息网络集成与共享信息量大的研究背景下,针对海岸带的多源空

间数据网络集成与共享的具体需求,探讨现有 WebGIS 支持下的技术解决方案,并以目前最成熟的技术之一——ArcIMS 技术,给出了海岸带多源空间数据网络集成与共享的实现实例,从而实现了空间信息的“所见即所得”的查询、浏览和下载等具体的信息服务功能。

2 海岸带多源空间数据网络共享需求及难点分析

2.1 海岸带多源空间数据网络共享需求

随着海洋遥感技术的快速发展,多平台、多种传感器、多时相、多光谱、多角度和多分辨率的大面积海洋遥感数据量的快速增长,在同一地区形成多源的影像金字塔。如何借助现有的数据共享技术,在网络上实现多源海洋遥感数据的高效集成,并提供可视化的共享方式已成为推动遥感数据广泛使用的前提,也是当前面对海量遥感数据亟待解决的问题。

除了多源海洋遥感影像数据,海洋区域还有大量的空间矢量数据。由于这些空间矢量数据来源不同、专题不同,采集手段也不同,其数据格式、空间坐标、投影方式等都存在异质性。如何把这些多源的空间矢量数据统一集成,并提供可视化方式的交互共享也是海岸带信息共享首先要考虑的问题,更何况理想的状况下,还需要把上述的多源海洋遥感数据与空间矢量数据统一到同一视图下进行集成和信息共享^[8]。

根据海岸带多源空间矢量数据和遥感数据统一视图下的集成共享的需求,对矢量数据和栅格数据的交互查询和检索也提出了很高的需求,即要在统一视图下集成显示多源的海洋遥感数据和空间矢量数据,并实现用矢量的查询来完成影像数据的查询,反之,则要将影像查询之后的数据定位到矢量空间数据之上。由此可知,两大类数据的交互查询是建立在它们统一集成的基础上,是将 GIS 中的矢量与栅格数据相结合,并统一起来进行查询、显示、分析。但是目前大部分的空间数据共享都是把这两种数据截然分开,或是仅在元数据的基础上实现间接的互查询,矢量和栅格数据并没有很好的集成可视化。这些都给 WebGIS 的应用和发展带来了极大的局限,故急需解决多源空间数据图形交互查询与检索

问题。

此外,在用户使用空间数据查询检索时,其关心的不仅仅是影像数据,对于有用的矢量数据,他们也需要将其下载到本地机器上进行分析,或用来更新自己的数据库,但如果仅仅局限于元数据的查询,则会带来下载冗余数据等一系列问题。因此,多源空间数据图形交互下载的需求便产生了。

2.2 多源空间数据可视化共享的技术难点分析

在深入分析上述共享需求以及目前空间数据的网络集成共享技术的基础上,笔者认为,要满足上述需求,则必须要解决以下几个技术难题:

(1)要解决空间数据共享平台中,如何通过网络把分布在不同地方的不同格式、不同来源的多源空间数据进行集成与共享,具体来讲就是如何将具有不同空间参考信息的矢量与栅格多源数据在同一个视图中共享发布?并且能实时地把动态变化的数据信息反馈在视图中,以实现动态图层的更新与共享;

(2)为实现矢量数据和栅格数据图形交互查询,需要解决在网络环境下如何实现矢量数据和栅格数据之间的关联问题,即如何利用对矢量数据进行的空间可视化查询来完成相应的栅格数据的连接?同样,栅格数据的可视化查询如何实现,同时如何通过两者之间的关联将栅格数据映射到相应的矢量数据空间图层;

(3)针对空间数据的下载,要解决多种形式、多体制的用户图形的交互下载,以满足用户对任意图层、任意空间范围的下载需求,并摆脱单纯提供元数据方式下载所带来的缺陷^[8]。

面对这些技术难点,目前在空间数据网络共享领域,还没有完全能满足上述需求的成熟软件,随着 WebGIS 技术的发展,ESRI 公司的 ArcIMS、Autodesk 公司的 MapGuide、MapInfo 公司的 MapXtreme 等软件,国内武汉吉奥公司的 GeoSurf、国家遥感应用工程中心的 GeoBeans 等软件,都在前期各自研究取得的空间数据语法和模式层次集成研究的技术成果之上,与网络技术进行了紧密结合,进而在空间数据网络集成与可视化共享上迈出了很大的一步。虽然这些成果在空间数据的标准和规范、数据传输的通用协议和规范上都有很大的突破^[5],但是上述这些软件仅能分别在某一技术点上实现上述需求,且相互之间技术的优点也各不相同。总体上来看 ArcIMS,由于其具有网页上发布 GIS 数据和服务的

分层框架结构,尤其是它发展到 9.0 版本之后,在地址匹配的效率、速度、可靠性以及用户创建 Web 地图服务时的稳定性、可扩展性和性能上都得到了极大的改善,且能更好地支持开放地理信息系统联盟(OGC)、国际标准化组织(ISO)和万维网联盟(W3C)的空间数据互操作以及地理信息网络服务的标准,因此已加入了标准的网络地图服务(WMS)和网络特征服务(WFS)^[6],并具备了网络上集成多源空间数据及进行可视化共享的能力,是目前唯一可以同时访问 Web 数据以及本地数据的软件——包括 shapefiles、ArcSDE 要素类、影像等等^[8]。因此,本研究中选择 ArcIMS 作为基础平台,在吸取和集成该软件所具有的空间数据集成共享技术优点的基础上,以台海区域的海岸带多源数据集成共享为例,针对具体需求,经过二次技术研发,给出了“台海区域多源空间数据集成共享系统”原型,同时探讨了多源空间数据网络集成与信息服务的技术解决途径及实现思路。

3 基于 ArcIMS 的海岸带多源空间数据集成与信息服务技术框架

3.1 技术体系

基于 ArcIMS 的结构体系,图 1 给出了多源空间数据可视化交互共享技术框架图。由图 1 可以看

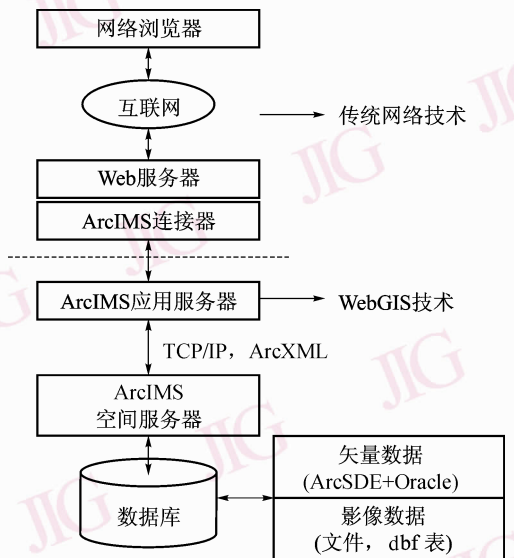


图 1 平台体系结构图

Fig. 1 Systemic structures of the platform

出,客户端可根据初始化的情况或用户的某一操作,将请求信息转换为一个具体指令,发送给 Web 服务器(IIS),再通过 ArcIMS 连接器提交给 ArcIMS 应用服务器进行处理;然后, ArcIMS 应用服务器根据客户端的具体请求和客户端的类型、配置,提交给空间服务器去读取数据集,并进行具体的处理;最后,处理的结果再按照相反的顺序回应给客户端,由客户端进行显示或其他操作。整个操作的请求/应答,无论是操作指令还是操作结果,全部为 ArcXML 格式。在这一过程中, Web 服务器和 ArcIMS 连接器之间是通过 TCP/IP 协议的某一种端口来实现监听与通讯的^[9-10]。

本研究在该技术框架指导下,以“台海区域多源空间数据集成共享系统”为例,在 ArcIMS 基础上采用 ASP(active server pages)技术,用 HTML/JavaScript 和 Html/VBscript 脚本语言,针对前面涉及到的技术难点进行了具体的二次研发,从而实现了矢量和栅格统一集成显示、交互查询和图形交互下载等功能。

下面就上述技术难点,结合“台海区域多源空间数据集成共享系统”的具体需求,给出上述所涉及到的技术难点的具体解决思路。

3.2 具体解决思路

由上文可知,多源空间数据可视化共享需求所涉及到的技术难点较多,限于篇幅,同时为了便于详细阐述实现思路,本文重点介绍“多源空间数据投影方式的快速转化与可视化集成”与“矢量和栅格统一图形交互查询”的具体解决方案。

3.2.1 海岸带多源空间数据的网络集成与显示

如 2.1 节所述,多源空间数据的网络集成不可避免地涉及到空间数据在内容、语义、比例尺、获取方式、存储格式、定义等方面的不确定性及其处理问题。正如最初 GIS 空间数据集成所面临的问题一样,只不过是在网络环境下而已。如前所述, GIS 空间数据集成,其前期研究的诸多技术成果已在 Web-GIS 技术中得到了应用与扩展,从而为实现网络环境下不同数据格式和存储方式的空间数据获取奠定了基础(如图 1 中虚线以下部分所示)。虽然通过 GIS 空间服务器可以同时访问以数据库、数据文件存储的多种空间异构数据,但由于空间数据语义层次的集成一直以来是难点问题,因此目前的研究还是基于地理本体进行的空间数据语义层次集成的理论和方法试验^[11],且多基于单机,对网络环境下的语义层次集成考虑得还很不成熟。

具体到本研究,则希望通过 ArcIMS 提供的底层异构空间数据访问技术,针对海岸带多源空间数据特点和系统需求,通过多源数据逻辑层的再组织来实现同一视图下不同比例尺、不同获取方式、不同和数据格式的空间数据集成显示。下面具体以“台海区域多源空间数据集成共享系统”中所管理的大量的不同传感器的多序列海洋遥感数据为例来进行方法介绍。

由于该系统共享的栅格数据主要有台海区域多源长时间序列的遥感影像数据和长时间序列的海洋物理要素场数据(温度、盐度等),数据量相对较大,因此为了直观地集成显示遥感影像和要素场数据,同时为了提高数据的显示速度,该系统具体采用“引用式栅格目录表”的方式来进行栅格数据的组织和发布,即首先采用 dbf 表格来组织和管理各种系列的栅格数据的属性信息,包括栅格数据文件的坐标、存储路径、生成时间等;其次通过 dbf 表中的 4 个空间坐标(X_{min} , Y_{min} , X_{max} , Y_{max})字段和存储路径来具体确定每个栅格数据文件的具体位置,以便直接集成显示多源系列栅格场数据。

该实现过程中涉及到 ArcIMS 的地图配置文件(.axl,定义了地图范围、坐标、图层显示方式等)的生成,其既可以通过 ArcIMS 自带的 ArcIMS Author 工具自动生成,也可以通过改写代码来手动完成多源空间数据的空间参考信息配置。为了能统一集成显示上述 dbf 表中的不同来源的栅格数据,需要修改本系统的地图配置文件(.axl 文件)中关于栅格层的定义,使其直接与 dbf 表相连接,其投影系统代码定义如下:

```
< LAYER type = " image" name = " taiwan" visible = " false"
id = " cerbs_taiwan" >
    < DATASET name = " taiwan.dbf" type = " image"
workspace = " jai_ws-1" />
    < COORDSYS id = " 32651" />
</ LAYER >
```

上述代码是以平台中所集成的“资源二号卫星”数据系列为例给出的一段编写代码,其中,

< COORDSYS id = " 32651" />, 是这一系列影像的投影方式代号。该代号的获取方法如下:首先在 ArcMap 中任意打开该类影像中的一个,并从图层属性窗口中选择数据源选项卡,查看空间参考属性;然后在 ArcIMS 安装自带的文件 ArcXML 程序员参考指南中,搜索浏览到 Coordsys 目录;最后在投影

坐标系统列表中,根据投影属性来判断投影 ID 代号^[12]。上述代码中的投影代号“id="32651"”表示该类影像的投影为 WGS_1984_UTM_Zone_51N。

同理,对于任何一类遥感影像,都可以按照这样

的方式进行组织和发布,并统一集成显示在 ArcIMS 的视图中,然后即可按照各自的“引用式栅格目录表(dbf 表)”所记录影像的存储路径及其坐标直接关联到每景影像(如图 2 所示)。

图像	X_{min}	Y_{min}	X_{max}	Y_{max}	所涉省份
\\zone20\118042-1-6.img	734061.9	2795700.3	853491.9	2978910.3	福建省
\\zone20\119040-1-6.img	645441.0	3097547.3	864141.0	3295457.3	浙江省
\\zone20\119041-1-6.img	616146.6	2938389.2	844896.6	3138129.2	浙江、福建
\\zone20\119043-1-6.img	544471.1	2616540.8	773611.1	2816700.8	福建
\\zone20\120037-1-6.img	599071.5	3574544.7	829951.5	3775784.7	江苏、安徽
\\zone20\120038-1-6.img	565583.2	3414600.7	796403.2	3615900.7	江苏、安徽
\\zone20\120039-1-6.img	533819.7	3255316.9	764759.7	3456736.9	安徽、浙江
\\zone20\120040-1-6.img	495358.7	3095098.2	726808.7	3296968.2	安徽、浙江
\\zone20\120044-1-6.img	349722.7	2467483.9	570732.7	2658493.9	福建、广东

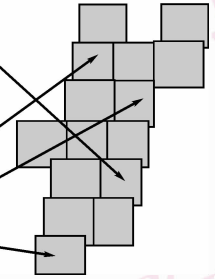


图 2 引用式栅格目录表影像数据组织示意图

Fig. 2 Sketch map of organizing image data using File Raster Catalog

3.2.2 矢量和栅格图形的交互查询

实现了海岸带多源数据的同一视图下的集成显示后,便可以在此基础上进行矢量和栅格数据之间的图形交互查询。其逻辑思路图如图 3 所示。

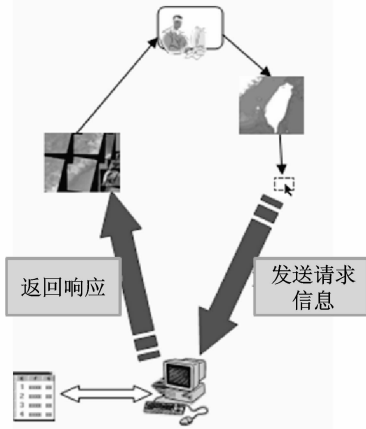


图 3 矢栅交互查询逻辑思路图

Fig. 3 Logistic flowchart of interactive querying of vector and raster

交互查询时,当用户浏览到某地区的矢量图层时,若欲获取某空间范围内的影像数据信息,则点击“矢栅交互查询”按钮,并按一定的空间图层进行范围确定,此时,客户端向服务器发送请求信息,而服务器则接受并处理请求,同时从存储影像的数据库中读取信息,并返回响应。这样,客户端即可查询到此范围内所覆盖的各类影像系列,当点击每类影像系列后,即可列出该系列影像中覆盖此范围的所有影像的元数据信息,进而就可以选择显示任意一景遥感影像。

具体实现步骤如下:

(1)“引用式栅格目录表(dbf 表)”空间字段的确立

由于“台海区域多源空间数据集成共享系统”中的栅格数据主要是覆盖台湾省和部分福建省的多源遥感影像数据,由于该区域中的多源遥感影像大都采用 WGS_1984_UTM 投影,而且由于这一区域空间范围较大,跨越了多个投影带,因此为了图形统一显示需要,本平台采用将所有影像都转换为地理坐标来表示的方法,即保持源影像数据不改动,只通过改变存储数据的“引用式栅格目录表(dbf 表)”中的空间字段来将其定义为用经纬度表示的 4 个角点坐标的最小和最大值($X_{min}, X_{max}, Y_{min}, Y_{max}$)(X 代表经度; Y 代表纬度)。

(2)“引用式栅格目录表(dbf 表)”的导入

首先在 Access 数据库中导入各类影像系列的引用式栅格目录表(dbf 表),然后在用于服务器处理请求时,即可通过连接 Access 数据库来查询影像属性信息。

(3)影像综合信息表的创建

为查询出各类影像的综合信息,需在 Access 数据库中创建 alloff 表,用于存储各类影像的范围(即最小外接矩形的 4 个角点的经纬度值)、名称等属性信息。

(4)空间图层选择后触发事件的代码编写

在空间范围选择停止时的触发事件中,确定选择的范围,并对照 alloff 表中的存储信息确定此范围内有哪几类影像。下面代码是在 aimsSelect.js 文件中,定义选择的范围

范围,并向服务器发送请求(SendToServer),即

```
var strwhere =
'(Not Xmax < ' + tempLeft + ') ' +
'And (Not Ymax < ' + tempBottom + ') ' +
'And (Not Xmin > ' + tempRight + ') ' +
'And (Not Ymin > ' + tempTop + ')';
```

(5) 矢量栅格可视化交互查询结果的显示

如果在地图下方链接出显示各类影像信息的页面(findresult.asp),并传入的 strwhere 和 tname(满足条件的栅格目录表的名称)等参数,即可确定该范围内有哪几类影像系列。

(6) 查询结果中任意影像的定位显示

定位显示时,首先点击某系列影像前的序号,并根据 tname 参数链接出显示此系列影像的详细信息页面(detail.asp);然后,从传入的 strwhere 参数中判断该系列中有哪几景影像落在范围内,并连接 Access 数据库中的栅格目录表,此处语句为

```
s = " select LongitudeMin, LatitudeMin, LongitudeMax, LatitudeMax " & " from " & tname & " where " & strwhere
rs.Open s,Cn,adOpenStatic,adLockReadOnly
```

点击某景影像前序号,在触发事件中调用函数 showHighlight(v):

```
function showHighlight(v) {
var x3 = x1[v];
var y3 = y1[v];
var x4 = x2[v];
var y4 = y2[v];
var id = t_find.FindLayerID(tname);
t_find.LayerVisible[id] = 1;
t_find.zoomToEnvelope(x3,y3,x4,y4);
}
```

上述语句首先通过调用 zoomToEnvelope 函数来向服务器发送 sendMapXML() 请求,然后服务器解析处理请求,并返回响应,最后在视图中显示并缩放到此景影像^[13]。

4 示 例

“台海区域多源空间数据集成共享系统”是海岸带多源空间数据网络集成与共享研究的一个具体实例,该原型系统是中国海岸带及近海科学数据平台的一部分。该系统主要以台湾海峡及其毗邻海域为研究对象,在海岸带区域以不同分辨率的遥感影像为主、在海域以多专题的海洋空间矢量数据和海洋要素场数据为主,其集成了以往的研究成果,以用

于进行我国海岸带及近海资源环境信息集成框架和松散的科学数据共享的前期探索。本网络原型系统主要用于提供空间数据的浏览和查询显示等,并为用户提供了解数据的渠道,其注重于让用户获悉本科学数据平台的数据类型等信息,以及底层数据采用数据库的方式,以便于共享数据的快速更新^[11]。目前该系统原型已经发布在 Internet 网上,具体的网址是: http://159.226.110.187:8081; 运行时间已近一年。本小节主要围绕该原型系统选择几个典型的信息服务功能进行实例展现,着重体现“所见即所得”的特点。

4.1 海岸带多源空间数据网络集成显示

采用控制目录树(TOC)的方式,就可以使多种具有不同投影方式的系列影像在同一个视图中显示(示意图如图 4 所示)。

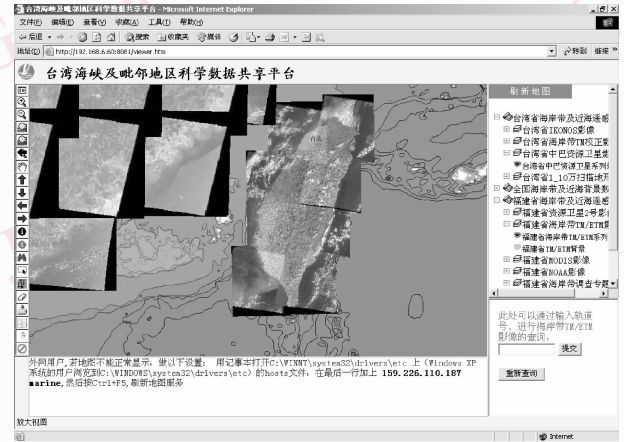


图 4 多源空间数据可视化集成

Fig. 4 Integration of multi-source spatial data based on visualization

操作右上方的目录树,当浏览到“台湾省中巴资源卫星系列影像”图层名称,则点击该图层,就可以可视化显示该系列影像,当按照同样方式打开“福建省海岸带 TM/ETM 系列影像”,就可以使得这两类具有不同投影方式的系列影像在同一个视图中显示。这样即可在同一视图中集成显示多源遥感数据。

4.2 矢量和栅格统一图形交互查询

如图 5 所示,若在左侧工具栏中点击“矢量栅格交互查询”按钮,并在视图窗口中任意绘制矩形框选择要查询的区域,则在视图下方将显示查询结果,并列此覆盖范围的所有系列影像;若点击其中某类系列影像前面的序号(如“台湾省中巴资源卫星系列影像”),则可显示出此系列影像落在范围内

的所有影像,并可列出它们的元数据属性表。这样就可以任意选中需要的某景影像进行空间定位显示,同时可以进行该影像所在区域的空间图层查询。图 5 是用于矢量栅格统一可视化查询的用户界面。

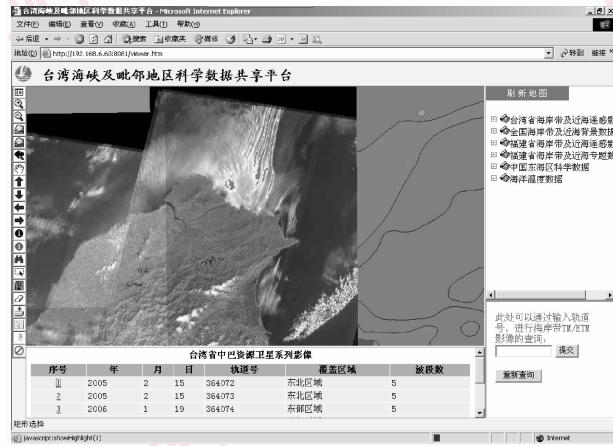


图 5 矢栅交互查询

Fig. 5 Interactive querying of vector and raster

5 结论

本文在多源空间数据网络集成与大量数据共享的研究背景下,针对海岸带区域多源空间数据的特点,给出了网络集成与数据可视化共享的具体需求,在分析 ArcIMS 9.0 体系结构和技术优点的基础上,以“台海区域多源空间数据集成共享系统”为例,采用 ArcIMS / HTML / JavaScript 实现了网络环境下多源空间数据的统一集成显示、矢量和栅格数据之间图形交互查询与提取等功能。实践证明,这种“所见即所得”的、直观和高效的交互可视化环境,对于海量复杂多源空间数据的可视化共享有着日益显著的意义。

参考文献 (References)

- 1 Lv Guo-nian, Zhang Shu-liang, Gong Min-xia, et al. Integration Principles and Methods in Geographic Information System [M]. Beijing: Science Press, 2003:115-130. [阎国年, 张书亮, 龚敏霞等. 地理信息系统集成原理与方法[M]. 北京:科学出版社, 2003:115-130.]
- 2 Shepherd D H. Information integration and GIS[A]. In: Maguire D J, Goodchild M F, Rhind D W (eds). Geographical Information Systems: Principles and Application[C], London, UK: Longman, 1991,2: 357-359.
- 3 Molenaar M, Richardson D E. Object hierarchies for linking aggregation levels in GIS [A]. In: Proceedings of International

- Symposium on Photogrammetry and Remote Sensing (ISPRS) [C]. Athens, Georgia, USA, 1994:672.
- 4 Li Jun. Basic Study and Applications of Geo-spatial Data [D]. Beijing: Institute of Geographic Science and Natural Resources, Chinese Academy of Sciences, 1998:32. [李军. 地球空间数据集成基础研究及其应用[D]. 北京:中国科学院地理科学与资源研究所, 1998:32.]
- 5 Meng Ling-kui, Shi Wen-zhong, Zhang Peng-lin. Theories and Technologies of Internet Geographic Information System [M]. Beijing: Science Press, 2005:226-228. [孟令奎, 史文中, 张鹏林. 网络地理信息系统原理与技术[M]. 北京:科学出版社,2005: 226-228.]
- 6 Wang Juan-le, You Song-cai, Sun Jiu-lin. Research into metadata extensibility and interoperability technology in the application of geoscience data sharing network [J]. Journal of Lanzhou University (Natural Sciences), 2006, 42(5):22-26. [王卷乐, 游松财, 孙九林. 地学数据共享网络中的元数据扩展和互操作技术[J]. 兰州大学学报(自然科学版), 2006, 42(5):22-26.]
- 7 Tang Winnie, Selwood Jan. Connecting Our World: GIS Web Services [M]. RedLands, California, USA: ESRI Press, 2003: 45-48.
- 8 Du Yun-yan, Yang Xiao-mei, Wang Jing-gui. Construction and implementation of multi-sources spatial data management system of China's coastal zone and offshore [J]. Acta Oceanologica Sinica, 2003, 25(5):39-48. [杜云艳, 杨晓梅, 王敬贵. 中国海岸带及近海多源数据空间组合和运行的基础研究[J]. 海洋学报, 2003, 25(5):39-48.]
- 9 Jiang Yun-peng, Zhuang Huai-yao. ArcIMS Application Lecture Book[M]. Beijing: ArcGIS Training Center China, 2005:13-21. [姜云鹏, 庄怀耀. ArcIMS 应用教程[M]. 北京:ESRI 中国(北京)培训中心,2005:13-21.]
- 10 Luo Yong-feng, Yang Xiao-mei, Zhang Hong-yan. System for literature's spatial expression and web searches based on ArcIMS[J]. Geo-Information Science, 2004, 6(2):58-62. [罗永峰, 杨晓梅, 张洪岩. 基于 ArcIMS 的科学文献空间化表达与网络检索系统[J]. 地球信息科学, 2004, 6(2):58-62.]
- 11 Du Yun-yan, Su Fen-zhen, Yang Xiao-mei, et al. A study and development on the scientific data platform of China coast and offshore[J]. Acta Oceanologica Sinica, 2004, 26(6):29-36. [杜云艳, 苏奋振, 杨晓梅等. 中国海岸带及近海科学数据平台研究与开发[J]. 海洋学报, 2004, 26(6):29-36.]
- 12 Zhuang Huai-yao. Customing ArcIMS Using ArcXML Lecture Book [M]. Beijing: ArcGIS Training Center China, 2002:189-198. [庄怀耀. ArcIMS ArcXML 开发教程[M]. 北京:ESRI 中国(北京)培训中心,2002:189-198.]
- 13 Zhuang Huai-yao. Customing ArcIMS using HTML/JavaScript Lecture Book[M]. Beijing: ArcGIS Training Center China, 2005: 189-198. [庄怀耀. ArcIMS HTML/JavaScript 开发教程[M]. 北京:ESRI 中国(北京)培训中心,2005:281-301.]