

多波段遥感图像的数据组织与发布

童恒建, 黄 洪, 左博新

中国地质大学计算机学院, 湖北武汉 430074

摘要: Google Map 或其他遥感图像发布系统发布的遥感图像都是先用遥感图像处理软件进行 3 波段彩色图像合成后, 然后建立金字塔和分块等处理, 放在服务器端。用户只能看到合成后的图像信息, 其他波段信息无法看到。提出的方法是将多波段遥感图像的每个波段分别处理后, 分别放在服务器端, 然后根据浏览器端用户的请求, 动态选择 3 个波段的图像数据传输到浏览器端, 在浏览器端应用最新的 HTML5 的功能动态地进行 3 个波段图像的合成。这样, 用户能看到不同波段组合合成后的图像信息。因此, 系统能提供给用户更丰富的遥感地物信息, 并且能极大地节省在服务器端的存储空间。

关键词: 富互联网应用; 多波段遥感图像; 数据组织; 遥感图像发布; 地理信息系统; HTML5。

中图分类号: TP753

文章编号: 1000-2383(2012)03-0587-06

收稿日期: 2011-09-25

Multi-Band Remote Sensing Image Data Organization and Web Publication

TONG Heng-jian, HUANG Hong, ZUO Bo-xin

School of Computer, China University of Geosciences, Wuhan 430074, China

Abstract: Google Map or other remote sensing image publication systems can only publish three-band color image. As a result, users can only see combined three-band image information without access to information of other bands combined. Different from the Google Map, the method proposed in this paper implements the combination of multi-band remote sensing image, displaying and roaming in the browser site by using HTML5 technology. It can ensure that users see information of different bands combination and save a large amount of disk space at server site.

Key words: richer internet application; multi-band remote sensing image; data organization; web publication; geographic information system; HTML5.

0 引言

现有的遥感图像发布系统, 如: Google Map、ER Mapper Image Web Server 等, 都是先用遥感图像处理软件进行 3 波段彩色图像合成, 然后将遥感图像建立金字塔, 并将金字塔的每层剖分为 128×128 , 256×256 或 512×512 的瓦片, 最后将这些瓦片保存在服务器端。这种处理方式已成为大家的共识(Tu *et al.*, 2001; 吴信才等, 2002; 朱欣焰等, 2003; Yang, 2005; Microsoft Company, 2011), 因为这有利于根据用户的操作(放大、缩小、移动等), 按需(只传输浏览器端显示窗口大小的图像, 而不用传

输整幅大的图像)动态地从服务器选择所需要的瓦片图像块传输到浏览器端, 能减轻服务器 CPU 的负载、节省网络的带宽。但是, 这些遥感图像发布系统发布的图像是用 3 个波段(红、绿、蓝)进行真彩色合成后的图像, 而没有使用其他波段的信息。笔者分析其中主要的原因在于: 一方面现有的遥感图像发布系统的主要目的是为了显示和定位; 另一方面, 如果采用在服务器端静态保存处理好的瓦片, 将占用大量的存储空间, 提高运营的成本。然而, 对多波段的遥感图像, 不同的波段对不同的地物敏感, 不同的波段组合含有的信息量不同, 不同的波段组合能反映不同地物的信息。如: TM 专题制图仪的 7 个波段中, 1、2、3 的组合为真彩色组合, 但含有信息量很

基金项目: 国家自然科学基金(Nos. 41171339, 41004049); “云南 1:5 万九农、阿登各、德钦县、红坡幅区域地质调查项目地质灾害遥感解译”项目资助(No. 1212010880404)。

作者简介: 童恒建(1971-), 男, 博士后, 副教授, 主要从事遥感图像分析和地理信息系统。E-mail: thj26@cug.edu.cn

少;如果将 4、5、3 波段分别赋红、绿、蓝色合成的图像,则色彩反差明显,层次丰富,而且各类地物的色彩显示规律与常规合成片相近,符合过去常规片的目视判读习惯(戴昌达和雷莉萍,1989);杨武年等(1998)采用 TM4、5、3 波段组合与 Au 化探异常图进行叠加分析,进行成矿预测;ETM7、5、3 波段的叠加对于油气勘探效果较好(刘福江等,2008);TM7、5、3 波段组合反映了最多的土壤信息(孙隰等,2004);TM4、5、7 波段组合用于构造地质的研究(Ricchetti, 2001)。

本文提出的方法是将多波段遥感图像的每个波段分别处理,即建立金字塔和分块后,分别放在服务器端的不同文件夹下,然后根据浏览器端用户的请求,动态选择 3 个波段的图像数据传输到浏览器端,在浏览器端应用最新的 HTML5 的绘图画布对象 Canvas 功能动态地进行 3 个波段图像的合成。这样用户能根据自己的选择看到不同波段组合合成后的图像信息。因此,与 Google Map 等现有的遥感图像发布系统相比,笔者的遥感图像发布系统具有两个方面的优点:(1)能提供给用户更丰富的遥感地物信息,有利于从事遥感方面的工作人员进行目视解译和辅助决策,提高遥感图像的利用率;(2)能极大地节省服务器端的存贮空间。由于本文提出的方法是在浏览器端实时动态地进行 3 个波段的彩色合成,所以不必在服务器端保存所有可能合成的彩色图像,只需要 7 个波段的信息。以 TM(地面分辨率为 30 m)的 7 个波段发布中国 960 万 km^2 的遥感图像为例,在服务器端将占用空间为:1 个波段的图像大小为 $960 \times 10^4 \times 1000 \times 1000 / 30 \times 30$,约为 10 G 字节。7 个波段中任取 3 个波段进行彩色合成则需要的存贮空间为: $7 \times 6 \times 5 \times 10 \text{ G} = 2100 \text{ G}$ 。对于 TM 图像,将节约 30 倍。波段越多,节约的存贮空间越大。

1 遥感图像的数据组织

遥感图像数据组织的逻辑模型是:横向分幅、纵向分层,并且金字塔的每层内又分割为瓦片。遥感图像的数据组织的物理模型是分而治之、多级目录存贮和空间索引放在瓦片文件名中。

1.1 横向分幅

由于操作系统、内存和 CPU 的限制,如对于 32 位 Windows 操作系统来说,一般要求图像文件尺寸小于 4 G。事实上,当文件尺寸大于 2 G 时,文件的读

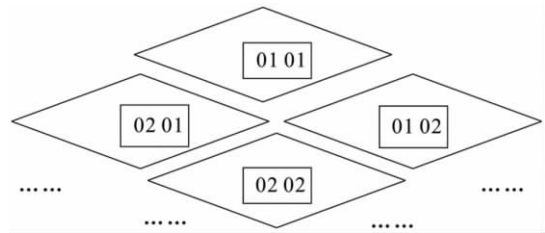


图 1 横向分幅示意

Fig. 1 Dividing huge image into map sheets matrix

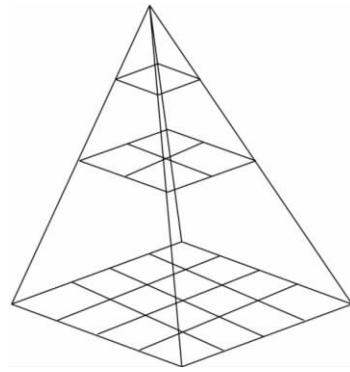


图 2 单幅图像的金字塔层次结构示意图

Fig. 2 Pyramid hierarchical structure of one map sheet

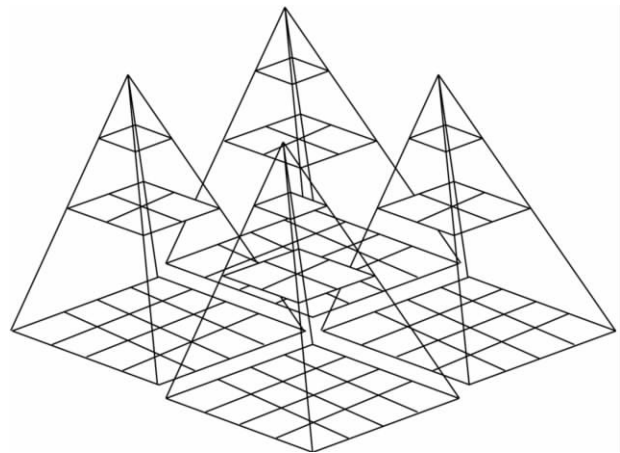


图 3 金字塔矩阵结构示意图

Fig. 3 Pyramid matrix structure

写和显示就非常慢了,对图像进行处理和分析就更慢了。对高空间分辨率的遥感图像来说,一个大城市或一个国家的遥感图像的数据量往往远大于 4 G。因此,人们常将海量的遥感图像分成多幅图像来保存。本文的数据组织方法也采用了这一思想,将海量的遥感图像分解成多幅遥感图像,所有的图幅构成一个矩阵结构。对于每一幅遥感图像,用它在图幅矩阵中的行号和列号进行编码(图 1),这构成了第一级矩阵索引。

1.2 纵向分层

用户在浏览一个国家的遥感图像时,有时要看这个国家总的概貌,有时要看某一个地方的细节信息,因此用户会频繁地进行放大和缩小等操作.这就要求系统能提供多分辨率的遥感图像显示功能,快速地响应用户的放大和缩小等操作.因为在服务器端动态地建立金字塔要花费大量的时间,不能实时快速地响应用户的请求,所以常见的处理策略是在服务器端首先将金字塔建好,形成静态的金字塔结构.本文采用双线型插值方法对上文所述的横向分幅后的每一幅遥感图像进行重采样,建立多分辨率的分层金字塔结构(图2).

1.3 将金字塔的每层剖分为许多小的瓦片

用户在浏览一幅大的遥感图像时,现在的网络带宽条件下,如果直接从服务器端传输完整一幅大的遥感图像(大于10M),系统的响应速度将很慢.此外在浏览器端显示的窗口范围也是有限的(大多数显示器设置的分辨率为 1024×768),没有必要传输完整一幅大的遥感图像到浏览器端.为了提高系统的响应速度,只要根据用户的请求,按需传输浏览器端显示窗口范围大小的图像就行了.而且,当用户在同一层内漫游时,只需要增量传输所需要的图像块,没有必要传输显示窗口范围大小的图像.这种设计思想要求将金字塔的每层剖分为许多小的瓦片(tile)块.因此,本文采用的方法是将金字塔的每层分为 256×256 像素的瓦片块,所有的瓦片块又构成了一个矩阵结构,如图2所示.矩阵中所有的瓦片小

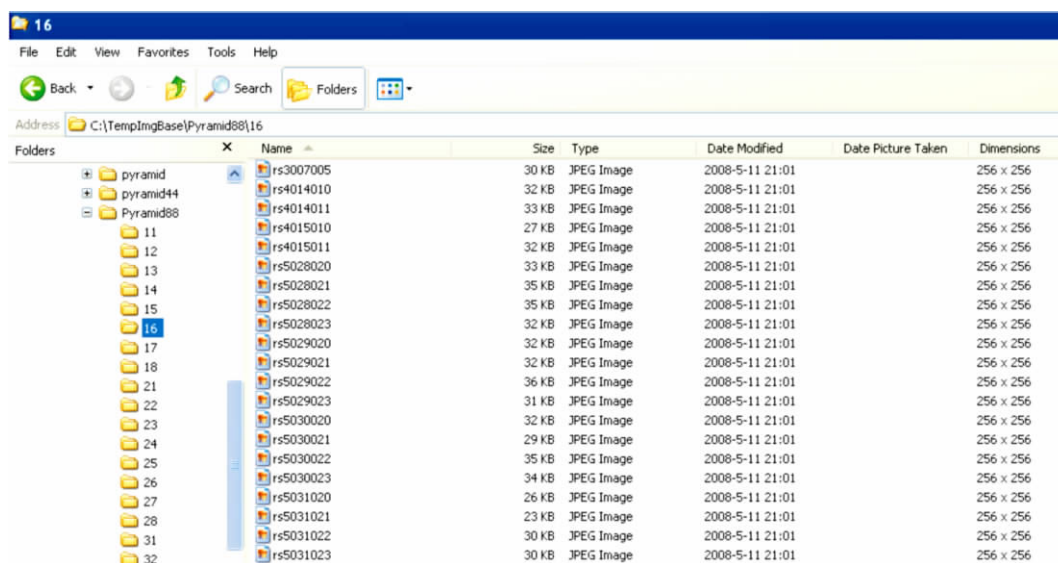
图像都是正方形,排列很有规律,而且也没有任何图像之间的重叠.因此,采用瓦片小图像在矩阵中的行号和列号来编码瓦片小图像是很自然的.

1.4 数据组织的逻辑模型

组合以上的横向分幅、纵向分层、金字塔的每层内又剖分为瓦片的3个步骤,最后形成了整个系统的数据组织的逻辑模型(图3).对于每个小的瓦片,它的空间索引包括3级:(1)它属于哪个图幅(图幅矩阵的行号和列号);(2)它属于这个图幅所建金字塔的哪一层(金字塔的层号);(3)它在这一层中的瓦片矩阵结构的哪一行哪一列.

1.5 数据组织的物理模型

利用分而治之的思想,采用多级目录存贮,将大量的瓦片文件平均分配到每个子目录下,这样文件定位的速度将很快.对于每一幅图像,笔者都建立了一个文件目录与之对应,即每个目录对应着图3中的一个金字塔.目录的名字是这个图幅在图幅矩阵中的空间索引(图4),整个场景的遥感影像由 8×8 个图幅组成,目录“16”表示该图幅影像在图幅矩阵中位置是第1行第6列.这个图幅的金字塔的所有层剖分后的瓦片图像文件都存贮在该目录下.每个小瓦片图像文件的命名包括3个部分:(1)文件名前缀;(2)金字塔的层号;(3)瓦片的行号和列号.如图4所示,目录“16”下的第一个小瓦片图像文件名为“rs3007005.jpg”,其中“rs”表示文件名前缀,“3”表示该瓦片在金字塔的第3层,“007”表示该瓦片是瓦片矩阵中的第7行,“005”表示该瓦片是瓦片矩阵中



Name	Size	Type	Date Modified	Date Picture Taken	Dimensions
rs3007005	30 KB	JPEG Image	2008-5-11 21:01		256 x 256
rs4014010	32 KB	JPEG Image	2008-5-11 21:01		256 x 256
rs4014011	33 KB	JPEG Image	2008-5-11 21:01		256 x 256
rs4015010	27 KB	JPEG Image	2008-5-11 21:01		256 x 256
rs4015011	32 KB	JPEG Image	2008-5-11 21:01		256 x 256
rs5028020	33 KB	JPEG Image	2008-5-11 21:01		256 x 256
rs5028021	35 KB	JPEG Image	2008-5-11 21:01		256 x 256
rs5028022	35 KB	JPEG Image	2008-5-11 21:01		256 x 256
rs5028023	32 KB	JPEG Image	2008-5-11 21:01		256 x 256
rs5029020	32 KB	JPEG Image	2008-5-11 21:01		256 x 256
rs5029021	32 KB	JPEG Image	2008-5-11 21:01		256 x 256
rs5029022	36 KB	JPEG Image	2008-5-11 21:01		256 x 256
rs5029023	31 KB	JPEG Image	2008-5-11 21:01		256 x 256
rs5030020	32 KB	JPEG Image	2008-5-11 21:01		256 x 256
rs5030021	29 KB	JPEG Image	2008-5-11 21:01		256 x 256
rs5030022	35 KB	JPEG Image	2008-5-11 21:01		256 x 256
rs5030023	34 KB	JPEG Image	2008-5-11 21:01		256 x 256
rs5031020	26 KB	JPEG Image	2008-5-11 21:01		256 x 256
rs5031021	23 KB	JPEG Image	2008-5-11 21:01		256 x 256
rs5031022	30 KB	JPEG Image	2008-5-11 21:01		256 x 256
rs5031023	30 KB	JPEG Image	2008-5-11 21:01		256 x 256

图4 瓦片文件的存贮与命名

Fig.4 Storing and naming of tile file

的第 5 列. 每个小瓦片图像采用 JPEG 图像压缩技术进行保存, 平均压缩比为 10 倍左右, 进一步减小了网络传输的数据量.

如果整个场景的遥感影像小于 1 G, 则没有必要进行分幅处理, 横向分幅这一步可以省略. 对于一个场景只有一幅遥感影像的情况, 则只有一个目录对应一个金字塔.

2 系统设计

整个系统设计包括 3 个部分: 服务器端的设计、浏览器端的设计和瓦片生成器的设计. 瓦片生成器的主要功能是: 将海量遥感图像剖分成图幅; 为每个图幅建立金字塔; 剖分金字塔的每层为瓦片块, 并建立空间索引. 具体细节详见上文所述. 服务器端的设计很简单, 主要是根据遥感图像的数据组织的物理模型分多级目录存储瓦片文件. 浏览器端的设计如下文所示.

2.1 系统的工作流程

系统的工作流程如图 5 所示, 从图中可看出, 绝大部分工作都集中在浏览器端, 服务器端只负责存储图像数据和传输图像数据, CPU 负载很轻, 没有做任何计算或查找工作. 因此, 整个系统是一个富浏览器端的应用, 这有利于大量用户的并行访问.

2.2 浏览器端的设计

浏览器端的设计主要使用 HTML5 技术、JavaScript 和 CSS 技术. 用户界面由两个 <iframe> 组成, 左边的 <iframe> 为导航栏, 用于控制用户要显示的图像以及图像的波段; 右边的 <iframe> 为显示遥感图像的主窗口 (图 6). 左边 <iframe> 包含两个 <div>, 第一个 <div> 使用一个 列表用于用户选择要显示的图像, 使程序能动态地显示多张图像; 第二个 <div> 使用一个 <form> 表单包含多个 checkbox 用于用户选择遥感图像的不同波段组合合成的方式. 右边 <iframe> 主要使用了一个 HTML5 的 Canvas 元素, 整个遥感图像的合成和显示均由一个 canvas 完成. 首先, 浏览器根据用户在左边导航栏中的选择, 从服务器读取对应波段的图像, 并且浏览器会根据右边 <iframe> 窗口的大小计算出需要显示哪一部分图像, 浏览器并非将整个图像全部读取过来, 而是根据图 5 所示的流程按需调用所要的瓦片文件, 既减少了浏览器端合成图像所需的计算量, 也减少了服务器到浏览器的数据传送量, 从而保证了整个系统的效

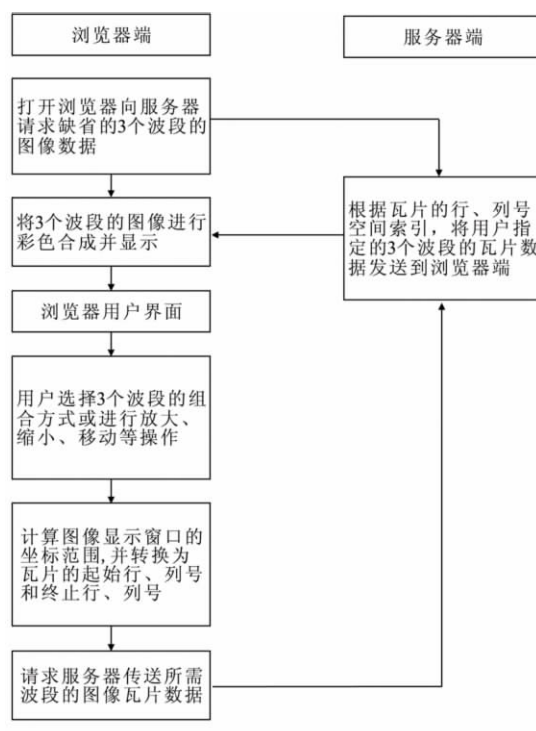


图 5 系统的工作流程

Fig. 5 Work flow chart of system

率. 然后, 在 canvas 中将服务器传送过来的 3 个波段的图像合成为一幅图像并由 canvas 显示在浏览器中. 3 个波段的图像合成和图像显示主要应用了 context API 内置的 3 个函数: drawImage(), getImageData(), putImageData(). 在右边的 <iframe> 窗口中, 还包含一个控制图像放大和缩小的控制 <div>. 用户可以通过点击相应的按钮, 控制图像的放大、缩小和移动, 另外, 用户也可以直接按住鼠标左键移动图像来实现遥感图像的漫游.

3 实验结果与分析

测试所用的遥感图像为加拿大新不伦瑞克省 (New Brunswick, Canada) Oromocto city 的一幅 $5\,000 \times 4\,000$ pixels UNB Pan-Sharpned QuickBird 遥感图像, 包括 5 个波段: 全景波段 (panchromatic)、红波段 (red)、绿波段 (green)、蓝波段 (blue) 和近红外波段 (near infrared). 全景波段地面分辨率为 0.7 m, 其他波段的地面分辨率为 2.8 m. 图 6 是红、绿、蓝 3 个波段的真彩色合成后的结果. 图 7 是红、近红外、全色 3 个波段的伪彩色合成后的结果. 此外, 笔者还进行了其他测试数据的实验, 实验结果表明, 笔者的设计思想是可行的和高效的, 为多波段遥

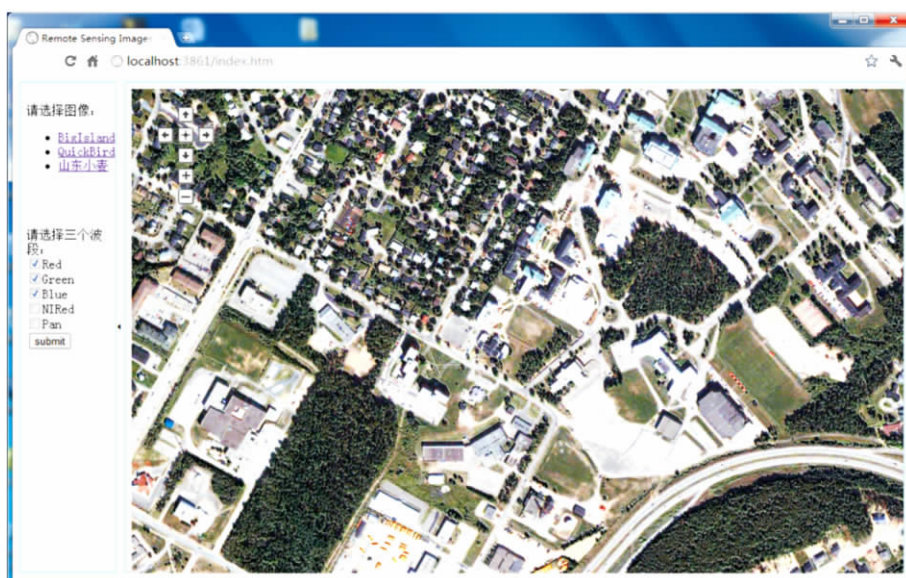


图6 红、绿、蓝3个波段的真彩色合成

Fig. 6 True color composite image



图7 红、近红外、全色3个波段的伪彩色合成

Fig. 7 False color composite image of red, near-infrared and pan

感图像的发布、共享提供了一个新思路。

4 结论

本文在浏览器端应用最新的 HTML5 的 Canvas 元素和 Javascript 功能动态地进行 3 个波段图像的合成,使用户能看到不同波段组合合成后的图像信息,提供给用户更丰富的遥感地物信息,并且能极大地节省服务器端的存储空间。此外,系统由于使用 HTML5 的技术,不需要在浏览器端安装任何插件,不会给用户带来任何网络安全问题。虽然遥感图

像以及地图的发布是一项成熟的技术,但迄今为止,多波段遥感图像的在线发布在国内外文献中还未见报道。笔者认为在地理信息系统中,多个图层(大于 3 个)矢量地图的在线发布,可以将每个图层转换为透明位图后,利用本文提到的技术在浏览器端实现多个图层动态透明叠加,这也是今后的研究方向。

References

- Dai, C. D., Lei, L. P., 1989. The information characteristics of thematic mapper data and the optimal band combination. *Remote Sensing of Environment China*, 4(4):

- 282—292 (in Chinese with English abstract).
- Liu, F. J., Wu, G. P., Guo, Y., et al., 2008. Extraction of oil and gas haloes based on ETM+ data: a case study from Yakela, Xinjiang. *Earth Science—Journal of China University of Geosciences*, 33(1): 107—111 (in Chinese with English abstract).
- Microsoft Company, 2011. “Bing Maps Tile system”. <http://msdn2.microsoft.com/en-us/library/bb259689.aspx>
- Ricchetti, E., 2001. Visible-infrared and radar imagery fusion for geological application: a new approach using DEM and sun-illumination model. *International Journal of Remote Sensing*, 22(11): 2219—2230. doi: 10.1080/713860801
- Sun, Z., Bai, Z. Q., Fan, G. M., et al., 2004. Application of decision tree method in remote Sensing geological mapping. *Earth Science—Journal of China University of Geosciences*, 29(6): 753—758 (in Chinese with English abstract).
- Tu, S. R., He, X. F., Li, X. F., et al., 2001. A systematic approach to reduction of user-perceived response time for GIS web services. In: *Proceedings of the Ninth ACM International Symposium on Advances in Geographic Information System*, Washington, D. C.: ACM, 47—52. doi:10.1145/512161.512172
- Wu, X. C., Guo, L. L., Li, J., 2002. Mass image database management and web publishing based on RDBMS and COM. *Journal of Image and Graphics*, 7(4): 384—387 (in Chinese with English abstract).
- Yang, C. W., Wong, D. W., Yang, R. X., et al., 2005. Performance-improving techniques in web-based GIS. *International Journal of Geographical Information Science*, 19(3): 319—342. doi: 10.1080/13658810412331280202
- Yang, W. N., Ding, C. Q., Wang, D. K., 1998. Applications of orthophotomap of LANDSAT TM to regional geological survey and minerogenetic prediction in the Nanjiang region of Sichuan Province. *Earth Science—Journal of China University of Geosciences*, 23(2): 188—192 (in Chinese with English abstract).
- Zhu, X. Y., Chen, N. C., Wang, M., et al., 2003. Online distribution technology of mass image spatial data based on network. *Geomatics and Information Science of Wuhan University*, 28(3): 288—293 (in Chinese with English abstract).

附中文参考文献

- 戴昌达, 雷莉萍, 1989. TM 图像的光谱信息特征与最佳波段组合. *环境遥感*, 4(4): 282—292.
- 刘福江, 吴国平, 郭艳, 等, 2008. 基于 ETM+ 遥感影像油气晕反演: 以新疆雅克拉地区为例. *地球科学——中国地质大学学报*, 33(1): 107—111.
- 孙贇, 白志强, 樊光明, 等, 2004. 决策树方法在遥感地质填图中的应用. *地球科学——中国地质大学学报*, 29(6): 753—758.
- 吴信才, 郭玲玲, 李军, 2002. RDBMS 和 COM 的海量遥感影像数据的管理和 Web 发布. *中国图像图形学报*, 7(4): 384—387.
- 杨武年, 丁纯勤, 王大可, 等, 1998. TM 正射遥感影像地图在四川南江地区区调研究及成矿预测中的应用. *地球科学——中国地质大学学报*, 23(2): 188—192.
- 朱欣焰, 陈能成, 王密, 等, 2003. 面向网络的海量影像空间数据在线分发技术. *武汉大学学报(信息科学版)*, 28(3): 288—293.