

# 面向城市应用的多源遥感影像服务平台设计与实现

钟九生, 江南\*, 胡斌, 王俊淑

(南京师范大学虚拟地理环境教育部重点实验室, 南京 210046)

**摘要:** 本文对面向城市应用的多源遥感影像服务平台的系统目标、系统流程、功能模块和关键技术进行了分析。通过遥感影像数据源、管理方式和业务流程的分析, 设计了多源遥感影像数据的逻辑组织模型, 建立了海量多源遥感影像库。本文详细阐述了系统的影像预处理、影像数据管理、影像数据应用服务和安全权限控制四大功能模块, 并分析了系统架构、多源遥感影像元数据的自动抽取、影像数据的快速检索和影像数据高效在线应用服务的关键技术。为保证系统的高安全性、实时性与可靠性, 采用部署在局域网内的客户机/服务器与浏览器/服务器的混合体系结构。实验表明, 本文的研究成果实现了海量多源遥感影像数据的统一高效管理、快速检索、高效浏览及与其他子系统的无缝集成, 为城市应用提供了便捷的影像数据服务, 有利于进一步发挥影像资料的作用。

**关键词:** 城市应用; 多源; 遥感影像; 服务平台

**DOI:** 10.3724/SP.J.1047.2012.00116

## 1 引言

随着全球范围内对地观测系统(EOS)、国家信息高速公路(NII)、国家空间数据基础设施(NSDI)等重大计划的实施, 地理空间数据尤其是遥感影像数据, 以几何级数般速度快速增长。但是, 空间信息应用遭遇到严重的瓶颈, 正如 John Naisbett 所说, “人类正被数据淹没, 却饥渴于知识”, 一方面已经积累了海量空间数据, 并且还在继续投巨资生产数据, 另一方面, 大量的空间数据无法被综合处理和有效利用, 导致其潜在价值难以在“数据—信息—知识—理论—决策—效益”应用链条中得以充分发挥与增值<sup>[1]</sup>。遥感影像数据主要包括航天、航空、地面遥感数据, 及其加工生成的影像产品。从而为城市应用提供快速、准确的影像数据服务。

遥感影像数据的管理主要有两种模式: 即文件方式的管理<sup>[2]</sup>和关系数据库方式的管理。文件方式的管理具有程序依赖于数据文件的存储结构的缺点, 当多个程序共享一个数据文件时, 文件的修改, 需得到所有应用的许可。而关系数据库系统在数据的安全性管理、多用户共享、存储管理和数据

传输等方面具有很大的优势, 可以有效地克服文件方式管理遥感影像的不足<sup>[3]</sup>。关系数据库方式的遥感影像数据管理主要有两种实现方法: (1) 基于扩展的面向对象关系数据库管理遥感影像数据, 如 Oracle10g 的 GeoRaster 模型<sup>[4-5]</sup>; (2) 中间件技术, 如 ESRI 公司推出的 ArcSDE<sup>[6-7]</sup>。

很多学者在多源海量遥感影像数据的管理与共享方面进行了研究<sup>[8-14]</sup>, 但是大部分研究针对的是同一类型不同数据源的影像数据管理, 例如, 不同卫星类型的航天遥感影像数据或者不同数据源的数字正射影像数据(DOM)等。若在一个系统中对不同数据源的航天遥感影像数据、航空遥感影像数据、DOM 数据进行综合的组织、管理和共享, 将面对以下难题: ①影像数据呈现多源、多尺度、多时相特征, 该如何对这些影像数据进行有效地组织与整合; ②原始卫星遥感影像与原始航空遥感影像未经几何纠正等处理, 不带坐标信息, 且同一条航线上的航片之间的重叠度较高, 该如何实现这些影像数据的共享; ③如何实现影像数据的高效检索; ④如何进行海量影像数据的快速浏览。

为了解决上述难题, 本文在了解遥感影像现有

收稿日期: 2011-05-25; 修回日期: 2011-11-07.

基金项目: 国家自然科学基金项目(40801149); 江苏高校优势学科建设工程资助项目。

作者简介: 钟九生(1984-), 男, 江西兴国县人, 博士研究生, 主要研究方向为 GIS 技术应用与虚拟地理环境可视化。

E-mail: zhongjiusheng@sina.com

\* 通讯作者: 江南(1957-), 男, 江苏南通人, 博士生导师, 主要研究方向为 3S 应用与虚拟现实。E-mail: njiang@njnu.edu.cn

管理模式的基础上,详细阐述了系统建设目标、系统流程和系统功能结构,深入分析了系统架构、多源遥感影像数据的组织、影像数据的快速检索和高效在线应用服务的关键技术。

## 2 遥感影像服务平台的设计

### 2.1 系统目标

通过将遥感技术与地理信息系统相结合,实现多源、多尺度、多时相、海量遥感影像数据的高效统一管理、快速检索,矢量数据与影像数据快速显示、叠加显示,为政府部门提供快速、准确、便捷的影像数据应用服务,最大限度地满足城市应用对影像数据的需要,使海量影像数据资源的潜在价值在“数据—信息—知识—理论—决策—效益”应用链中得以充分发挥与增值。

### 2.2 系统流程

在对影像管理业务深入调研与分析的基础上,本系统设计了如图 1 的系统流程,使得整个系统的结构和运作有一个整体的思路,便于用户对遥感影像数据进行统一化、标准化管理。

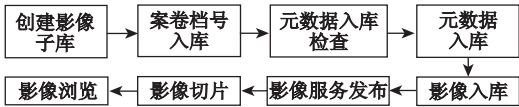


图 1 系统流程  
Fig. 1 Flow chart of the system

### 2.3 系统结构

按照上述遥感影像管理的业务流程,设计本系统总体结构,如图 2。系统总体结构主要包括以下几个功能模块:遥感影像预处理、遥感影像管理、安全控制和遥感影像应用服务,各个模块功能表现如下:

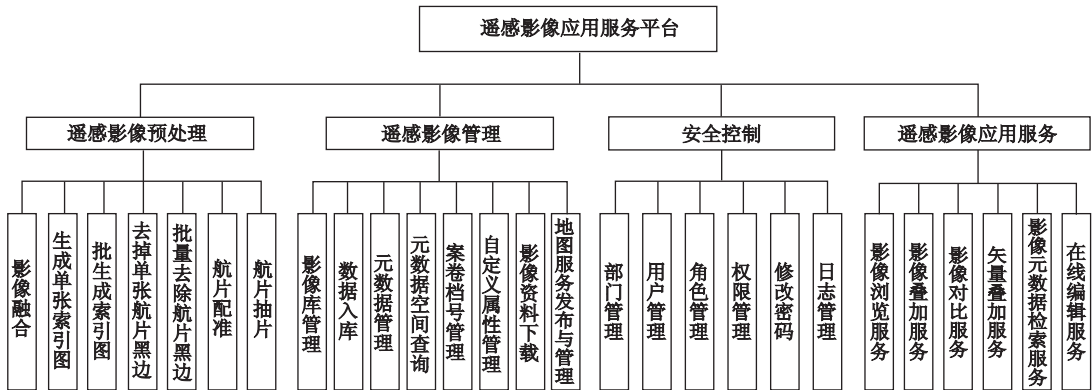


图 2 系统总体结构  
Fig. 2 Overall structure of the system

#### (1) 遥感影像的预处理

扫描的航片通常是 JPG 或者 TIFF 格式的图像,不带坐标信息。为了对整个摄区的扫描航片进行浏览与空间查询,首要的是对扫描航片进行配准。由于扫描的航片带有黑边,为了不影响航片的配准精度,本系统对黑边进行了自动化的裁切。对于裁切好的航片,系统依据航片的像主点、像幅宽度和高度及航向等数据对航片进行了自动化的粗略配准。航片的航向重叠度一般为 60%~70%,有的甚至达到 80%,本系统以摄影区为单位对航片进行了自动抽片,使得被抽的航片恰好覆盖这个摄区范围,有力地提高了航片浏览时的显示速度。扫描航片的预处理过程如图 3 所示。

#### (2) 遥感影像的管理

这是系统的核心模块。存储于服务器上的海量影像数据经整理后,本系统采用一站式、自动化的方式将影像导入遥感影像库中,从而用户可以按条件或者空间范围对遥感影像进行快速检索。同时,待一个影像子库的影像数据入库完毕,系统可以方便地将其发布为影像服务,并对发布的影像服务进行统一的管理与控制,包括启动服务、停止服务、删除服务、编辑服务和信息服务查询。

#### (3) 安全控制

在数据管理过程中,本系统为所有模块的功能操作提供了基于角色和用户的安全权限设置,同时对用户的操作记录进行日志管理。这样的权限设

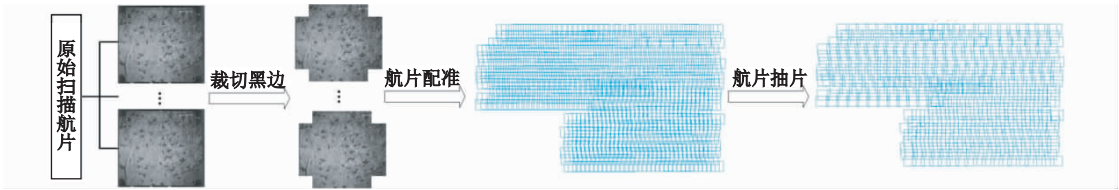


图 3 航片预处理流程  
Fig. 3 Pre-process of aerial images

置保障了不同权限级别的用户对数据的安全访问，避免了对同一个数据多个备份的方式给不同级别的用户提供数据服务。

(4)遥感影像的应用服务

为了充分发挥影像资料的作用,本系统提供了矢量数据、影像数据、元数据三种数据类型的在线应用服务。用户可以方便的进行矢量数据、影像数据的在线浏览、叠加浏览及对比浏览,例如,用户通过选择 20 世纪 70 年代和 90 年代的航片进行对比浏览,查看某地的房屋是否以前存在而后被拆迁;用户可以在同一个窗口中叠加不同时期的影像,通过调节影像透明度,查看某区域土地类型的动态变化。同时,系统提供了在线编辑服务,辅助用户进行在线规划与决策。

3 系统平台设计的关键技术

3.1 多源遥感影像数据的组织

为了实现多源遥感影像数据的统一化管理,需要依据遥感影像数据的特征设计有效的影像数据逻辑组织模型,将所有的影像数据按照一定的层次、规则进行分门别类的整合。本研究利用影像库目录与影像子库对影像数据进行逻辑组织。其中,影像子库是根据影像的数据源、时相、分辨率、区域等特征设计一定的规则对影像数据库进行水平分割,分割的规则可以由用户自定义,但必须保证一个影像子库中所有影像数据的空间参考是统一的;影像库目录是按照一定的规则对影像子库进行聚合,将影像子库进行分门别类、层次性的管理。本文设计的多源遥感影像逻辑组织模型如图 4。

3.2 系统模块间的松散耦合

系统架构是构建系统的重要内容,良好的系统架构可以为各个模块之间的衔接提供一个平台,增强系统可扩展性及可定制性,同时也为系统开发时

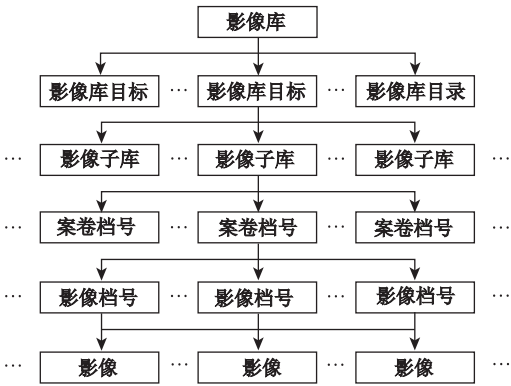


图 4 多源遥感影像数据的逻辑组织模型  
Fig. 4 The logical organization model of multi-source remote sensing images

的协作分工奠定基础。本系统采用插件技术动态构建以菜单形式组建的系统框架,并采用消息广播机制实现应用模块之间的松散耦合。

3.2.1 插件技术

系统将一些应用模块封装为独立的插件,插件的相关信息存放到用 XML 编写的配置文件中,该配置文件被系统启动模块中的插件管理器读取。插件管理器依据配置文件中每个插件的类名称利用类反射机制动态创建类的对象,进而实现插件的动态加载,为系统运行提供支撑数据和服务。除了插件动态加载之外,系统的框架窗体、菜单及其活动主窗体都是通过类反射技术动态创建完成,最终完成系统界面可视化,其过程如图 5。

3.2.2 消息广播机制

由于系统采用插件技术进行架构,各个功能模块都是独立的,为了使整个系统具有良好的松散耦合性,本系统采用消息广播机制实现模块之间的通信。消息广播机制由消息发送者、消息接收者、消息广播器和消息四部分组成。需要响应消息的模块,即消息接收者,在初始化阶段需把自己注册到消息广播器中,当某个应用模块发出一个消息时,立即触发消息广播器将该消息对所有已注册的消

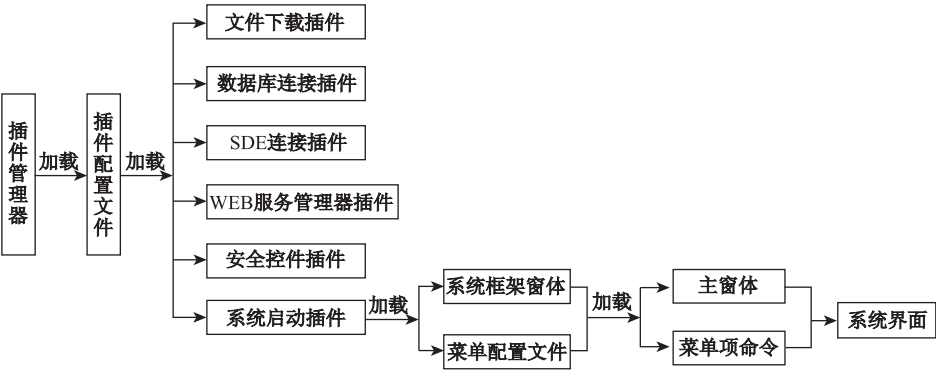


图 5 系统启动流程

Fig. 5 Process of system startup

息接收者进行广播,消息接收者依据消息的名称对该消息做出相应的响应,其过程如图 6。

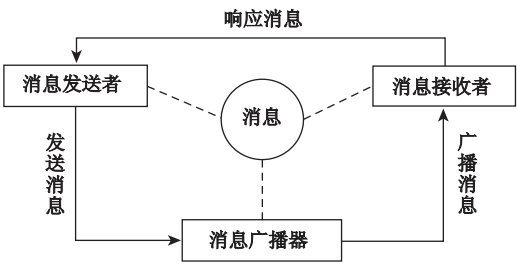


图 6 消息广播机制

Fig. 6 Messages broadcasting mechanism

3.3 影像元数据的自动抽取

现有的遥感影像资料非常庞大,且影像的种类和数据格式繁多。本系统设计了影像元数据自动抽取引擎,提供了对海量影像数据的自动化搜索功能,通过创建影像入库任务对指定影像文件夹进行搜索后,能够自动将影像元数据文件中的信息抽取并导入元数据表,从而保持了数据源的原始特性,同时避免了数据导入数据库的繁琐过程。本系统支持目前流行的多种遥感影像格式数据的自动搜索入库,如图 7。

3.4 影像数据的高效检索

面对海量的遥感影像数据,数据检索的效率直接影响了整个系统的性能。为了减少 I/O 操作的开销,加快元数据检索的速度,需要对元数据表创建索引。常用的索引方式有两种:B 树索引与位图索引。

3.4.1 B 树索引

一般的 B 树结构如图 8 所示。

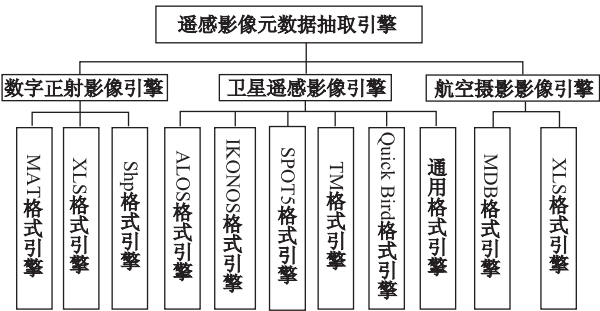


图 7 元数据抽取引擎

Fig. 7 Metadata extraction engine

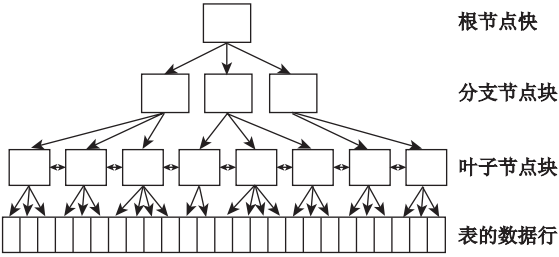


图 8 B 树索引结构示意图

Fig. 8 Schematic diagram of B-tree structure

最底层的为表数据行,表数据行的上层数据块被称为叶子节点块,其他的数据块被称为分支节点块(根节点块是最上层的分支节点块)。分支节点块存储的是指向其下层结点的指针,可用于定位相应的叶子节点块。叶子节点块的索引条目包含索引键值和其所对应的 ROWID,可用于定位相应的表数据行,且叶子节点块之间存在一个双向链表,当对某个索引进行范围扫描时,可通过叶子结点之间的双向链表来进行检索而不用通过分支结点。

3.4.2 位图索引

假设字段 F 为表 T 的索引列,字段 F 的基数



(即不同值的个数)为  $m$ , 表  $T$  的记录数为  $n$  (编号为  $1, 2, \dots, k, \dots, n$ ), 则字段  $F$  的位图索引是由  $m$  个长度为  $n$  的位向量所组成的一个集合。每一个位向量对应一个字段  $F$  中可能出现的值。如果第  $k$  个记录字段  $F$  的值为  $v$ , 那么对应于值  $v$  的位向量的第  $k$  位的值为 1; 如果第  $k$  个记录字段  $F$  的值不为  $v$ , 那么对应于值  $v$  的位向量的第  $k$  位的值为 0。即位图索引采用位图而非列值来构建索引, 连接与聚集操作都转变成为简单的位逻辑运算, 因此大大缩短了数据检索的响应时间。

3.4.3 B 树索引与位图索引的实验

在 Oracle10g 环境下, 创建数据表 TEST:

```
CREATE TABLE TEST(ID NUMBER(10),  
ZKLX VARCHAR(10));
```

然后用存储过程(代码略)向 TEST 表中循环插入 10 万条记录, 其中, ZKLX 字段值为‘1’的记录有 5 条, 值为‘3’的记录有 5 条, 其余记录值为‘2’。先后分别建立 B 树索引和位图索引:

```
CREATE INDEX ON TEST(ZKLX);
```

```
CREATE BITMAP INDEX ON TEST  
(ZKLX);
```

并执行查询:

```
SELECT * FROM TEST WHERE ZKLX=‘1’;
```

通过 Oracle 的 AutoTrace 分析工具, 可得如下结果, 见表 1。

表 1 B 树索引与位图索引效率比较

Tab. 1 The efficiency comparison between B-tree index and bitmap index

	不使用索引	B 树索引	位图索引
I/O 次数(%CPU)	212(8)	5(0)	2(0)
查询耗费时间(秒)	0.04	0.03	0.01

实验证明, 对元数据表建立索引可以减少 I/O 次数, 提高查询速度, 位图索引用于查询的效率比 B 树索引高。因此, 可以对元数据表中的子库类型建立位图索引, 提高元数据查询速度。

3.5 影像数据的高效在线应用服务

本系统在管理影像数据的基础上, 提供了影像、矢量和元数据三种在线应用服务。其中, 对影像数据提供兼容 OGC 标准的网络地图服务(web map service, WMS), 并采用地图切片技术以预先建立影像金字塔, 满足用户快速高效地进行影像在线浏览及空间范围查询的应用需求。同时, 系统提供了高效的矢量数据服务, 满足不同应用部门的矢量叠加可视化需求。为了与其他系统进行无缝的集成和数据共享, 系统利用 REST 模式将元数据相关的应用模块封装为 RESTful Web 服务, 其他系统通过访问元数据服务的 URI 可以方便进行影像元数据的在线访问和检索。



图 9 系统界面

Fig.9 System interfaces

## 4 系统的应用实例

系统对江苏省全省的数字正射影像、卫星遥感影像和航空摄影影像进行了有效的管理,目前已建立的多源遥感影像库的数据量达到了 6TB,包括:覆盖全省的 1:5 万、1:1 万和 1:5 千数字正射影像,覆盖全省的 SPOT5、TM、ALOS、IKONOS 等卫星遥感影像数据,航空摄影影像中的数码航片和已扫描的 4 万多片扫描航片。为保证系统的高安全性、实时性与可靠性,采用部署在局域网内的客户机/服务器与浏览器/服务器的混合体系结构,系统的部分运行界面如图 9 所示。

## 5 结论

根据遥感影像管理的工作流程,本文在阐述系统建设目标,设计系统总体结构,以及影像预处理、影像管理、安全控制、影像应用服务四大功能模块的基础上,分析系统实现中多源遥感影像数据组织、系统架构、影像快速检索、影像高效在线应用服务四个关键技术。以此设计与开发了多源遥感影像应用服务平台,并运用于江苏省全省多源遥感影像的管理工作中,相比于传统档案式的影像管理模式,能够对多源、多尺度、多时相遥感影像数据进行统一地管理、快速地检索及高效地浏览,并与局域网内其他系统进行了无缝的集成,促进了影像数据的共享,为政府部门提供浏览快速、准确、简便的影像数据应用服务,对加快城市建设、完善城市功能、促进可持续发展,具有重要意义。

## 参考文献:

- [1] 徐冠华. 实施科学数据共享,增强科技竞争力[J]. 中国基础科学,2003(1):5-9.
- [2] 方涛,李德仁,龚健雅,等. GeoImageDB 多分辨率无缝影像数据库系统的开发与实现[J]. 武汉测绘科技大学学报,1999,24(9):189-193.
- [3] 李宗华,彭明军. 基于关系数据库技术的遥感影像数据库研究[J]. 武汉大学学报·信息科学版,2005,30(2):166-169.
- [4] Murray C. Oracle spatial user's guide & reference[EB/OL]. <http://otn.oracle.com/pls/db10g>,2003.
- [5] 李芳,邬群勇,汪小钦. 基于 GeoRaster 的多源遥感数据存储研究[J]. 测绘科学,2009,34(3):150-151.
- [6] Zeiler M. Modeling our world[M]. Redlands: ESRI Press, 2000.
- [7] ESRI. Understanding ARCSDE: The RDBMS and GIS integration[M]. Redlands: ESRI Press,2000.
- [8] 陈昌生,许文波,赵健. 基于 ArcSDE 的卫星遥感影像数据库研究[J]. 计算机技术与发展,2010,20(7):80-83.
- [9] 田茂义,卢秀山,王东,等. 基于 Oracle 的 DOM 影像库的建立研究[J]. 测绘通报,2006(2):13-16.
- [10] 李小秋,尹志永. 基于 ArcSDE 的数字正射影像(DOM)数据库的建立[J]. 测绘工程,2005,14(4):36-38.
- [11] 李翔. 高分辨率航空影像综合管理信息系统的设计与实现[J]. 测绘通报,2009(8):47-49.
- [12] 胡文元. T 级影像数据库建库方案研究. 测绘通报[J]. 2009,12:46-48,70.
- [13] 霍亮,刘桂红. T 级影像数据管理平台的设计与实现[J]. 测绘科学,2010,35(6):87-89.
- [14] 王密,龚健雅,李德仁. 大型无缝影像数据库管理系统的设计与实现[J]. 武汉大学学报·信息科学版,2003,28(3):294-299.

# Design and Development of City Application Service Platform for Multi-source Remote Sensing Images

ZHONG Jiusheng, JIANG Nan, HU Bin and WANG Junshu

(Key Laboratory of Virtual Geographical Environment, Ministry of Education,  
Nanjing Normal University, Nanjing 210046, China)

**Abstract:** The management and sharing of multi-source remote sensing images is very important for full using of image data, however, the traditional management modes sometimes appear passive effects in prac-

tice, owing to the lack of techniques. In this paper, we presented and discussed the system goals, the system flow, four function modules and four key technologies. Through analyzing the data source, existing management mode and business processes of remote sensing images, we designed a logical organization model of multi-source remote sensing images, and then established a massive remote sensing image database. Then we discussed the four function modules in detail and analysis the four key technologies. The four function modules are image pre-processing, image management, security control and image applications and services. And the key technologies are the system architecture on the basis of plug-in module and messages broadcast mechanism, automatic extracting meta-data, quick searching for images and efficiently online application services. The system uses Client/Server and Browser/Server mixed architecture, which is developed in the local area network to ensure a highly safe reliable and real-time environment. The result shows, comparing with traditional methods, this study achieves a unified and efficient management, quick searching, efficient browsing of massive multi-source remote sensing images and seamless integration with other subsystems, which provides convenient image data services for city application and helps to make further use of remote sensing images.

**Key words:** city application; multi-source; remote sensing image; service platform

~~~~~  
(上接第 108 页)

mosaicing structure was utilized to perform auto-focusing process, and a simulation was made to validate the novel method in the end. The weights are set according to the characteristic of the human vision system (HVS). In order to make the function adaptive to different images, the properties of the wavelet basis are analyzed. At the same time, the area with high frequency component is chosen as the evaluating area so as to improve the sensitivity of the evaluating function. And the flow chart of the focusing based on this method is described particularly. There are some innovation in this paper, such as: the weights of the wavelet coefficients in the evaluating function were set according to the characteristic of the wavelet transform and HVS, which is close to human subjective feel and insensitive to noise; the properties of the wavelet basis were analyzed so as to make the function adaptive to images with different high-frequency components; the wavelet basis with the best effect is symlet2 and the level of decomposing is three; the problem that auto-focusing of the aerial camera can't use digital images processing directly was solved by making use of the CCD mosaicing structure. All in all, this paper introduces a wavelet auto-focusing method based on digital image processing to aerial camera used the characteristic of CCD mosaicing structure. The function is close to the HVS subjective feeling and adaptive to objects with different frequency components, and this method is more sensitive and adaptive than traditional wavelet methods. It could obtain high image quality, and is suitable to the application in focusing system of the aerial camera.

**Key words:** autofocusing; wavelet analysis; CCD mosaicing; evaluation function