

海量遥感图象快速显示技术

章孝灿^{1,3)} 黄智才¹⁾ 陈刚²⁾ 蒋亨显¹⁾ 潘云鹤²⁾

¹⁾(浙江大学空间信息技术研究所, 杭州 310027) ²⁾(浙江大学大地科技开发公司, 杭州 310013)

³⁾(浙江大学人工智能研究所, 杭州 310027)

摘要 为了解决随着遥感技术的飞速发展而产生的海量遥感图象,以及在计算机显示时,操作不流畅的问题,结合当前计算机软件和技术对其原因进行了深入分析,并针对影响显示速度的图象漫游和缩小操作等关键问题提出了基于中间图象技术、栅格分块技术、高速缓存技术以及中间图象序列技术等解决手段,同时在 Windows 9X/2000 操作系统上,利用 VC++ 6.0 给予了具体程序实现,并在浙江省水土流失遥感调查中得到了充分利用,实践表明本文提出的技术手段能够在现有的计算机条件下,较好地解决图象显示不流畅的问题。

关键词 遥感 图象显示 海量遥感图象

中图分类号: TP751.1 **文章标识码**: A **文章编号**: 1006-8961(2002)10-1021-06

Rapid Display Technique of Massive Remote Sensing Image

ZHANG Xiao-can^{1,3)}, HUANG Zhi-cai¹⁾, CHEN Gang²⁾, JIANG Heng-xian¹⁾, PAN Yun-he²⁾

¹⁾(Spatial Information Technology Institute of Zhejiang University, Hangzhou 310027)

²⁾(Dadi Science and Technology Corporation of Zhejiang University, Hangzhou 310027)

³⁾(Artificial Intelligence Institute of Zhejiang University, Hangzhou 310027)

Abstract Massive data of remote sensing images has been generated as remote sensing technology develops rapidly. The disfluency when displaying massive data was once a problem. We found that these phenomena mainly occurred at the operation of panning or zooming out. In this paper, we analyze the reason of these phenomena at current level of computer software and hardware technology. We also present one method to solve this problem based on the intermediate-image technique, raster-division technique, cache technique and intermediate-image-sequence technique. We had programmed on Windows 9X/2000 platforms by Visual C++ 6.0 and applied this system at the investigation project of natural environment by remote sensing method in Zhejiang Province. In this project we accomplished the selection of reference points, image inlay and the matching of the TM images of Zhejiang province at 1997 and 2000. Our practices showed this method can avoid the stagnation when displaying in existing device conditions.

Keywords Remote sensing, Image display, Massive remote sensing image

0 引言

遥感技术(RS)^[1]在全球的应用日趋广泛,特别是随着遥感传感器技术和地球资源卫星技术的飞速发展,其应用领域不断扩大。遥感技术发展的一个主要方面就是遥感传感器分辨率的提高,传感器分辨

率的提高使遥感对目标地物的地面分辨率也得到提高,从而增强了遥感对目标地物的识别能力,如商用 IKONOS 图象的地面分辨率已达 1m,地面分辨率的提高使得遥感技术由宏观的定性应用逐步向微观的定量应用深入,但是,这种进步伴随着数据量的快速增加,即产生海量遥感图象。

对于遥感图象处理系统来说,原始遥感图象、中

基金项目:浙江省重点基金项目(951103124)

收稿日期:2002-01-08;改回日期:2002-06-10

间结果图象、最终结果图象的显示查寻是了解原始图象质量、结果图象质量以及确定图象处理方法有效性的最直观、最重要的手段之一,而海量遥感图象的显示必然涉及到图象显示的速度问题,由于计算机内存的增加速度永远也赶不上数据量的增长速度,因此为了能够对海量遥感图象进行快速显示操作以及解决计算机硬件的限制,必须在软件算法技术上进行研究改进。

对于海量遥感图象的显示来说,目前存在遥感图象处理系统不支持显示或效率差的问题。为了提高图象显示的效率,有些图象处理系统利用了 Windows 的内存映射技术^[2],使得较大数据量的遥感图象的显示得到了一定的改进,但却没有彻底解决海量遥感图象的显示问题:一是内存映射的大小有限,即 Windows 操作系统提供的映射内存大小,相对于海量遥感图象来,说是远远不够的;二是不同的 Windows 操作系统(如 Windows 9X 和 Windows 2000),对内存的管理有着较大的差异,导致相同硬件配置的计算机,其能够映射的内存大小会不同,经过反复测试发现,Windows 2000 能够提交映射保留的内存要大于 Windows 9X,这就会导致所开发的系统,在 Windows 2000 和 Windows 9X 中的使用会出现不同的问题,即系统无法实现一致。为此,在多年从事遥感数字图象处理的基础上,结合科研项目的需求,开发了 IOS 海量遥感图象处理系统,并且重点在海量遥感图象显示技术方面进行了深入的研究,取得了令人满意的效果。

1 影响显示速度的关键问题

由于计算机内存的增加速度永远也赶不上数据量的增长速度,使得计算机将海量遥感图象的全部数据读入内存是不现实的,即使计算机的内存大到能够将一幅海量遥感图象的全部数据读入内存,但是内存肯定也无法大到可以同时打开若干幅海量遥感图象的地步(若利用 Windows API 的 VirtualAlloc 函数的虚拟地址保留或提交功能来实现同时打开多幅海量遥感图象,也会由于图象显示切换时的内存与计算机硬盘之间的大量数据交换而严重影响图象显示的速度);另一方面,目前计算机普遍拥有 128M 或更大的内存,若不科学地利用,无疑是资源的严重浪费,因此如何科学地利用好计算机已有的内存以及硬盘与内存之间的数据交换是解

决图象显示速度的关键。

图象显示主要包括以下操作:图象的漫游、图象的放大和缩小。为了提高海量遥感图象的显示速度,结合当前的计算机普遍配置情况以及计算机显示图象的机理,对海量遥感图象的数据特点进行了深入分析和反复试验,发现影响海量遥感图象显示速度的操作主要是以下两个:

(1) 图象的漫游操作 对于图象漫游操作来说,既然内存无法存储全部的图象数据,那么在图象漫游显示过程中,不断读取硬盘中的数据就在所难免,因此需要解决的就是如何尽量减少这种硬盘操作时的读取数据量以及读取次数。

(2) 图象的高倍缩小操作 海量遥感图象缩小操作时,一屏图象的显示内容必定对应大量的数据(例如横向和纵向各缩小 4 倍时,一屏显示的图象与对应的数据之间是 16 倍的关系),为了在一屏中显示这些数据就必须对数据进行压缩处理,压缩处理是需要花费时间的,特别是在高倍缩小时,为了使缩小后的图象能够较好地保持原来的形态和特征,需要较复杂的运算,为此还需要解决图象高倍缩小时,如何减少图象的压缩计算量。

2 海量遥感图象快速显示技术

2.1 中间图象技术

对于图象来说,来源多种多样,各种图象处理系统都具有各自特点的图象格式,如 BMP、TIF、GIF 等,特别是遥感图象,卫星遥感地面站提供给用户的为无头部信息的图象数据矩阵。对于这多种来源的图象,为了兼容性,图象处理系统必须给予支持,但是如果支持是建立在对各种图象格式的逐一实现上的话,这虽然满足当前面向对象的程序设计思想,但是却给系统开发造成巨大的工作量,同时也增加了程序体本身的内存开销,并且今后若再支持新格式的图象时,同样需巨大的程序设计工作量。基于上述原因以及任何图象处理系统的开发者所研制的图象处理、显示的操作均有自己的特点。合适的图象数据格式,笔者在开发此系统时,提出了中间图象技术,这里的中间图象是具有满足处理、显示需求的一种图象格式文件。

各种图象格式是各种图形、图象处理系统,为了其在图象处理过程中的方便性而定义的,但是无论哪种图象格式,其具体的内容无外乎包含两方面:图

象属性信息描述部分(如图象的大小、色彩等)和图象像元灰度值部分(具体的图象数据部分)。本文建立的中间图象也是按这两部分进行的,因为图象的属性数据的数据量比较小,所以建立中间图象过程中,属性部分存放在计算机内存之中,而图象数据部分则存放在计算机硬盘中。由此可见,只要知道各种图象的数据结构,就能很方便地与自己定义的中间图象进行相互转换。

建立了中间图象后,就可以实现所有格式图象的统一显示和处理,从而大大降低了图象处理系统的开发工作量以及程序代码量,也使得开发人员可以集中精力开发针对中间图象的处理、显示操作功能,便于系统开发效率的提高以及代码的维护(如图 1 所示)。

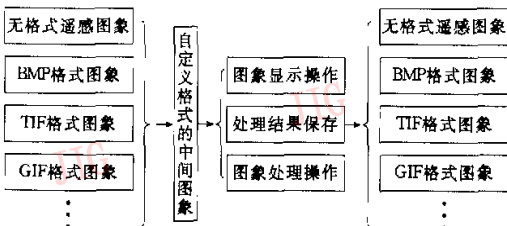


图1 基于中间图象技术图象处理流程

从图 1 可知,采用中间图象技术可以很好地将图象处理、图象显示等核心部分与图象格式进行隔离,这更加充分体现了面向对象的程序设计技术的优点,使得开发图象显示部分或图象处理的程序员只需专心研发对中间图象的操作,而无需关心原始图象的格式,这样就提高了系统开发的效率,并减少了出错的可能。同时,这种图象处理开发框架非常便于系统功能的扩充以及对新图象格式的支持,因为增加支持一种图象格式,只需编写生成中间图象的代码和将中间图象转换成各自格式图象即可。另外,作为图象处理系统具有能够让用户进行二次开发的功能是必需具备的,而有了中间图象后所有的二次开发控件只需针对中间图象进行即可。

2.2 栅格分块技术

若直接对存储于硬盘中的遥感图象进行显示操作,那么由于硬盘的读取速度无法与内存的读取速度相比,因此自然会影响图象的显示速度。通过前面的分析可知,由于将图象一次载入内存是不现实的,而只能将部分数据载入内存,其他部分甚至大部分的数据只能存储于硬盘当中,因此,在图象处理系统的显示过程中,反复与硬盘打交道是在所难免的,但

是一般的图象存储格式,相对于图象显示操作来说,是极其不合理的(图象往往是以行序进行存储的),这也是影响速度的主要原因之一,其主要是由于图象的横向跨度造成了从硬盘中读取数据时,需要进行多次的定位和读取。如图 2 所示,为了显示图中标明区域的图象,可以从硬盘中一次将阴影部分的数据全部读入内存,然后从中取出标明的区域,再送入显示缓冲区进行显示,但是对于海量遥感图象而言,由于图象的横向跨度(列数)可能非常大,其阴影区的数据量可能会超出计算机允许的范围,故而为了获得所需的数据,需要进行多次的定位和读取,甚至每一行都需要定位和读取,这样为了获得这么小小的一块数据,就需要多次的数据定位和数据读取操作,从而大大地降低了数据获得的效率,也严重影响图象的显示速度。

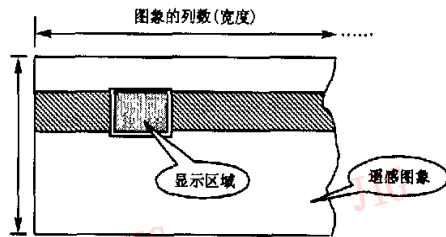


图 2 图象横向宽度对显示速度的影响

基于上述分析,结合中间图象技术,在建立中间数据时,并不是以行或以列作为一个记录的,而是将整个图象划分为一个个的块(块的大小要确保能够被一次性地读入),如图 3 所示的虚线网格,由图 3 可知,只要保证块的大小大于显示区域的尺寸,就能保证显示时,最坏的情况是显示区域最多涉及 4 块,也就是说,最多只需要 4 次定位和 4 次的数据读取就可以将此显示区域的数据全部获得。同时由于目前计算机显示器的分辨率基本上是在 1280×1024 以下,也就是说,即使是三色合成的图象,一个显示

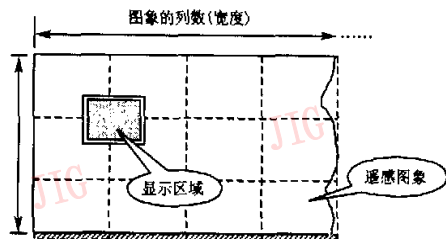


图 3 图象的分块

区对应的数据量也只有 $1\ 280 \times 1\ 024 \times 3\text{Byte}$,这对
于目前计算机的内存来说,是不成问题的。

对于分块大小的确定,一个总的原则是块不能
小于显示区域的大小,因为若块小于显示区域时,一
次显示必涉及到更多的块,这就需要多次的定位和
数据的读取,当然由于计算机内存的限制,块也不能
太大,结合高速缓存技术,经过反复测试比较,并结
合计算机显示器的分辨率,在我们所开发的系统中,
所采用的块的大小是显示区域的 1.5×1.5 倍。

2.3 高速缓存技术

对于图象处理系统来说,图象漫游功能是必备
的,然而漫游功能是否随心所欲则决定了图象处理
系统质量的优劣,由于本系统的应用对象是海量遥
感图象,且大部分的数据总是在大容量存储介质
——硬盘当中,虽然通过分块技术减少了图象显示
时的定位和读取的次数,已在一定程度上克服了图
象漫游过程中的速度过慢问题,但如果每次的漫游
操作均需从硬盘读取,则还是会影响图象漫游的响
应速度。

为了进一步提高图象漫游的速度,受到计算机
技术中,广泛应用的 Cache 技术的启发,在中间图象
文件和显示缓存中间,再开辟一块适当大小的内存
缓冲——高速缓存,在该缓冲区中存储从中间图象
文件读取的图象数据,然后再将此缓存中显示的相
应部分拷贝到显示缓冲区。采用这种技术的原因是:
当此缓冲区的大小大于滚动视图的可见窗体尺寸,
则在图象漫游过程中,系统就不必每次都重新从
中间图象文件获取显示部分的图象,而只需计算应
拷贝的缓冲区的位置,再作一次图象拷贝即可,从而
大大提高了图象漫游的速度。

高速缓存的大小直接影响图象漫游的效率,若
太小则必然造成频繁地读取中间图象文件,太大又
受到计算机内存的限制,而且大数据量的读入也会
造成速度的延迟,为此本系统的高速缓存选取的是
显示区域周围最近的 9 个分块(如图 4 所示),这样
选择高速缓存大小的另一个原因就是图象处理中漫
游功能所使用的很大一部分操作是手帕漫游方式,
当手帕的手不放开时,由于漫游的范围最大也就
是显示区域的 9 倍,因此选择 2.2 节中的分块大小
以及显示区域周围最近的 9 块作为高速缓存,恰好
能够实现显示区域周围 9 倍大小的图象均在高速缓
存当中,从而保证了手帕漫游操作时,只要手不放
开,所有漫游操作都不需与中间图象文件打交道。

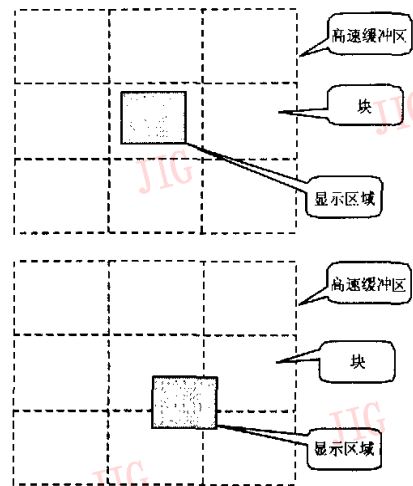


图 4 块与高速缓存

2.4 中间图象序列技术

图象显示的另一个重要操作就是对图象进行放
大或缩小,对于放大操作来说,影响不是太大,只要
避免直接将整个位图放大到滚动视图即可^[3](因为
此时目标位图会非常大,造成内存不足,使程序不能
正常运行而崩溃)。而对于缩小操作来说,事情就没
有那么简单了,因为处理对象是海量遥感图象,所
以多次缩小后,显示区域对应的遥感图象可能已经
非常大了,即远远大于对应于 2.2 节中 9 块的块数,
如果对这种情况不进行处理,则又会发生图象漫游
时,不断读取中间图象的情况,同时高速缓冲区也
将无法发挥其作用。另外缩小操作伴随的是大量
的采样运算,即使待缩小区域的图象数据均在内存
中(何况对海量遥感图象来说,常常是不可能的),
采样操作也会影响图象显示的速度,尤其是对海量
遥感图象而言,这种运算量更大。

为了处理上述问题,又对 2.1 节的中间图象进
行了特殊处理——采用了中间图象序列技术,也就
是在中间图象中,不是只简单地将原始的遥感图象
进行分块后进行存储,而是存储一个图象序列(如
图 5 所示,其中阴影部分对应相应的序列),序列中
的每个层对

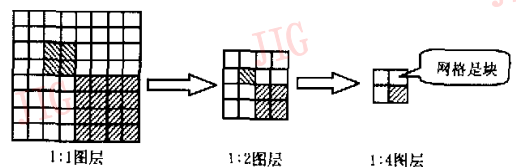


图 5 中间图象序列示意图

应一种缩小比例的图象,原始图象的分块存储就是第 1 层的 1:1 图象,依此类推,下面是 1:2、1:4、1:8...的遥感图象.中间图象序列的层数是根据不同的遥感图象大小而不同的,图象比较大时,序列中的层数多一些,图象较小时,序列中的层数少一些,甚至也会出现只有一层的情况,因此这里就涉及一个如何计算序列层数的问题,本系统中,当层的图象大小小于块的 9 倍时,则停止中间图象序列的生成(因为此时的图象可以一次性读入内存进行处理).

有了中间图层序列,就可以避免显示区域对应太多的块,只需在进行缩小操作时,找到缩小倍数相近的中间图象序列的图层数据,并利用这个图层的数据进行显示操作就可以解决上述问题.

为了保证图象显示的质量,在寻找相近倍数的中间图象序列的图层时,要遵循向前的原则,即当缩小的倍数在 1:1 与 1:2 之间时,取 1:1 图层为显示图层,其他依此类推.

图 5 所示的过程实际是一个图象缩小的问题,缩小时不可避免地就要产生信息的损失,如果在这个过程中信息损失过大必将影响图象显示的质量,为了保证图象显示的质量,采用三次褶积进行重采样,但是这种处理在图象结构的保持方面还是不能达到令人满意的效果,而均值法重采样能够较好地保持图象的结构信息,因此在我们的系统开发过程中对于图象的缩小交叉使用了上述两种方法,以确

保缩小后图象的显示质量.

3 实现与应用

3.1 开发环境

由于性能价格比的原因,大多数用户使用的是个人计算机,又由于 Windows 是目前个人计算机上使用最为广泛的操作系统,因此本海量图象处理系统是针对于 Windows 9X/2000 操作系统开发的,又因 Windows 是基于消息驱动的运行机制,而且消息的响应速度至关重要,因此作为开发语言,采用了标准 C/C++,并没有利用微软的基础类库(MFC)进行程序设计,而只使用了 Windows 操作系统的 32 位系统调用(Win32 API)^[4],同时采用 VC++6.0 作为集成开发工具.

系统对于硬件环境要求如下:至少 128M 内存(高速缓存的需要),8M 以上 AGP 显卡.

3.2 系统结构

此系统开发采用的是 Windows 的多文档(MDI)方式^[5],由于微软在 MFC 中提出的“文档/视”结构^[6,7]的合理性,使得虽然没有直接采用 MFC 进行程序设计,但是从面向对象的程序设计原则出发仍然借鉴了“文档/视”结构,即利用 C/C++实现了“文档/视”结构,自行定义并封装了 MainFrame 类、View 类以及 Document 类,具体如图 6 所示.

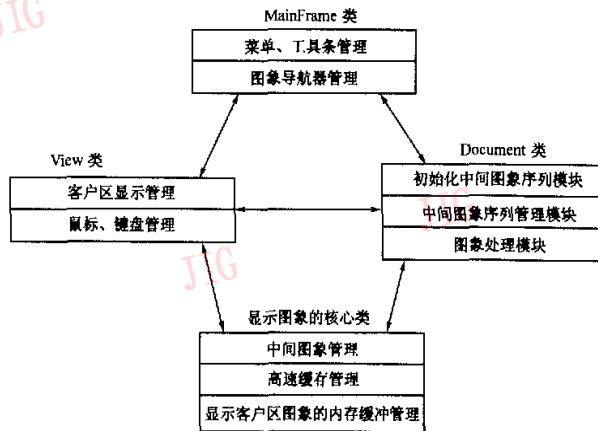


图 6 系统整体结构

3.3 应用

本系统的开发伴随着使用 2000 年陆地卫星遥感数据进行的水利部项目——浙江省水土流失遥感调查,在此工作过程中,利用本系统高质量地完成了

TM 图象的几何精校正、图象镶嵌、2000 年 TM 图象与 1997 年 TM 图象配准、植被信息提取、图象融合等工作.浙江省土地面积约 108 000km²,涉及的 TM 图象共计有 9 景,虽然 TM 图象分辨率为 30×

30m²,但为了便于与其他数据层的综合分析研究,将其采样为25×25m²,这样镶嵌好的覆盖浙江全省

的 TM 图象的大小为20 000列,18 653行,彩色合成图象的数据量约有 1.1G,具体如图 7 所示.

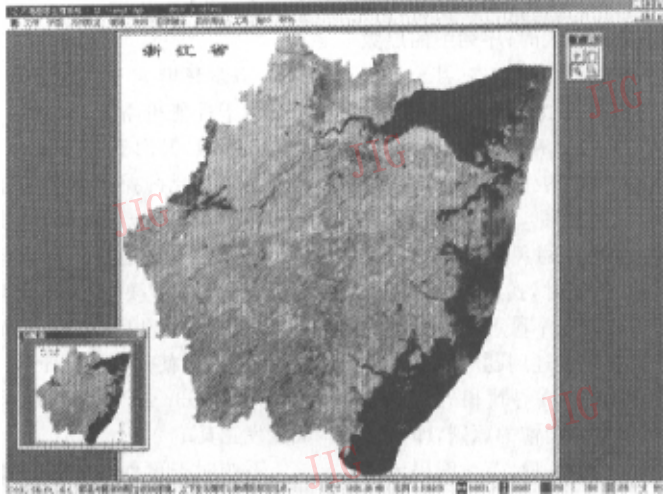


图 7 系统应用实例

4 结 论

随着遥感技术的不断发展,遥感图象的数据量将不断快速增加,海量遥感图象的应用领域将越来越广,针对海量遥感图象的显示,通过采用中间图象技术、栅格分块技术、高速缓存技术以及中间图象序列技术,使得在充分利用计算机软硬件资源基础上很好地解决了海量遥感图象高倍缩小和漫游操作中速度较慢的关键性问题,并且系统开发过程始终伴随着实际应用,从而在实用性方面得到了良好验证.

另外本系统的显示功能在 Windows 9X 和 Windows 2000 操作系统下经过了长时间的测试,结果表明运行稳定并对 Windows 9X 和 Windows 2000 操作系统都能很好地支持.

参 考 文 献

- 1 章孝灿,黄智才,赵元洪编著. 遥感数字图象处理[M]. 杭州:浙江大学出版社,1997.
- 2 Jeffrey Richter. Programming applications for microsoft windows[M]. Washington:Microsoft Press,2000.
- 3 谢经荣. 位图的高倍放大与平滑拖动[J]. 电脑编程技巧与维护,2001,11:78~80.
- 4 朱友芹,李汇成,周象汉等编. 新编 Windows API 参考大全[M]. 北京:电子工业出版社,2000.
- 5 张龙涛,王沁磊编著. Visual C++ 6.0 应用与提高[M]. 北京:科学出版社,1999.
- 6 Williams Al. MFC Block Book[M]. Coriolis Press,1999.

7 李久进编著. MFC 深入浅出[M]. 武汉:华中理工大学出版社,1999.



章孝灿 1965年生,中日联系培养博士生,副教授,副所长,硕士生导师. 主要研究方向为遥感数字图象处理、地理信息系统设计及算法研究与应用、GPS应用等.



黄智才 1969年生,硕士,讲师. 主要研究方向为遥感数字图象处理、地理信息系统应用、GPS应用等.



陈明

1977年生,主要从事遥感数字图象处理.



蒋亨显 1966年生,博士生,副教授. 主要研究方向为地理信息系统应用、GPS应用、土地管理、遥感数字图象处理等.



潘云鹤 中国工程院院士,教授,博士生导师. 主要研究方向为计算机美术、计算机图形图象处理技术、形象思维、地理信息系统、智能CAD等.