

微机遥感图像应用处理系统

刘连硕 王杰生 何晓云 谢潇滢

(中国科学院遥感卫星地面站)

1989年6月29日收稿

摘 要

本文详细介绍了我们研制的微机遥感图像应用处理系统。它的硬件部分以四台微机为主,采用分布式联接,组成四个子系统,可供1—4人同时操作,能方便地输入输出多种数据和图像。该系统的软件部分,由对应硬件子系统的四个软件包组成,即磁带机数据采集软件包,图像显示软件包,专题制图软件包及遥感应用处理软件包。作为重点的第四部分软件,是在遥感应用工作者的经验和工作方法的基础上设计的,它收集和综合了各种实用处理方法,比通用的图像处理软件包更具有遥感应用的特色。

关键词 微机图像处理 硬件系统 软件包 遥感应用

一、引 言

随着国内外卫星遥感技术的迅速发展,每天都有大量的卫星遥感数据源源不断地送回地面,但如何使之成为资源调查、环境监测、区域开发、规划及决策的重要工具,更有效地发挥其经济与社会效益,则是遥感图像应用处理工作的重要任务。

遥感图像应用处理的主要技术之一是计算机数字图像处理,它与光学处理、目视判读相结合,可以完成各种特殊目的的应用处理工作。但就目前国内情况而言,由于费用较高,专用的图像处理设备尚未普及,而到拥有专用图像处理设备的单位去上机也不十分方便,致使大量的遥感应用专业人员不能更好地开展工作,遥感图像也因此没有更有效地得以利用。这既是遥感资料的一种浪费,又影响了遥感应用工作的开展。

近年来,微机性能逐步提高,并具有价格较低、软件丰富、相互兼容、对使用环境要求不严、易于使用和维护、可灵活配置各种外围设备等特点,因此在国内较为普及。如较高档的32位微机,其CPU处理速度快,内存及硬盘空间大。这对开发微机遥感图像应用处理系统十分有利^[1]。

为了更加有效地开展遥感应用研究,我们根据现有条件,综合多年开展遥感应用工作的经验,按照遥感应用专业人员的思维和工作方式,建立了实用的可同时供多人工作的微机遥感图像应用处理系统,并配备了具有遥感应用处理特色的软件包。

二、系统的硬件设计与配置

在微机遥感图像应用处理系统的硬件结构和功能设计过程中,重点考虑了以下几个

技术指标：(1) 处理功能要强，可快速处理并存贮较大尺寸的图像；(2) 可接收多种观测平台数据，包括磁带 (CCT)、磁盘数据、数字化仪输入数据、摄像机输入数据等；(3) 可输出多种处理信息，即图像、图形、数据等，并以显示、打印、绘图等形式输出；(4) 利于发挥硬件本身资源的效力，使操作简单方便；(5) 积木式结构，适于组合成不同档次及不同需要的系统，并有开发余地。

从以上考虑出发，实际设计中我们参考了国际上较好的遥感图像处理系统^[2,3]，如

JPL 的 VICAR/IBIS, NASA 国家空间实验室的 ELAS, 法国欧洲推进公司的 VIP, 马特拉公司的 PICTRAL, 以及法国空间中心和地理院的实际应用数字图像处理系统, 确定形成一种可平行处理的分布式结构, 即以四台档次不同的 IBM-PC 兼容微机为中心, 构成磁带机数据采集子系统, 图像显示子系统, 图像分析子系统和专题制图子系统。考虑到微机内存容量小, 没有用局部网将四个子系统连接, 故通过软盘进行通讯与数据交换。具体结构如图 1 所示。

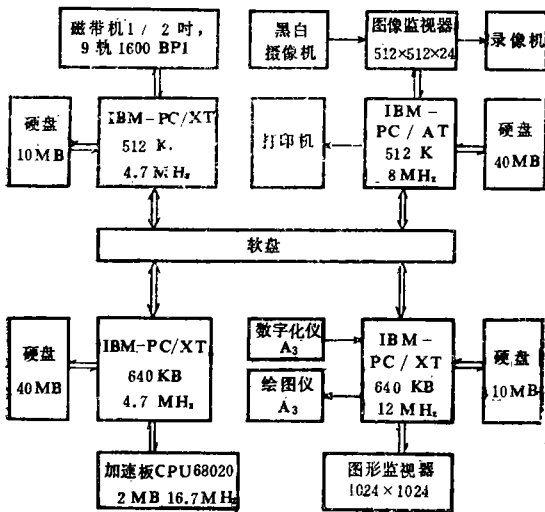


图 1 硬件系统框图

Fig. 1 Block diagram of hardware system

图 1 的左上部分为磁带机数据采集子系统，由一台低档微机和磁

带机组成, 可完成磁带数据出入及将磁带遥感数据转换成软盘数据的工作。图 1 的左下部分为图像分析子系统, 使用加速板, 具有 32 位机处理能力, 运算速度接近 VAX-780, 并有 2MB 内存, 是担负图像主要应用处理的单元。特别是对数据量大的复杂处理运算, 比通用低档微机具有明显的速度优势。图 1 的右上部分为图像显示子系统, 具有单色、假彩色和真彩色图像显示功能, 并有硬件 ZOOM 放大。此外, 通过黑白摄像机可将各种图件输入到系统进行处理, 亦可将图像监视器上的图像存入录像机供事后回放。图 1 的右下部分为专题制图子系统, 由微机、数字化仪 (A₃)、绘图仪 (A₃) 及图形监视器 (1024×1024) 组成。是图形输入、编辑、输出的主要工作单元, 也为进一步开发地理信息系统准备了条件^[4]。

总之, 本系统的硬件设计与配置, 为遥感图像应用处理准备了良好的工作环境: 分布式结构可同时供 4 个人并行处理, 多种外围设备可输入各类观测数据, 总共 100MB 的硬盘为存贮图像提供了可观的空间, 各种监视器、录像机、打印机及绘图仪为数据、图形、图像的输出提供了多种方式。此外, 各台微机还留有扩展接口, 可配置彩色喷墨打印机等其它辅助设备, 为进一步完善此系统提供了可能性。

三、系统的软件设计与功能

现版本的系统软件由汇编, FORTRAN, BASIC 和 C 语言编写而成。按功能可分成磁带机数据采集、图像显示、专题制图及遥感图像应用处理四个独立的软件包(详见附录 A—D)。其中,前两个分别与磁带机类型和图像显示子系统的种类有密切关系,后两个则适用于不同类型的微机。根据各软件包所完成的功能,将它们分别装配在对应的子系统上,即磁带机数据采集软件包装在磁带机数据采集子系统的微机上;图像显示软件包装在图像显示子系统的微机上;专题制图软件包装在专题制图子系统的微机上;而遥感图像应用处理软件包,作为应用处理的核心部分,则主要装在图像分析子系统和图像显示子系统两台微机上,因此,既可借助加速板的优势,快速处理大量数据或复杂运算,又可结合显示或打印作特殊处理。

磁带机数据采集软件包的设计,除了考虑针对该磁带机进行常规管理外,重要的是要具有能阅读各种类型的遥感数据磁带的功能。再则,由于一景 TM 图像的数据量很大,全部读入微机硬盘再作处理是很浪费时间的,故设计了能直接从磁带上读取窗口图像及用间隔采样法读取大幅图像的功能。

图像显示软件包的设计针对特殊显示系统作了一些特殊考虑,目的是为了灵活、方便地显示各种尺寸的图像,并充分利用其硬件具有的彩色查找表及彩色合成功能,对图像进行单波段假彩色及多波段真彩色显示。此外,还针对图像帧存贮器中 512×512 的图像,设计了一些常规图像处理功能,以便在监视器上立即得到处理结果,避免与磁盘交换数据。为了增强显示效果,还增加了光标控制、加公里网格、中英文注记等功能,此软件包以菜单方式提供给用户。

专题制图软件包是在 AUTOCAD-2.6 基础上发展起来的,它以图形的输入输出为重点完成图像处理的辅助工作。为了发挥 AUTOCAD-2.6 所具有的一切功能,重点解决了数据格式的转换问题。

遥感图像应用处理的核心是遥感图像应用处理软件包,它是遥感应用方法与数字图像处理技术的结合,体现了遥感专业人员的工作经验和实际需要。在设计过程中,查阅了国内外大量遥感图像处理方法,参考了多种图像处理软件包,如法国国家科学技术中心的“制图遥感程序包(CARTEL)”^[4],美国的“数字图像处理 PS 系统”^[6]及“图像分析系统(IAS)”^[7]。在此基础上,总结选择了各种经常使用且效果好的图像处理方法,按照遥感应用人员惯用的思维方法和工作方式制定设计方案,确立了初具推理思想的图像应用处理新体系。在程序设计中,还针对中、低档微机内存较小、速度不够快的特点,进行了多次算法优化,以尽量减少运算次数和所占用的内存空间,大多数程序采用按行或分块读入、处理、生成图像的方法,避免将全幅图像存入内存,解决了微机内存小与要求处理多波段较大图像的矛盾。目前,绝大多数应用处理程序,可以在通常 640KB 内存条件下,处理尺寸不大于 1024×1024 , 波段数不大于 7 的各种遥感图像。

在应用处理软件包 50 个程序的设计中,重点考虑了以下三点。

(1) 应用处理程序彼此之间紧密相联,成为一个有机的整体。首先要求各程序以统

一的文件格式输入输出图像文件。目前同时存在两种图像格式,即单波段无头格式文件及多波段交叉有头格式文件。前者适应于作单波段处理或显示,后者在做多波段复合处理时较为方便。再则,有关程序之间可以共享有价值的中间结果。作为单个程序只能完成一项特定的处理工作,而这项工作在整个应用处理过程中只是一个环节。为了承上启下,设计中尽可能使它利用已有的处理信息和中间结果,同时也为下一环节及操作者准备必要的信息。从这一思想出发,程序包中设有以后缀·DAT 结尾的数据文件,记录中间运算结果,供后续程序调用。如样区训练程序 SAMPLE,在运行后自动生成 SAMP·DAT 和 BR·DAT 两个输出文件,前者可用于进一步样区训练,同时可供三个监督分类程序作样区分类精度检验时调用;后者作为中间计算结果,既可用于绘制“波段一亮度值曲线”,又可为监督分类程序及局部监督分类程序提供作为分类基础的样区统计结果。

(2) 程序运行后尽可能多地提供有关信息,供遥感应用专业人员利用。软件包中相当一部分程序可以给出丰富的运算信息,包括有关运算结果及可以绘制有关图形或曲线的数据。凡是以后缀·LST 结尾的列表输出文件,都以设计好的表格形式存贮处理结果,供操作者事后阅读或打印。一些结果分析程序,可以以图形形式形象地显示结果的内含,这对操作者在应用处理过程中有目的地控制处理过程的执行是十分重要的。例如运行直方图分析程序 HISTO,可以获取图像的统计结果、等密度分割亮度值表及直方图,这些信息对图像的拉伸增强(线性拉伸、分段线性拉伸、密度分割等)是必不可少的。又如用程序 SAMPLE 进行样区训练后,单从样区的统计结果,往往不能明显看出样区质量的好坏,借助 SAMPLE 程序输出的数据文件 BR·DAT,可以自动绘出样区的“波段一亮度值曲线”(用 BR-DRAW 程序)或计算样区的离散度(用 DIV 程序),这些信息对进行图像分类很有帮助。再如用程序 PCA 对图像进行主元素分析与 K-L 变换后,借助其输出的 PCA·DAT 数据文件,可绘制主元素分析图表(用 PCA-DRAW 程序),对分析理解各主元素成分的物理含义会有启发,类似这样的功能,通用的图像处理系统是不会有的。

(3) 在应用程序的设计中,紧紧围绕主要处理功能,并向深度和广度发展程序,逐步形成有内在联系的无形处理功能模块。所谓“无形”是指程序本身没有模块特征,运行和调用是独立的,但就其使用而言,属于某一处理功能范围,并与其它一些程序密切相关,经常一起使用,以完成特殊处理。在围绕这些功能模块设计时,尽量使一个程序适应多种不同情况,并通过人机对话增加算法的选择性和参数控制功能。这样可以发挥操作者对处理过程的控制作用,即允许把人的思想加入处理过程,使之具有初步推理功能。图 2-4 为三个主要功能模块的框图。

图 2 为图像增强功能模块,其中有的处理包括多种方法,如“图像拉伸”包括线性和分段线性拉伸及密度分割等。又如“局部算子增强”包括选择已有 3×3 尺寸的 21 种算子中任意一种或自己设计的 3×3 到 11×11 奇数尺寸的任意算子进行处理,以完成低通、高通等各种滤波、指定方向的线性或边缘信息提取、拉普拉斯等特殊算子及反映局部纹理能量的方差运算。

图 3 为多时相变化监测功能模块,包括了提取变化信息的三个主要方法,即简单比较不同时相图像间的差异、用主元素分析法找变化因子及用计算变化向量法定向定量地

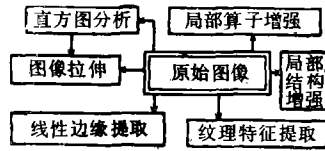


图 2 增强功能模块框图

Fig. 2 Block diagram of enhancement function module

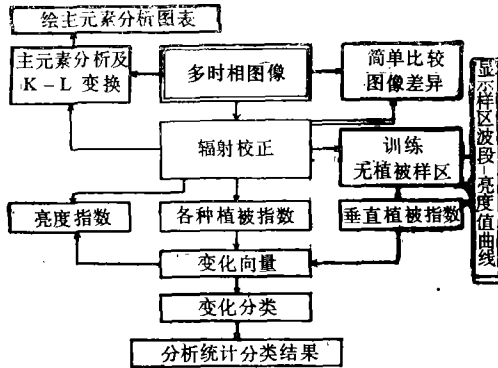


图 3 变化监测功能模块框图

Fig. 3 Block diagram of change monitoring function module

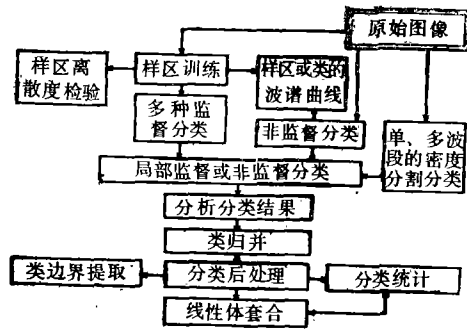


图 4 分类功能模块框图

Fig. 4 Block diagram of classification function module

提取变化信息^[8,9]。这个模块收集了遥感图像应用处理中的一些特殊算法，如计算垂直植被指数及变化向量等，并形成彼此相联系的新体系，可以生成表征不同变化类型的变化分类图。

图 4 为分类及后处理功能模块，包括 8 个分类程序与 10 个辅助程序，除了进行常见的监督与非监督分类处理外，还可进行指定类的分层分类及其它非遥感信息的复合，使分类过程更多地参考操作者的意见。对分类好的图像，可选择多种方法进行后处理，有一般常见的窗口匀化，也可按邻近原则或相似原则定向合并小图斑。至于分类评价及精度检验，可以参照样区或各类的“波段—亮度值曲线”、样区的离散度分析结果、样区分类精度表及分类后统计与面积量算结果。这些信息可以帮助操作者不断调整分类过程，使之达到最佳状态。

除了上述三个模块，还可用软件包中现有的程序组成一些新的功能模块，如图像生成及格式转换模块、校正与噪声消除模块等，这些模块的出现并没有改动软件本身，只不过是一种应用思想与技术路线的开发，这正是设计本软件包时，从一开始就注意考虑的问题。

四、结 束 语

本系统的建立与发展始终与实际课题及处理项目联系在一起，在实际应用中反复检

验并不断扩展与完善。近年来,曾应用这个系统完成了河北省南皮县试验区的土地利用分类及变化监测的数字处理工作,1987年初曾为中央电视台海冰预报作过处理,还为广东、黑龙江等省科研及管理单位作过有关工作,均取得了良好的结果。实践证明,本系统可为遥感图像应用提供齐全的技术功能和数据资料,具有广泛的应用前景。

参 考 文 献

- [1] 杨世仁,中国遥感技术应用的进展,环境遥感, 2(1), P.3, 1987。
- [2] 杨明辉、任维春,法国地理院的空间与数字化制图,遥感信息, (1), P.42, 1988。
- [3] 杨明辉,法国 SPOT 卫星计划和数字图像处理的进展,遥感信息, (3), P.30, 1986。
- [4] 王铮,遥感应用技术的新方向,遥感信息, (1), P.33, 1987。
- [5] CARTEL (Logiciel de traitement d'image et de cartographie de donnée de télédétection), Laboratoire de cartographie Thématique, CNRS, 1986。
- [6] System 575 software user's manual, International Imaging System, Inc., 1984。
- [7] IAS user's manual, 1986。
- [8] R. A. Schowengerdt, Techniques for image processing and classification in remote sensing, academic press, New York, 1983。
- [9] J. R. Jensen, Introductory digital image processing—A remote sensing perspective, Prentice-Hall, Englewood Cliffs, New Jersey, 1986。

附录 A 磁带机数据采集软件包

该软件包的主要功能有:(1)顺序读取 CCT 的图像数据;(2)直接跳到指定的文件或指定文件的指定记录读取部分记录行;(3)读取任意窗口图像;(4)用间隔采样法读取大幅图像;(5)读取格式为一个记录包含多个图像行的图像数据;(6)将磁盘数据按一定格式写到磁带上。

附录 B 图像显示软件包

该软件包的主要功能有:(1)在三个通道各显示一幅任意尺寸的灰度图像;(2)设定彩色查找表及显示假彩色图像;(3)显示多波段彩色合成图像;(4)帧存贮器上图像的通道间传输及转存;(5)摄像机输入图像;(6)显示图像的放大、缩小及旋转;(7)显示图像的直方图计算;(8)显示图像的增强,包括直方图均衡、对数及指数拉伸;(9)显示图像的边缘检测,包括拉普拉斯交换、Sobel 及 Robert 算子处理等;(10)显示图像的平滑与中值滤波;(11)显示图像的四则运算;(12)为显示图像加公里网格、中英文字及图形注记;(13)对显示图像进行光标操作,检验像元坐标和改变像元灰度值;(14)通过宽行打印机打印监视器上的图像。

附录 C 专题制图软件包

该软件包的主要功能有:(1)绘样区或类的“波段—亮度值”曲线;(2)绘样区离散度图;(3)输入或绘制边界、区划等专题图;(4)量测图斑面积;(5)图形编辑。

附录 D 遥感应用处理软件包

该软件包有以下功能。

(1) 图像生成及格式转换

BILIZOOM: 用双线性插值法整数倍(2—4倍)放大图像;

CHTOSBL: 将数个 SL 格式图像文件转换成一个 SBL 格式文件;

CHTOSL: 将一个 SBL 格式图像文件转换成数个 SL 格式文件;

COMBINE: 在多个 SBL 格式文件中抽取任意个波段组成一个新的 SBL 格式文件;

CREFILE: 生成单一灰度值图像文件;

EXTRAIT: 在图像上提取任意窗口图像;

MAGNIFY: 用最近邻点法或双线性插值法实数倍(1.0—4.0倍)放大图像;

MOSAIC: 在多个图像中取任意子区进行拼接;

REDUCTIO: 用间隔采样法整数倍(2—4倍)缩小图像;

ZOOM: 用重复采样法整数倍(2—4倍)放大图像。

(2) 图像校正

CORGEO: 筛选优化控制点,计算校正误差,在此基础上对图像进行几何精校正。校正过程中可选择一、二或三次多项式作校正变换,用最小二乘法计算校正系数,以最近邻点法对被校正图像重采样;

CORPROBA: 多图像直方图配准及多波段横纹噪声校正。

(3) 图像增强及纹理分析

CONVOL: 有 21 种 3×3 局部算子供任意选择,可对图像进行高通、低通、方向滤波等 BOX 处理,以达到增强图像有关信息的目的;

CONVOLB: 利用操作者自己设计的 $n \times n$ ($n = 3, 5, 7, 9, 11$) 局部算子,对图像进行 BOX 处理,以增强图像有关信息;

DENSIS: 对图像进行二值化、多值化或密度分割处理,也可用于分类图的不同类合并;

DETLIN: 用 3×3 的 BOX 处理方法,计算四个方向的变化绝对值,从而提取图像的方向特征;

NAGAO: 用 3×3 或 5×5 的 BOX 处理方法,计算比较 BOX 中 9 个小区的均值及标准偏差,进行滤波处理,以达到增强图像纹理特征的目的;

PIEWISE: 带嵌位控制的分段线性拉伸;

SCALE: 带嵌位控制的线性拉伸;

TEXT: 用 5×5 的“零和模板”,对图像进行处理,在此基础上,再对 $n \times n$ ($n = 5, 7, 9, 11, 13$) 窗口计算图像信号的纹理能量,从而完成对纹理特征的提取;

TEXTURE: 用 $n \times n$ ($n = 3, 5, 7, 9, 11$) 的 BOX 处理方法,累积 BOX 中四个方向相邻两个像元的方向特征,从而提取全图像的纹理特征。

(4) 统计及直方图

HISTO: 对全图像作统计及直方图计算,包括计算最大最小值、均值、标准偏差等密度分割点,并用“×”号输出直方图;

HST-DRAW: 在执行 HISTO 程序的基础上,在监视器上显示直方图;

STATIS: 对全图像所有波段作统计计算,包括最大最小值、均值、标准偏差、协方差阵及相关系数阵、特征值及特征向量。

(5) 样区训练、分类及分类后处理

BR-DRAW: 执行 SAMPLE 程序后,在监视器上显示各样区的“波段一亮度值曲线”或执行 CLASAUT 及 LOCCLAS 程序后,显示各类的“波段一亮度值曲线”;

CLASAUT: 非监督最小距离法自动分类;

CLASBOUD: 将分类图处理为分类界线图;

CLASDIST: 利用 SAMPLE 程序训练好的样区,按最小距离法进行监督分类,并可检验样区分类精度;

CLASSN: 多波段 BOX 分类;

DISCRIM: 利用 SAMPLE 程序训练好的样区,进行判别分类,并可检验样区分类精度;

DIV: 利用执行 SAMPLE 程序得到的各样区统计结果,计算各类样本间的分散度,为进行分类作准备;

HOMOGBIG: 用 $n \times n$ ($n = 3, 5, 7, 9, 11$) 的 BOX 处理方法,对分类后的图像作匀化处理;

HOMOGENE: 用 3×3 的 BOX 处理方法,对分类后的图像作匀化处理;

LOCCLAS: 对已分类好的图像的某一指定类,作非监督最小距离法分类,从而实现分层分类;

LOCDISCR: 对已分类好的图像的某一指定类,作监督判别分类,从而实现分层分类;

MAXLIKE: 利用 SAMPLE 程序训练好的样区或 STATIS 程序计算出的有关全图统计结果,进行最大似然分类,并可检验样区的分类精度;

MERGE: 按相似性或相邻性合并分类图像上的小图斑;

SAMPLE: 对采样区进行训练及合并,并对各样区进行统计计算,包括均值、标准偏差、最大最小值、最高频率亮度值、协方差阵及相关系数阵;

STATCLAS: 对已分好类的图像作统计,其中包括面积、均值、标准偏差等。

(6) 主因素分析

PCA: 对图像的各输入波段进行主因素分析,并将 n 个输入波段变换成 $n - 1$ 个新的因子波段;

PCA-DRAW: 在执行 PCA 程序的基础上,在监视器上显示以图形表示的各因子波段的成份。

(7) 多波段复合处理

COVER: 将一图像上的指定信息覆盖在另一图像对应的位置上;

NEWBAND: 对图像的全部输入波段, 可进行加、减、乘、除、采均、均方、线性变换、对数变换、取二模等 17 种运算中的任何一种或同时几种处理, 产生新的图像波段 (即新通道)。

OVERLAP: 根据一图像上指定信息的位置, 增强或减弱另一图像对应位置上的信息;

PVI: 根据训练好的无植被样区, 从两个波段中计算图像的垂直植被指数;

VECTOR: 计算两个时相图像的变化向量。

(8) 其它

DUMP: 显示及打印图像全部波段或某一波段的任意窗口亮度值;

HEADING: 阅读 SBL 格式图像的记录头;

PRCLAS: 用符号显示及打印任意窗口的分类图像;

SOPB: 通过计算熵值, 从多波段中选取组合彩色合成图像的三个最佳波段。

Microcomputer Remote Sensing Image Applied Processing System

Liu Lianshuo, Wang Jiasheng, He Xiaoyun, Xie Xiaoying

(Remote Sensing Satellite Ground Station, Academia Sinica)

Abstract

This paper describes in detail the Microcomputer Remote Sensing Image Applied Processing System developed by our group. The hardware of the System consists of four subsystems which are connected according to distributed model and each of which consists mainly a microcomputer. This System enables one to four persons to work simultaneously and input and output conveniently many kinds of data and images. Corresponding to the four hardware subsystems, its software is composed of four software packages: magnetic tape recorder data collecting package, image displaying package, thematic mapping package and remote sensing image applied processing package. As the main important part, the forth package has more features of remote sensing application than the most of ordinary image processing packages because it has collected and synthesized various practical processing methods, and it is designed on the basis of the specialists' experiments in remote sensing application as well as their working methods.

Key words microcomputer image processing hardware system software package remote sensing application