

Windows 下静止卫星云图处理软件^①

郑永光¹ 朱佩君¹ 白 洁²

陈 敏³ 王立琨¹ 李亚萍¹ 陶祖钰¹

(1. 北京大学物理学院大气科学系暴雨监测与预测国家重点实验室, 北京 100871

2. 空军第七研究所; 3. 北京城市气象研究所)

提 要

使用可视化开发工具在微软 Windows 操作系统下开发了一套针对科研和教学使用的 GMS-5 静止卫星云图处理软件, 它使用方便灵活, 基本功能完备, 能够完成气象研究中对静止卫星云图处理的基本要求。该软件的主要功能有: 云图叠加地图与经纬网格、亮温等值线处理、云图平均、云图数字增强、云图转存为常用格式图像文件等。

关键词: 静止卫星云图 图像处理 软件

引 言

静止卫星又称为地球同步卫星, 可以大范围地观测天气系统; 又由于其时间分辨率较高, 可以观测中小尺度天气系统及追踪云与水汽的运动而获得风, 因此静止卫星的可

见光、红外、水汽云图等都广泛地应用到了天气监测及分析与预报中^[1]。但是目前的静止卫星云图处理软件多是为天气预报业务设计的, 侧重于云图的实时接收与显示, 其处理的方式和内容通常是固定的, 不方便科研和教

^①本文由国家自然科学基金重点项目 40233036 与高等学校重点实验室访问学者资助完成。

学使用。例如科学研究中常常需要对某一特定地区的红外云图进行云顶黑体温度 TBB 的反演,并绘制成 TBB 等值线图,来进行中尺度对流系统的分析与研究^[2]。目前,微机(PC)性能日益提高并且价格不断下降,微机与微软的 Windows 操作系统得到了广泛的应用,因此开发一套不同于天气预报业务使用的在 Windows 下运行的静止卫星云图处理软件将会满足气象科研和教学中使用卫星云图的需要。

1 软件概况

使用 Windows 下的可视化开发工具开发的软件“静止卫星云图处理系统”运行在微软 Win32 (Windows 9X/NT, ME, 2000, XP)操作系统下,具有标准的 Windows 软件界面(图略)。软件采用多文档界面,可同时打开多个云图文件。它除了具有标题条、菜单条、标准工具条、文档窗口、状态条外,还有一个文档切换工具条,用于切换不同的卫星云图窗口。在状态条上面,除了显示当前日期时间外,还显示当前鼠标所在点的卫星云图信息,包括该点的地理位置、颜色(红绿蓝三个分量)、亮温(即 TBB)等。

菜单条包括以下几个菜单项:

- (1)“文件”菜单用于打开卫星云图文件、打印云图、保存为图像文件等;
- (2)“编辑”菜单用于复制、粘贴、修改地图属性、修改文字、增强云图等;
- (3)“查看”菜单用于缩放图像;
- (4)“定位”菜单用于原始卫星云图的新定位;
- (5)“等值线”菜单用于输出云图亮温到格点文件中,并输出地图文件;
- (6)“工具”菜单用于云图平均及批量转换云图文件到 GIF 位图文件;
- (7)“窗口”菜单用于切换窗口;
- (8)“帮助”菜单提供帮助信息及程序版本信息。

在标准的工具条上面,除了常用的“新建文档”、“打开文档”、“保存文档”、“打印”、“打印预览”、“复制”、“粘贴”、“关于”等命令按钮外,还提供了打开 LSSR、9210、原始卫星云图文件命令按钮(后文将对几种云图格式进行说明)、放大、缩小、还原、部分放大、适合窗口、显示地图或者经纬网格、全屏幕、定位等常用命令按钮,这很大地方便了用户的工作。特别是,在打开文档及打开 LSSR(暴雨监测和预测国家重点实验室)、9210、1/4 圆盘云图文件按钮都提供了下拉快捷菜单,为用户提供了更方便快捷的选择途径。

软件的视图文档显示当前打开的静止卫星云图图像以及相应的地图信息。用鼠标左键双击该视图会弹出“地图属性”对话框,可以编辑修改地图属性;如果按住鼠标右键再双击左键,则弹出“编辑云图日期时间”对话框,可以编辑云图修改上面标注的说明文字。此外,用鼠标右键单击该视图,会弹出一快捷菜单。

总之,该款软件的交互图形界面以方便用户为目的,为用户完成某种功能而提供了多种选择的途径。

2 软件的数据流程

静止卫星云图处理软件根据不同格式的云图数据文件进行不同的处理流程(如图 1)。对于原始卫星云图(1/4 圆盘云图)需要

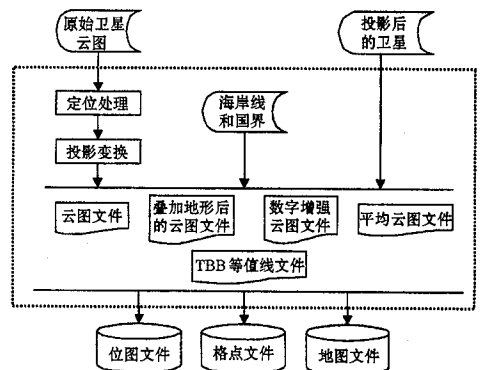


图 1 软件的数据处理流程图

先进行定位处理,投影变换后才能制作位图文件、TBB 格点文件或者地图文件;对于投影后的卫星云图则可以直接进行。在软件读入卫星云图文件的同时,海岸线及国界等相应的地理信息也被读入计算机内存中,从而用户可以直接在云图上面编辑修改或者显示相应的地理信息,也可以把用户选定区域的地理信息输出到一定格式的文本文件中供其它相关软件(客观分析诊断图形系统^[3])使用。此外,该软件可以对投影后的卫星云图或者定位后的原始卫星云图进行日、候、旬、月等的平均云图计算和制作,从而可以研究某一时段对流的多发区域及其总体特征。

3 软件的主要功能

3.1 支持不同存储格式的静止卫星云图文件

现有的静止卫星云图处理系统往往与卫星接收系统紧密结合,只能对具有本系统文件格式的文件进行处理。在科研和教学中往往需要对某个历史个例进行卫星云图处理,为处理不同格式的云图资料,常要作大量的重复性预处理工作。本系统的特点之一就是能够对几种不同接收系统以不同格式存储的静止卫星云图资料进行处理,这包括 GMS-5 原始卫星云图、LSSR 接收的 GMS-5 卫星云图、9210 下发的 Lambert 正形投影的 GMS-5 卫星云图。软件还提供了可以打开多种格式的云图图像图形文件,如 JPEG、GIF、BMP、TIFF、WMF、EMF 等。

GMS-5 原始卫星云图也就是通常所说的圆盘云图,需要进行定位处理才能进一步使用,它的灰度等级范围是 1~255;图像大小为 1024×768 像素;文件头共 7168 个字节长。LSSR 接收的 GMS-5 卫星云图使用的是 Lambert 等积投影,并且进行了图像增强,投影中心为 39.5°N、114.0°E,水平分辨率为横向 9.627km,纵向 9.597km;灰度等级范围是 1~255;图像大小为 800×600 像素,文件

头包含有 644 个字节;文件体依次存放了红外一、红外二、水汽和可见光四个通道的经过投影变换之后的云图信息。9210 下发的 Lambert 正形投影的 GMS-5 卫星云图中心点在 30°N、110°E,分辨率为 13km,灰度等级范围是 1~255,可见光通道是 1~64,图像大小为 512×510 像素,文件头为 1024 个字节。

GMS-5 原始卫星云图资料是在 VISS 帧平面坐标系中,以扫描行、扫描列对应的红外通道的亮度温度形式给出的。在实际应用中,需要知道在地球经度 λ 和纬度 ϕ 处的亮度温度。定位就是从 GMS 原始卫星云图资料的 VISS 帧平面坐标系出发,计算出地球坐标系下某地球经度 λ 和纬度 ϕ 处的亮度温度。本系统采用日本气象中心提供的一组简化方程来实现与 (λ, ϕ) 间的坐标变换(具体的变换过程可参考相关文献)。

3.2 云图定量化处理

目前不少云图处理系统没有直接针对红外云图的定量化处理功能。把静止卫星红外云图处理成为 TBB 等值线图,是卫星云图定量化的一个重要应用,它在中尺度对流系统的分析方面具有重要的意义。通过分析 TBB 等值线图可以获取如下信息:(a)冷云区的大小;(b)从等值线的密集程度,得到对流发展强度的信息;(c)追踪中尺度对流系统的发展过程;(d)降水强度信息^[2]。

本软件系统可以根据用户的选择生成不同地区 TBB 等值线文件及相应的地图文件,图 2 就是本软件所生成的 TBB 文件及地图,由客观分析诊断图形系统^[3]绘制的图形,图中有一西南—东北走向的锋面云带从云南一直延伸到山东半岛,云带中存在多个各种尺度的对流系统。

用户在云图图像上用鼠标左键拖曳矩形框就可以选定输出 TBB 等值线的地理范围。用户也可以利用软件系统提供的区域范围选择的对话框(图略)指定 TBB 等值线输出的

地理范围。系统在读入用户所选范围内的灰度值后,根据红外云图灰度和亮温的对照关系,将灰度值转化为对应的亮温值,生成能供客观分析诊断图形系统^[3]处理的 TBB 数据格点文件(GRD 格式)。其中红外云图灰度和亮温的对照关系有两种情况:一种为卫星云图资料文件体中包含有灰度和亮温的对照表,对某一确定的灰度值直接查找出对应的亮温值。例如 GMS-5 原始卫星云图资料,国家气象中心 9210 工程下发的 GMS-5 卫星云图资料。另一种为灰度和亮温的关系被处理系统改变,对某一确定的灰度值需经过一定的计算得到相应的亮温值。例如北京大学暴雨监测与预测国家重点实验室所存储的静止卫星云图资料。

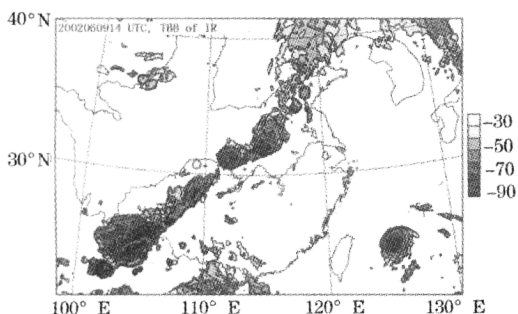


图2 红外云图所对应的 TBB 等值线图(单位:℃)

由于卫星云图的信息量大,系统在制作 TBB 等值线文件时选定 0℃ 为阈值,TBB 等值线图上只显示小于阈值的亮温的等值线。系统同时还能生成所选范围内的海岸线、国界线以及河流线等的相关地图数据文件(BLN 格式),利用客观分析诊断图形系统^[3]可以将其与 GRD 格式文件进行叠加,最终生成 TBB 等值线图(如图 2)供用户使用。

3.3 云图的平均与数字增强

前文已经提到,系统可以根据用户的不同需要利用“打开”文件对话框来选取多个时次的云图文件生成日、候、旬、月和季的平均云图文件,并能对平均文件进行数字增强和生成 TBB 等值线图。

系统提供了多种的云图数字增强方式,以满足不同问题的需要,主要包括伪彩色增强、灰度增强、线性增强等。

伪彩色增强就是把灰度表示的卫星云图图像转换为彩色图像。由于人眼对彩色的分辨能力远远高于对灰度的分辨能力,所以将黑白卫星云图转换成彩色表示可以提高对图像细节的分辨能力,从而达到增强图像的目的。

灰度增强提供了三种不同的增强方法,第一种根据 GMS 增强红外云图曲线进行增强,可以显示深对流云顶部的细微结构;第二种根据 MB 增强曲线进行增强,适用于暴雨分析;第三种根据 BB 增强曲线进行增强,特别适于确定热带气旋的风速,并可以把台风中心表现清楚^[4]。

线性增强方式就是使用线性变换函数来增强相邻灰度级的灰度差别,即增强图像的对比度,以利于人眼分辨不同的灰度细节,该方式特别适合于增强水汽图像(如图 3)。从图 3 的增强水汽图像可以看到在中国大陆上空有一个明显的带状斧形暗区,这就是通常所说的“干缝”,它表明有干燥的平流层空气侵入到了对流层中^[1,5,6]。

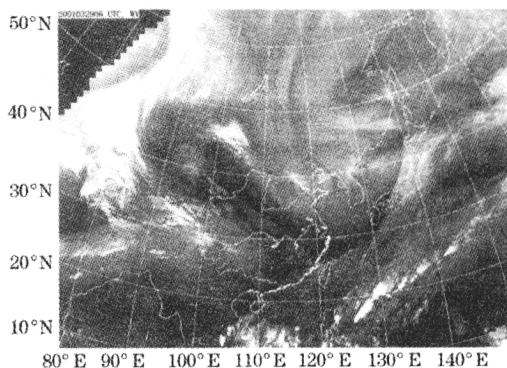


图3 线性增强的 2001 年 3 月 29 日 06 UTC 水汽云图

3.4 地图与文本编辑功能

用户可以根据需要编辑修改叠加在云图图像上面的地图信息和标注的文本信息(如

图4)。

地图属性(图4a)分为四个部分:线型、经纬度标注、城市标注及地图投影信息:

(1)线型属性页可对几类(国际边界、中国边界、中国海岸线、中国省界、河流与经纬线)线条的属性进行修改,包括线条的类型、粗细、颜色等。

(2)“经纬度”属性页可以编辑所标注的经度、纬度信息及其使用的字体。

(3)“城市”属性页可以选择需要显示的城市位置及城市名称、字体等。

(4)“投影参数”属性页显示当前卫星云图所使用的地图投影信息,并可以实现地图经纬度坐标与云图图像坐标的相互转换。

“编辑云图日期时间”对话框(图4b)用来实现在云图图像上面标注文本信息。本软件打开一幅卫星云图文档后,提供的默认文本信息是该幅云图的日期时间及由哪一个通

道获得的云图。通过图4b所示的对话框可以修改文本、字体、文字背景颜色及文本所在图像的位置。

3.5 复制、粘贴及裁剪功能

本软件能够实现复制、粘贴及裁剪功能。选择“复制”命令,软件将把两种格式的图像数据存放到 Windows 系统剪切板上,一种为位图,一种为图片(增强型图元文件)。增强型图元文件,能够保持图形在缩放时线条不出现锯齿现象^[3]。在复制时,如果用户使用鼠标左键拖曳一矩形来选定一个区域,则本软件只复制选定区域的云图图像,否则复制整幅云图图像。通过用户复制选定区域的图形图像,软件实现了局部图像的裁剪功能。本软件也可以把在 Windows 系统剪切板上的位图或者图片(增强型图元文件)“粘贴”到文档中。

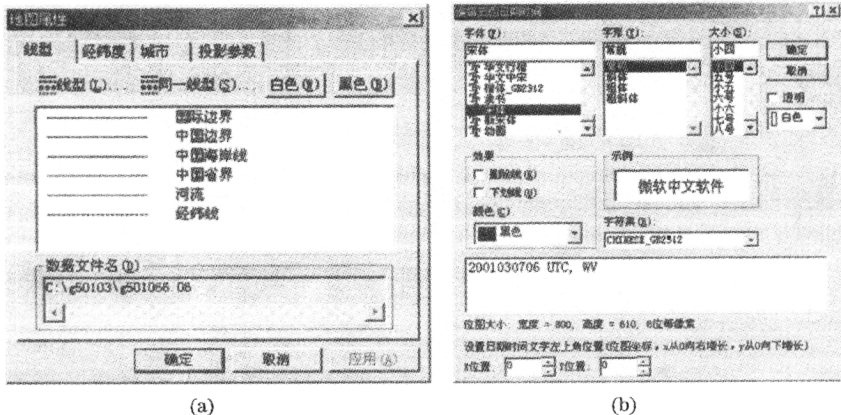


图4 编辑修改地图属性对话框(a),编辑标注文本对话框(b)

3.6 图像缩放与全屏幕功能

本软件可以对图像进行无级缩放,并配备了三个命令:原始大小、适合窗口与放大拖曳矩形。“原始大小”命令直接把缩放后的图像还原到最初打开该云图文件的状态;“适合窗口”命令把图像显示到整个视图窗口中;“放大拖曳矩形”命令是把用户用鼠标左键拖曳矩形选定的一个图像区域放大到整个视图

窗口中。通过这三个命令可以使用户方便地对卫星云图图像的整体或者局部进行查看。

由于显示屏幕的大小是有限的,而在标准的图形界面下,软件的标题、菜单、工具条、状态条都占用了一定的屏幕空间,有时不利于图像的查看。因此,软件还提供一个“全屏幕”命令,用来实现在整个显示屏幕上显示一幅卫星图像,以扩大显示范围。

3.7 图像转存功能

系统可通过“另存为”命令把卫星云图图像保存为多种格式的图形图像文件(如 EMF、JPEG、GIF、BMP、TIFF 等),各种通用图像软件(如 ACDSsee 等)调阅卫星云图。由于该命令只能对单幅云图进行操作,因此特别在“工具”菜单中还提供了一个批量转换卫星云图到 GIF 位图的功能,使用此命令用户可以实现一次转换多幅图像,减轻了用户操作的负担。在转换后的位图中,都包含了地理信息及用户标注的文本信息,方便用户查阅。

4 总结

“静止卫星云图处理系统”是微软 Win32 操作系统下的多文档界面应用软件,基本功能完备,使用方便灵活。该软件的主要功能有:打开不同存储格式的静止卫星云图及常用格式的位图文件、输出云图亮温等值线文件、云图平均及数字增强、云图叠加地图、经纬网格与文字标注、裁剪、缩放及云图转存为常用格式图像文件等。当然,这个软件的一些功能还有待继续完善。例如,现在此软件自身还没有包括绘制等值线图形的功能,不

能叠加天气图、流场等。

需要说明的是,此软件是一款教学、科研软件,并不适合于在每天重复的天气预报日常业务中使用。

此外,软件也不处理静止卫星云图的一些高级应用内容,如反演云导风、水汽风,反演海表温度,估计降水等。

参考文献

- 1 M. J. 巴德, G. S. 福布斯, J. R. 格兰特等编, 卢乃锰, 冉茂农, 刘健等译, 卫星与雷达图像在天气预报中的应用, 科学出版社, 1998: 1~41, 70~85.
- 2 王立琨. 静止卫星云图处理系统和 1998 年中国重大降水过程分析. 北京大学硕士研究生学位论文, 1999: 1~19.
- 3 郑永光, 王洪庆, 陶祖钰等. Windows 下二维气象绘图软件——客观分析诊断图形系统. 气象, 2002, 28(3): 42~45.
- 4 陈渭民, 夏浣清, 陈光宇编著. 卫星气象学. 北京: 气象出版社, 1989: 207~213.
- 5 Appenzeller, C. and H. C. Davies. Structure of stratospheric intrusions into the troposphere, Nature, 1992, 358, 570~572.
- 6 罗格 B. 威尔顿, 苏珊 J. 哈默斯著, 郑新江, 陆文杰等译. 水汽图象在天气分析和天气预报中的解译与应用. 北京: 气象出版社, 1994: 82~151.

Geostationary Satellite Image Processing Software on Windows

Zheng Yongguang¹ Zhu Peijun¹ Bai Jie² Chen Min³

Wang Likun¹ Li Yaping¹ Tao Zuyu¹

(1. State Key Laboratory for Severe Storm Research, Department of Atmospheric Science, School of Physics, Peking University, Beijing 100871;

2. Air Force Institute of Meteorology; 3. Beijing Urban Meteorological Research Institute)

Abstract

“Geostationary Satellite Images Processing System” can process the VIS, IR and WV images of GMS-5 of Japan, which runs on Windows operating system of microsoft and has standard graphic interface. It is very convenient and flexible for users and it can help them finishing research work quickly. Its main functions are as follows: Overlay satellite image with map and longitude-latitude grid, extracting TBB grid files, averaging satellite images, enhancing satellite images, conversion of satellite images to common graphic and image file.

Key Words: geostationary satellite images image Processing software