

李月安, 曹莉, 高嵩, 等. MICAPS 预报业务平台现状与发展[J]. 气象, 2010, 36(7): 50-55.

MICAPS 预报业务平台现状与发展^{* 1}

李月安 曹莉 高嵩 罗兵

国家气象中心, 北京 100081

提 要: 文章介绍了气象信息综合分析处理系统(MICAPS)系统开发的过程和 MICAPS 未来发展计划, 重点介绍了 MICAPS 第三版开发的基本情况、系统构架和系统中使用的关键技术和算法。MICAPS 第三版采用开放式构架, 基本框架负责系统主界面、地图投影、图层控制等基本功能, 各种功能模块通过扩展功能模块实现, 对系统二次开发提供最大限度的支持。MICAPS 第三版实现了 MICAPS 定义的各类数据, 如地面观测、高空观测、离散点数据、标量和矢量格点场、城市预报台风路径、地理信息等的显示, 并增加了雷达主要 PUP 产品、雷达基数据、卫星 GPF 数据、卫星 AWX 格式数据、GPS 水汽、闪电定位、AMDAR 资料、风廓线数据等资料的显示, 增强了网络资料检索、菜单资料检索、综合图检索等数据检索能力, 增加雨量累加、会商支持、历史资料检索应用等实用功能。

关键词: 气象信息综合分析处理系统 MICAPS, 气象信息处理, 软件构架

The Current Stage and Development of MICAPS

LI Yue'an CAO Li GAO Song LUO Bing

National Meteorological Center, Beijing 100081

Abstract: The history and the feature of MICAPS, the implementation and architecture, and key technology of new version MICAPS (the Meteorological Information Comprehensive Analysis and Processing System) V3 are introduced, and the main functions and core-algorithm of MICAPS V3 are also presented. The open architecture is used in MICAPS version 3.0. The flexible basic framework is charged with main window, map projections, layer control etc., and the functions are implemented by extended modules. Therefore this architecture can support the extended development by local WFOs (Weather Forecast Offices). All kinds of data specified by MICAPS versions 1 and 2 can be redisplayed in MICAPS version 3. This new version software can additionally display CINRAD level II and level III data, GPF and AWX format meteorological satellite data, GPS/MET data, AMDAR data, and wind profiler data. It has five data searching modes: filename searching, parameter searching, composite chart file searching, menu searching and scrolling page searching. It provides accumulated precipitation calculation, weather consultation, and history data searching function.

Key words: meteorological information comprehensive analysis and processing system (MICAPS), meteorological information processing, software architecture

引 言

气象业务部门和科研机构开发了大量的气象软

件^[1-5], 在气象业务和研究中发挥了一定的作用, 中国气象局自主开发的业务软件系统——气象信息综合分析处理系统(MICAPS: Meteorological Information Comprehensive Analysis and Processing

* MICAPS3.0 业务化与 MICAPS3.1 开发(2008)项目资助

2009年12月16日收稿; 2010年1月18日收修定稿

第一作者: 李月安, 从事天气预报工作和业务系统软件开发. Email: liyuean@cma.gov.cn

System)是我国气象业务的基础软件,在我国气象业务现代化中起到了重要的作用,该系统1994年开始开发,于1997年发布了MICAPS第一版,该系统第一次实现了预报业务流程从纸面为主的操作向以计算机为业务流程核心的现代化业务流程的转变,1999年正式在全国气象业务中推广应用,该系统实现了基于计算机人机交互方式分析天气图、检索显示地面、高空、雷达、卫星等观测资料的显示和交互预报制作,预报员可以在计算机上完成资料完整的业务预报制作,取代了原来的手工天气图分析和基于纸面的预报制作方式。MICAPS作为一个持续开发的业务系统,不断改进以满足业务预报对系统支持的需求。2002年发布第二版,全面提升系统功能,增加更多格式的资料显示和格点编辑技术,扩展资料分析和显示功能,增强系统交互分析和预报制作功能,全面提升系统显示效果和运行效率。随着观测资料种类的增加和预报业务和气象服务发展需求的不断增长,受中国气象局委托,由国家气象中心负责,联合北京市气象局、国家卫星气象中心等18个国家级业务中心、省(地)气象局和北京大学等4所大学联合开发第三版,以充分发挥观测资料的作用,满足不断发展的业务需求。

MICAPS 3.0于2007年12月24日正式发布并启动了该系统在全国的运行。为了提高系统运行效率,降低系统资源消耗,系统开发组采用OpenGL替换原来的绘图工具GDI+,并于2008年7月完成了系统框架的改进和模块移植,大幅度提高了系统的显示效率和系统的图形表现能力。

2009年5月,发布了基于DVBS系统的数据处理系统,优化数据处理系统,简化安装配置,增加可处理数据种类和本地数据管理能力,可以通过简单的配置文件修改增加系统功能。

2009年11月,MICAPS 3.1正式发布,进一步优化系统框架,加快系统启动效率,减少系统资源消耗,增强系统稳定性,针对各地使用中提出的意见和建议对系统进行了改进。

MICAPS第三版经历了统一设计、共同开发、数据环境优化、部分省份分阶段测试、全国范围测试、版本升级等重要步骤,目前该系统具有新资料应用丰富、资料检索方式多样、数据适应性强、图形质量较高和软件结构开放灵活等特点,已经在全国气象部门应用,并成为部分省份的核心业务系统。和MICAPS早期版本相比,MICAPS第三版系统功能

增强,操作更为方便,配置灵活,提供大量的本地化设置,并提供更为强大的二次开发支持,在预报业务应用中逐步发挥重要作用。

1 系统基本情况

1.1 软件开发技术路线和功能

MICAPS第三版采用Microsoft Visual Studio 2005.NET作为主要开发工具,系统框架采用C#语言开发,提高了系统开发效率,基本算法采用C/C++开发,保证运算效率,系统封装了OpenGL绘图函数,并开发了用于图像、字符、符号和中文显示函数,图形质量和显示效率高,提高了开发效率。

随着中国气象局在新的观测系统建设方面的进展,各类新观测资料大量增加,针对目前业务发展和大量新观测资料的应用支持需求,在国家气象中心业务软件^[1]和MICAPS第二版的基础上增加了雷达、高分辨卫星、自动站、风廓线仪、闪电资料、AM-DAR资料的显示分析,初步实现了预报人员的记录管理,提升了整体显示控制能力、观测及预报数据分析能力、地理信息应用能力、多种业务预报产品交互生成能力以及完整的天气系统监视能力。

1.2 安装与运行平台

MICAPS第三版运行平台为普通微机,操作系统推荐使用Windows XP,推荐使用支持双屏的微机,显示器分辨率不低于1280×1024,CPU主频3.2G以上,内存2G以上,高档配置可以使用运行Windows的图形工作站。

可以通过对系统进行灵活配置,降低系统对硬件的需求,以适应不同业务的需求,适应不同级别气象台使用。

系统安装非常方便,直接运行安装目录下的setup.exe按照提示即可安装,安装完毕只需要对数据路径进行简单设置即可运行。

2 系统主要功能

2.1 系统主界面

MICAPS 3.1版主界面(图1)包含菜单、工具栏、资料检索、交互工具、属性显示与修改、图层控制、状态栏和主显示区等几个主要部分。



图 1 MICAPS 第三版主界面

Fig. 1 The main interface of MICAPS 3. 1

菜单和工具栏都分为三个部分。基本菜单和基本工具栏,这部分是不能修改的,提供系统基本功能。第二部分是扩展模块添加的菜单和工具栏,这部分是不可修改,但可以通过删除模块去掉的部分,提供扩展功能。第三部分是用户可配置部分,这部分菜单和工具条按钮都是可以通过修改文本文件来配置的。

基本菜单提供打开文件、保存交互结果核图片、打印输出、界面显示控制、动画、图例、地图投影、基本地理信息显示等功能,用户配置菜单可以修改,主要提供资料快速检索功能,模块扩展菜单提供网络资料检索、动画制作、会商支持、系统配置和帮助等功能。

通过显示设置窗口管理图层。可以控制图层的显示和隐藏、弹出属性修改窗口、图层对应数据的查看,单个图层翻页以及图层的删除等。

图层属性显示窗口位于主窗口的左下角位置,显示当前图层的属性,并可以进行修改当前图层的显示属性。

图层属性窗口上面是图层选择窗口,可以选择当前图层,设置图层显示或隐藏,也可以删除图层,图层选择窗口上面是综合图检索和交互工具箱,选择资料检索,显示指定目录下的综合图文件,选择文件可以直接打开数据,交互工具箱显示当前交互图层可以使用的交互工具,不同类型的交互图层交互工具不同。

2.2 资料显示和分析功能

MICAPS 第三版实现了目前能够得到的大部分观测数据、模式数据的显示功能,除 MICAPS 第一版、第二版定义的数据类型(第 1~19 类数据、饼图、玫瑰图)外,定义了 AMDAR 数据、一维图(曲线

或直方图)等类型,并直接支持卫星、雷达、风廓线、自动站等多种观测数据的显示。

系统可以显示地面、高空、多种格式的卫星云图、卫星数值产品、雷达基数据、雷达 PUP 产品、多种格式的雷达拼图、风廓线、闪电定位、GPS 水汽、自动站、数值天气预报模式产品等数据的显示,同时系统还支持 netCDF、GRIB 等格式数据的显示,支持 MIF 和 SHP 格式地理信息数据显示,地形高程数据显示。

高空填图增加了比湿计算、多种观测要素的客观分析和变化场计算,改进了 $T\text{-log}p$ 图制作,增加了大量基于探空资料的物理参数计算,目前可计算的参数有 50 多种,并增加了风矢端图、高空风分析和多种物理量的垂直分析(图 2、图 3),一些参数如 CCL、LCL 等的计算结果直接绘制在图上,方便使用。

系统支持多种气象图表的制作,如地面三线图、离散点数据时间变化曲线、 $T\text{-log}p$ 图、探空资料的

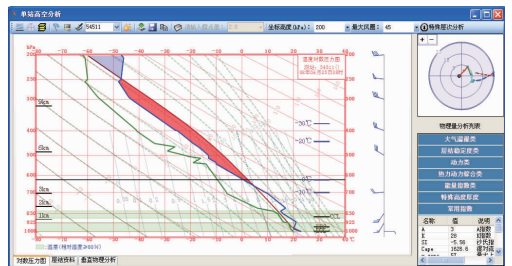


图 2 MICAPS 第三版显示的 $T\text{-log}p$ 图

Fig. 2 $T\text{-log}p$ diagram displayed by MICAPS 3

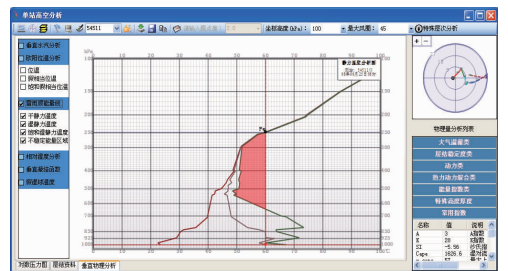


图 3 探空数据的垂直物理分析

Fig. 3 Vertical analysis of radiosounding data

时间和空间剖面、模式资料时间和空间剖面图、模式资料邮票图及切片图、模式资料单点时间变化曲线对比显示、一维图、散点图等。

系统支持多种格式的卫星数据显示,包括 MICAPS 第一版、第二版定义的卫星数据云图格式数据,中规模站接收处理的 GPF 格式数据,以及目前

中国气象局下发的 AWX 格式云图和产品数据。

MICAPS 第三版可以显示新一代天气雷达的基数据和 PUP 产品,并可使用基数据制作剖面。

2.3 人机交互功能

系统提供了预报制作、等值线修改、天气图分析需要的交互分析、城市预报交互制作、精细化预报指导产品订正、中尺度交互分析等功能,扩展了预报制作交互能力,完整支持预报制作和方便会商用图的制作。

2.3.1 天气交互分析和预报

系统提供多种气象天气符号、等值线、槽线、锋面、天气区等多种气象符号的绘制,箭头、常用符号、填充区等的绘制,支持气象系统动态图和会商用图的制作。提供线条类交互对象的绘制和修改,支持手写屏交互功能,并针对手写屏交互特点设计了交互方式。提供交互操作的撤销功能。

2.3.2 中尺度交互分析

提供专门用于中尺度天气分析的交互功能,根据中尺度分析业务规范,提供不同层次,多种交互对象,如等高线、等压线、等温线、等风速线、等露点温度线、显著湿区、3 小时显著升压线、3 小时显著降压线、湿轴、干舌等 26 个定义的符号线条以及多种可修改颜色、线型等属性的分析线条符号。

2.3.3 城市预报制作

提供单点和区域快速修改城市预报的交互工具,可以直接修改站点的天气和温度等预报。

2.3.4 精细化预报订正

提供快速订正精细化客观预报的交互工具,通过一个系统控制台选择要素和预报时效,通过区域、单点要素、气候区域、列表等方式快速修改预报要素值。并可直接输出上传精细化预报产品文件。

2.3.5 预警信号制作

提供各种预警信号制作工具,可根据定义好的模板文件直接生成 Word 文档,可直接用于产品发布。

2.4 系统其他功能

系统提供雨量累加、地面和离散点数据的统计、台风路径动画显示、模式资料对比显示、WS 报资料监视显示、网络数据下载与显示、云图动画与动画文件制作、地球球面距离和球面近似面积计算、文本文件编辑与自动传输、图片显示、地图投影切换、系统

日志记录、基本预报流程管理、图形保存和动画 GIF 生成、打印输出、会商支持等多种预报值班中实用的功能。

系统提供地图裁剪功能,可以使用中国陆地边界、省边界、七大江河流域边界或自定义边界对显示区域进行裁剪,只显示指定范围内的数据。可以通过自定义边界裁剪,可以实现任意区域的图形裁剪,并提供中国区域产品图形输出模板,提供裁剪后绘制海岸线、增加南中国海区域显示等功能,与图例设置和指定配置文件一起使用,可以输出多种格式的产品图片,直接用于各种服务材料。

系统提供了图形化的配置功能,可以修改菜单、修改系统多项默认配置等,同时系统由于采用了开放式构架,提供了二次开发接口,封装了大量的绘图函数,支持快速二次开发。

系统提供监视运行模式,可以自动刷新循环显示指定的数据,同时多种数据显示模块也提供了监视功能,在系统运行中,指定数据可以按照用户给定的时间间隔自动刷新数据,闪烁显示指定范围的数据,并可发出提示声音,提醒预报员注意。

3 部分关键技术分析

3.1 框架技术

系统采用开放式框架结构(见图 4),以核心控制,松散结构为基础,建立对各类组件的标准化接口,实现对标准化数据的统一接口管理、交互控制等结构,建立了数据处理与显示的综合控制,多类信息管理的系统性结构,完成了系统参数配置、后台作业处理、输出管理等控制,实现了可以组合的版本控制管理等软件框架技术。

系统核心框架负责地图投影、图形绘制区域管理、图层管理、系统公共资源管理和图层基本属性定义,系统其他功能通过扩展功能模块实现,启动时扫描系统安装的关键模块并注册到系统中,其他功能模块可以通过菜单或工具栏按钮启动,或者打开相关数据时自动加载,这种方式下,功能扩展不影响系统启动速度。

在基本版本框架的基础上,可以通过扩展功能模块,发展多个专业版本以适应天气预报会商、中期天气预报、短期天气预报、短时临近预报、台风、海洋、精细化要素预报等各项业务需求,成为其他业务平台开发的基础,提高系统开发的综合效益。通过

开放式框架提供强有力的二次开发环境,引导科研成果业务化应用。

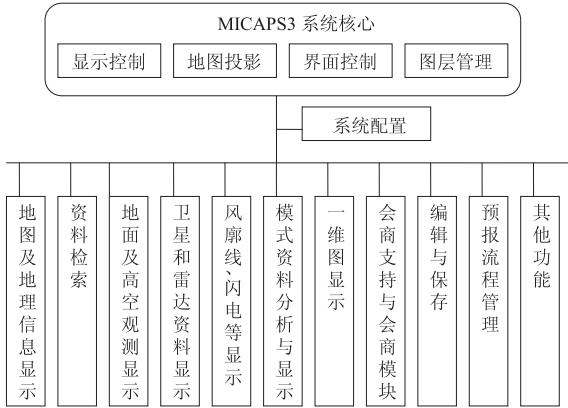


图 4 MICAPS3 系统框架结构

Fig. 4 Architecture of MICAPS3

3.2 OpenGL 函数封装

系统最初开发使用 GDI+ 作为绘图工具,但绘制效率低,资源消耗大,为了提高系统运行效率,采用 OpenGL 替换 GDI+,为了减少已开发模块的修改和未来模块开发的难度,采用类似 GDI+ 的函数接口封装 OpenGL 函数,快速移植 GDI+ 模块,不影响模块开发和二次开发,降低 OpenGL 在系统开发中应用的难度。

MICAPS 3.0/3.1 封装了大部分 OpenGL 函数,提供各种线条、图像绘制和文字绘制等函数,并提供了多种气象符号的绘制。

3.3 图像快速投影

云图等图像数据需要在地图上显示并与其他数据叠加,MICAPS 早期版本和国外业务系统软件常用的做法是预先生成多个范围、多种投影的图像数据,显示时使用相同投影参数,调整地图投影以适应云图投影,保证数据显示位置的准确性。这种方式的缺点是占用服务区大量磁盘空间,显示时需要将地图投影转换为和云图一致,如果显示大量地理信息,则转换地图投影仍然需要较长时间,效率不高。如果使用固定的投影参数,在显示中不能修改投影参数和转换投影方式,则不适合地理区域差别大的台站使用,在国家级应用中功能也受到限制。如果采用逐点投影生成图像显示,在显示时需要大量的投影计算,影响系统效率。

MICAPS 第三版开发了快速图像投影算法,大大提高了图像投影生成的速度,减少投影计算次数。

3.4 地理信息应用技术

除基本地图和 MICAPS 第 9 类(非投影)数据外,系统还可以显示 MIF 和 SHP 格式的标准地理信息数据。用户也可以使用上述两类数据,但不能通过修改配置文件默认打开,可以通过修改菜单或综合图等方式打开这些自定义的地理信息数据。

MICAPS 第三版为了加快系统地理信息处理与显示效率,定义了一类二进制数据文件格式,并提供了基本数据,系统启动时可以读入这些数据,通过属性或菜单可以设置这些信息的显示与隐藏,也可以设置线条宽度、颜色、标注字体大小等。系统提供了全国封闭县界的数据,读入该数据后,鼠标在底图上移动,状态显示鼠标经过点的经、纬度及县名。

系统增加了全国七大江河流域的显示与控制,以及中国区域出图模板,可以快速定制全国、分省和流域裁剪显示。

3.5 数据分析技术

MICAPS 第三版提供了数据分析算法,包括矢量格点场的等风速线分析、散度和涡度计算,离散点数据的 cressman 和 baners 客观分析,以及离散点数据的三角网等值线分析,提供探空资料 50 多种的热力和动力学参数计算和垂直物理量分析,提供高空等压面观测要素的客观分析功能,提供探空数据的比湿计算,提供模式资料的平均、距平、地转风、梯度等计算功能。提高了系统对气象数据的综合分析能力和再加工的能力。

系统开发了根据预报等值线反演格点和站点值的算法,可将预报员主观预报合理插值到预报范围内指定位置上。

针对地理信息数据,实现了区域裁剪功能,可以实现指定多个多边形对显示区域的裁剪。开发了两个多边形区域的相对地理位置判断,该算法用于预警信号制作模块,实现画线区域识别功能,能够准确判断选择区域并加以描述。

4 未来发展

全球信息技术发展很快,发达国家也不断对其业务系统进行开发和升级,如美国正在发展 AWIPS 第二代系统,德国联合其他国家开发并部署了 Nino 系统并不断推出升级版本,英国和法国也对其业

务系统进行不断的升级和改进,提高资料分析和显示能力,强化天气监测和天气系统识别能力,增强系统交互能力,发挥预报员在天气预报中的作用。

随着气象事业的发展、各类资料会越来越多,防灾减灾需求不断增长,对基础性综合分析系统的要求会越来越高,结合预测预报体系的建设,需要 we 提高气象全国性基础工具的先进性、通用性、便利性、综合性和连续性。

MICAPS 第三版将向数据综合分析应用、高级人机交互支持、临近预警产品生成、预报流程支持天气三维模拟等方向发展,结合国内业务发展的需求和先进技术开发出可持续发展、先进、实用的气象信息综合分析处理系统,支持各项专业领域的天气预报业务需求,成为中国气象局整体业务支持平台。

5 结论和本地化应用建议

(1) MICAPS 第三版采用开放式构架开发,易于管理,系统扩展性强。

(2) MICAPS 第三版的开发以国家气象中心为主,联合多个省、地气象局和大学合作开发,这种方式较好地集中了各方面的研发和应用力量,为各参与方提供了锻炼人才的平台,积累了合作开发管理方面的经验,为系统应用和本地化培养了开发力量;是业务系统集约化建设的重要尝试,达到了统一设计、联合开发、优势互补、共同发展的目的。

(3) 希望各地加强本地使用工作,建立本地化业务数据环境,及时反馈使用中的问题和建议,并根据本地业务需求积极开展二次开发和本地化配置工作;国家气象中心和 MICAPS 系统开发组将加强对各级气象台站应用的技术支持,及时修正系统在实际应用中存在的问题,对建议和意见要及时整理和反

馈,并逐步完善系统设计和实现,定期发布更新版本。

国家气象中心将与省、地气象部门进一步加强合作,继续联合开发 MICAPS,在未来将能有更多的单位参与系统的设计和开发,为气象应用系统的开发培养更多的骨干力量,支持系统快速本地化应用,并支持本地的二次开发。

参考文献

- [1] 李月安,曹莉,沃伟峰,等.强天气监测和潜势预报系统[J].应用气象学报,2006,17(增刊):141-146.
- [2] 李月安,罗兵,曹莉,等.“MICAPS 3.1 用户使用手册”,2009:24-349.
- [3] 郑永光,王洪庆,陶祖玉,等. Windows 下二维气象绘图软件——客观分析诊断图形系统[J].气象,2002,28(3):42-45.
- [4] 刘淑媛,孙健,郭卫东,等.多普勒雷达数据处理显示系统[J].气象,2004,30(7):44-46.
- [5] 胡文东,黄小玉,赵光平,等.高空基本影响天气系统定量化自动分析研究[J].气象,2008,34(6):107-111.
- [6] Herb Grote. A Linux-based Weather Forecasting System for the NWS[G]. European Working Group on Operational Workstations (EGOWS), 2001.
- [7] Cressman G P. An operational objective analysis system[J]. Mon Wea Rev, 1959,87:377-403.
- [8] Barnes S L. A technique for maximizing details in numerical weather map analysis[J]. J Appl Meteor, 1964, 3:396-409.
- [9] Seaman R S. Tuning the barnes objective analysis parameters by statistical interpolation theory[J]. J Atmos Ocean Tech, 1989, 6:993-1000.
- [10] Jason P Tuell, Steve S Schotz, Ronla K Henry, et al. AW-IPS Technology Infusion-Status Update, 25th Conf. on Interactive Information and Processing Systems for Meteorology, Oceanography, and Hydrology, Phoenix, AZ, Amer. Meteor. Soc., 8A. 1