

MICAPS 中 T106 分析/预报场的“快照”效果^①

王元 潘益农 李翀

(南京大学大气科学系中尺度灾害性天气教育部重点实验室, 南京 210093)

钱余根

(江苏省气象局)

提 要

围绕日常天气预报的需求和为区域数值天气预报模式定义天气背景场和初值场的需要, 针对 9210 工程的 MICAPS 系统中 T106 谱模式的客观分析场和预报场的数据存储及显示中的截断误差问题, 提出了改进的方案, 并定量分析比较了 T106、欧洲中心 ECMWF、华盛顿 KWBC 和日本 JAPAN 数值模式对天气环流形势的“快照”效果和统计误差。

关键词: T106 模式 客观分析 截断误差 统计误差

引 言

MICAPS 系统的主要用途是为预报员提供一个业务预报的工作平台。该系统包含了极为丰富的资料信息和各种类型的分析预报产品。本文主要针对 MICAPS 系统中国国家气象中心全球业务预报谱模式 T106L19^[1] 的分析预报产品(以下简称 T106), 以 500hPa 高度场为例, 检验了 T106 的客观分析场的“快照”效果。许多大气科学家^[2] 都认为由于大气系统一直在不断地演变, 大气模式提供的某一时刻各种预报和分析产品无非是大气运动在此特定时刻的一帧“快照”而已。然而获得大气演变尽可能清晰的“快照”效果对于天气预报员对天气形势的分析判断却有着直接的影响, 为此我们讨论了影响其“快照”效果的 T106 数据的截断误差, 对 MICAPS 中有关 T106 数据处理流程中影响其截断误差

的程序进行了分析和修正。另外针对改进后的 T106 客观分析和预报场进行了误差统计检验, 目的在于研究 T106 分析场和预报场误差的时空分布, 比较 MICAPS 系统可提供的各种模式, 如 T106 模式、欧洲中心 ECMWF 模式^[3]、华盛顿模式(美国国家气象中心业务谱模式, 按照 MICAPS 系统的习惯称谓, 简称 KWBC)^[4] 和日本 JAPAN 模式(日本气象厅的业务 GSM 谱模式, 简称 JAPAN)^[5] 在中国区域的统计特征。

1. T106 客观分析场的“快照”效果

做天气分析需要有好的分析场, 计算机代替人工进行分析, 尽管大大的减少了工作量, 但是依靠计算机对高空观测数据进行插值处理, 需要有足够稠密的测站资料, 而在高原、沙漠、海洋等人烟稀少的地区, 资料的精度和密度是难以满足要求的。解决方法之一

① 本文由江苏省自然科学基金项目(BK99020), “973-CHERES”项目(G1998040907)资助

是利用大气数值模式提供的客观分析产品。在 MICAPS 系统中,除了提供根据台站网观测资料的插值分析场外(简称 MICAPS 插值分析场,下同),还有几个数值模式的客观分析产品。其中,国内的 T106 模式输出数据比较齐全规范,适合国内用户的需要,大多数观测要素有 11~14 层高度资料,空间格距为 $1^\circ \times 1^\circ$, T106 模式覆盖中国及其邻近区域,因此对于中国及其邻近地区的天气分析和预报, T106 模式具有不可或缺的作用。

分析比较 T106、ECMWF、KWBC、JAPAN 模式和 MICAPS 插值分析场的 500hPa 环流分析形势,显然诸模式的分析环流场彼此之间,以及与观测插值场都十分接近。由

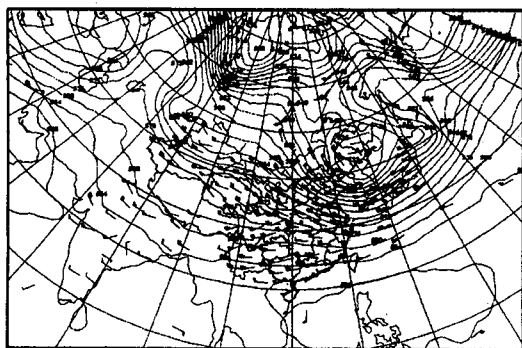


图 a 中国 T106 客观分析场

于模式内热、动力学诸条件较精确的约束,模式的客观分析产品提供了较观测插值分析场在动力学意义上更合理的客观分析场,对于资料密度稀少地区的高度场/风场,无疑是一种更具有说服力的近似。但是,与其它模式分析场相比较, T106 模式的分析等值线总显得扭扭曲曲,很不美观,影响了其“快照”效果,有的预报员因此怀疑 T106 的精度,不愿意使用。在经过本文(见下节)改进后,比较原 T106 的客观分析线(修正前,图 1a)和修正后的结果(图 1b),由于截断误差的减少, T106 的客观分析场的“快照”效果是完全可以与其他模式相媲美的。

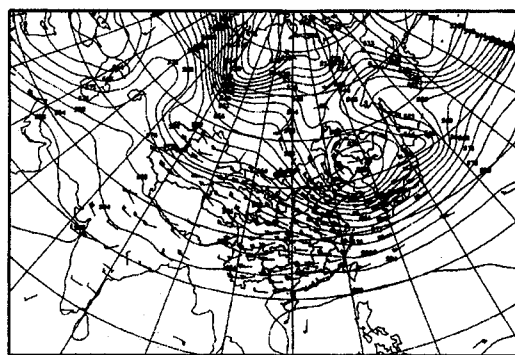


图 b 改进后的中国 T106 客观分析场

图 1 MICAPS 系统提供的 T106 模式 2000 年 4 月 22 日 20 点 500hPa 客观分析场(a)及改进后的 T106 客观分析场(b)

2 T106 数据存放的截断误差

为了更准确可靠地体现 T106 对于天气形势的“快照”效果和有效使用 T106 模式客观分析资料,有必要对其程序流程进行再核查以便分析它的正确性。事实上, T106 模式资料的分析系统部分并没有算法逻辑错误。我们在分析 T106 数据时发现, MICAPS 系统处理输出的 T106 文件中只有整数部分,比如 500hPa 的高度场文件只是以 508~587 之间的整型数存放,丢失了有效数字(有效数字达 12 位),造成的误差过大,等值线就被扭曲了。虽然大的天气环流背景不会被改变,

但无疑影响预报员对于天气系统的详细分析。

进一步核查 T106 数据处理原程序 `procnwp.c`(MICAPS 微机版存放在 `c:\micaps\datatran` 目录下),就会发现数据输出的格式定义有问题,只输出了整数部分,造成严重的截断误差。在原程序 `procnwp.c` 中找到对应的格式控制语句,将“%8.0f”(c 语言意义为 8 位整数)改为 %8.2f(c 语言意义为 5 位整数,2 位小数)。重新编译取代原来的 `procnwp.exe` 就可以修正上述的问题。详细的修改如下文所示:

①在程序 Procnwp.c 中,需要修改的地方如下:

```
(228 行): fprintf (fc, "% 8.0f", ddd [i]
[j]);
(233 行): fprintf (fc, "% 8.0f", ccc [i]
[j]);
(342 行): fprintf (fc, "% 8.0f", ddd [i]
[j]);
(347 行): fprintf (fc, "% 8.0f", ccc [i]
[j]);
(476 行): fprintf (fc, "% 8.0f", ccc [i]
[j]);
(484 行): if (i < xdim) fprintf (fc, "%
8.0f", ddd[i][j]);
(485 行): else fprintf (fc, "% 8.0f", ccc
[0][j]);
(619 行): fprintf (fc, "% 8.0f", ccc [i]
[j]);
(627 行): if (i < xdim) fprintf (fc, "%
8.0f", ddd[i][j]);
(628 行): else fprintf (fc, "% 8.0f", ccc
[0][j]);
(773 行): fprintf (fc, "% 8.0f", ccc [i]
[j]);
(861 行): fprintf (fc, "% 8.0f", ccc [i]
[j]);
(868 行): fprintf (fc, "% 8.0f", ddd [i]
[j]);
```

②在程序 procnwp.c 中,修改如下(下划线表示修改的位置):

```
if((fc = fopen(out_file, "w")) == NULL){
printf("Can't open file %s \n", our_file);
continue;
}
if(itim == 0)
fprintf(fc, "diamond 4 %d 年 %d 月 %d 日
%d 点 %s_ %s %s %s 分析
", yy0, mm0, dd0, hh0, nwp_name, level[ilev-
```

```
el], element[ielement]);
else fprintf(fc, "diamond 4 %d 年 %d 月 %d
日 %d 点 %s_ %s %s %s %d 日 %d 点预报
", yy0, mm0, dd0, hh0, nwp_name, level[ilev-
el], element[ielement], dd1, hh1);
fprintf(fc, "\n %d %d %d %d %d %s",
yy0, mm0, dd0, hh0, atime[itime], level_dir
[ilevel]);
fprintf(fc, "% 8.3f % 8.3f % 8.3f % 8.3f %
8.3f % 8.3f %d %d", jj[iregion], wj[ireg-
ion],
sj[iregion], zj[iregion1], sw[iregion], zw[ire-
gion], 2 * xdim - 1, ydim);
fprintf(fc, "\n %5.1f % 8.1f % 8.1f 0 0", jg
[ielement], an, am);
for(j = 0; j < ydim; j++) {
fprintf(fc, "\n");
for(i = 0; i < xdim; i++) {
if(i % 10 == 0) fprintf(fc, "\n");
fprintf(fc, "% 8.2f", ddd[i][j]); /* (476 行)
*/
}
k = 10 - xdim % 10;
for(i = 1; i < xdim; i++) {
if(i - k) % 10 == 0) fprintf(fc, "\n");
fprintf(fc, "% 8.2f", ccc[i][j]); /* (484 行)
*/
}
}
fclose(fc);
```

为了比较修正前后的结果,我们将修正前后的结果首先进行插值分析,求得其在各高空观测站位置的插值,然后再计算与测站观测值的均方根误差(5个月的总体均方根误差),可以发现修正后的结果的误差远远小于修正截断误差前的误差(图略)。

3 改进后 T106 预报场统计检验

T106 客观分析场的修正同样可以应用

到 T106 模式预报场的改进上。其效果究竟如何,需要有一个客观定量的分析检验。特别是在 MICAPS 系统中 T106 模式、欧洲中心模式、日本模式和华盛顿模式在中国区域各自的预报效果以及彼此间的客观定量比较,对于预报员客观地判断预测天气形势发展尤为重要。

在各模式输出的共同区域上,将检验区域定在以中国为中心的欧亚大陆及其邻近海域,因此取 20~80°N、40~160°E 的区域内,资料样本取自 2000 年 1 月 1 日到 2000 年 5 月 30 日每天 20 点的上述各模式预报产品序列资料,计算 500hPa 客观分析高度场以及 1~6 天的预报高度场的误差及相关系数。由于这里考虑的是 1 周内短期预报的统计检验,5 个月的样本数足以反映短期预报的统计特征。事实上, Milton^[6] 等人在 1991 年根

据 91 个样本对于全年 1~5 天的预报技巧 (forecasting skill) 做出了公认的客观评估。在我们的检验中,在除去缺数据的天数后,每个模式计算样本都达到 100 个以上,表 1 列出了实际参与计算的实测探空资料的样本数。为了便于比较,各个模式预报场都统一地按照 5°×5° 解析度获取数据 (13×25 个点),通过将 T106 模式、欧洲中心模式、日本模式和华盛顿模式的客观分析和预报场数据插值到中国区域高空探测站点位置,并与实测探空资料比较(以相对应的 5 个月实测探空资料为“真值场”计算总体均方根误差)。比较结果列在表 2 中,不难发现,如果以中国及邻近区域的实测探空数据为标准,各模式之间的差别很小, T106 模式的预报精度是完全可以与欧洲中心模式、日本模式和华盛顿模式相媲美的。

表 1 利用实测探空资料计算各个模式分析/预报场的均方根误差所用的样本数 (2000 年 1 月 1 日至 5 月 30 日)

	客观分析	24 小时	48 小时	72 小时	96 小时	120 小时	144 小时
ECMWF	123	123	123	123	125	126	124
KWBC	124	124	123	-	-	-	-
JAPAN	122	122	122	122	-	-	-
T106	120	120	120	120	119	118	119

注:表中“-”代表 MICAPS 系统无预报产品输出,下同。

表 2 各个模式分析和预报场与实测探空资料比较的均方根误差(单位:10gpm) (2000 年 1 月 1 日至 5 月 30 日)

	客观分析	24 小时	48 小时	72 小时	96 小时	120 小时	144 小时
ECMWF	1.8528	2.3959	2.7071	2.8216	2.8452	2.8494	2.8808
KWBC	1.8506	2.3937	2.7263	-	-	-	-
JAPAN	1.8258	2.4040	2.7301	2.8407	-	-	-
T106	1.9035	2.4502	2.7708	2.8699	2.9212	2.9750	3.0470

从表 2 还可以看出, T106 模式的预报误差主要来自客观分析场的误差。分析各模式的均方根误差的空间分布(图 2), T106 客观分析场的误差在中国以北、以西的广大地区明显偏大。

5 结论

围绕 MICAPS 系统中 T106 谱模式的客观预报产品的应用,初步探讨了 T106 的截

断误差的改进。并在此基础上定量分析比较了 T106、欧洲中心 ECMWF、华盛顿 KWBC 和日本 JAPAN 数值模式对于天气形势的“快照”效果和分析/预报场的统计误差。分析表明经过改进后, T106 的客观分析/预报场误差减小,更加平滑,因而更易分析预报。并且与欧洲中心 ECMWF、华盛顿 KWBC 和日本 JAPAN 数值模式相比,它们之间的预

报场误差差别很小,所以 T106 模式的高空环流场预报结果完全可以与国外的这些模式相媲美。

进一步地,由于 T106 模式的分析场和预报场误差的量级相当,因此我们认为 T106 模式的误差源主要来自于其客观分析场误

差,即固定误差^[7]。根据 Keyser 和 Anthers^[8]的观点,如果能够进一步地改进模式的下边界条件的适定性,即如果中国区域下垫面强迫和相应参数化问题得到比较好的解决,T106 模式的预报准确性水平可以得到较大的提高。

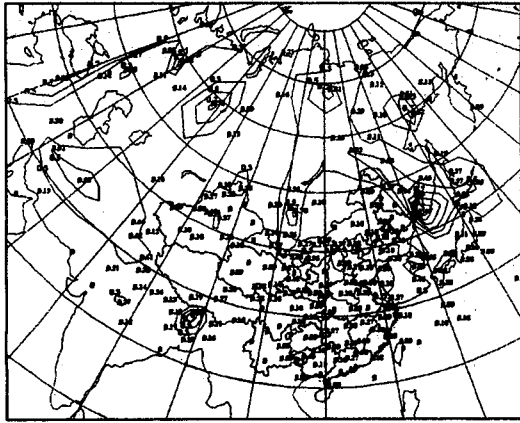


图2a ECMWF

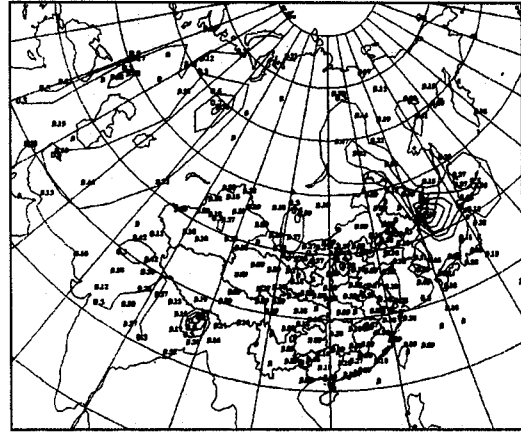


图2b JAPAN

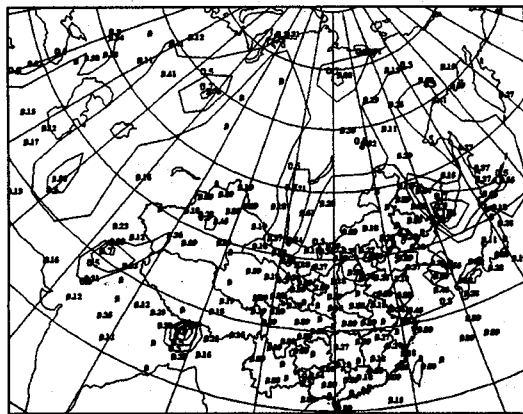


图2c KWBC

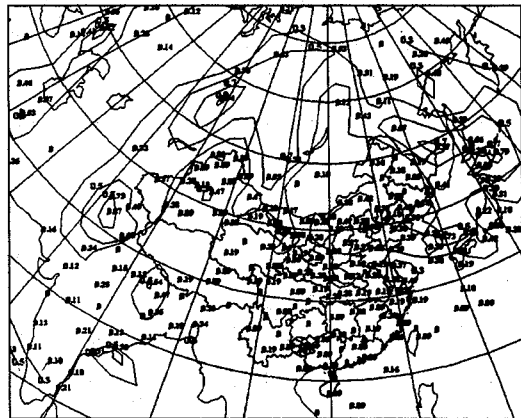


图2d 改进后 T106

图2 各模式客观分析场相对于实测探空资料的误差空间分布

a. ECMWF, b. JAPAN, c. KWBC, d. 改进后 T106

参考文献

- 1 中国气象局科教司. 省地气象台短期预报培训教材. 北京:气象出版社,1998:74~85.
- 2 柳崇健. 若干著名的全球大气环流模式的比较. 数值天气预报中的若干新技术(廖洞贤,柳崇健主编). 北京:气象出版社,1995:392~402.
- 3 Simmons.J. The ECMWFM medium-range prediction

- models development of the numerical formulations and the impact of increased resolution. *Meteo. Atmos. Sci.*, 1989, 40:28-60.
- 4 Bourke, W. Global modeling of atmospheric flow by spectral methods. *Computational Physics*. New York: Academic Press, 1977(17):267-324.

(下转第 17 页)

(上接第 7 页)

- 5 山崎道夫, 广冈俊彦. 气象与环境科学. 台北: 养贤堂, 1993: 321~330.
- 6 Milton, S. F, Richardson, D. S. and Dickinson. A practical extended-range dynamic forecasting at UKMO. Long-range forecasting research Report (WMO/TD). 1991, 14 (395): 189-192.
- 7 Pielke, R. A. 张杏珍, 杨长新译. 中尺度气象模拟(中译本). 北京: 气象出版社, 1987: 485~488.
- 8 Keyser, D. and Anthers, R. A. The applicability of a mixed-layer model of the planetary boundary layer to real-data forecasting. Mon. Wea. Rev. 1977, 105: 1351-1371.

Snapshot Effect of T106 Output of MICAPS system

Wang Yuan Pan Yinong Li Chong

(The Key Laboratory of Mesoscale Severe Weather, Ministry of Education, Department of Atmosphere Sciences, Nanjing University, 210093)

Qian Yugen

(Jiangsu Meteorological Bureau, 210009)

Abstract

For the need of daily weather prediction and an urgent call for the definition of ambient field as the initial input of regional forecasting model, the problem of truncation error in T106 dataset stored and displayed in MICAPS is discussed and indeed has been solved. The image-snapshot effects of the spectra model T106 of China were also quantitatively analyzed, the ECMWF model, the JAPAN model and the KWBC Model, as well as their levels of statistic errors.

Key Words: T106 model objective analysis truncation error statistic error