

## 逐次订正客观分析的双 CPU 并行运行试验\*

牟道楠 王宗皓  
(国家气象局卫星气象中心)

### 提 要

本文讨论利用 IBM4381-P03 型计算机双 CPU 进行气象卫星和常规数据处理分析的并行运算方案。初步试验结果表明,在气象数据整理分析中利用双 CPU 的并行运算功能,其加速比可以达到 1.5 到 1.93。

### 一、引 言

气象数据的客观分析也叫做计算机分析或数值分析。大尺度天气数据分析常用逐步订正法、多元统计法、变分法和正规方法等;中尺度天气分析常用 Barnes 方法、递归法、变分法和逐步订正法。向量计算机和多 CPU 计算机出现以后,为了充分利用计算机的设计速度,必须重新修改设计数值分析方案及软件。气象卫星探测数据和常规仪器观测数据的数值分析有其特殊性,它不同于大气科学和海洋科学中的计算问题,气象数据处理运算没有自然顺序,输入数据地点有随机性,数据有冗余性,而且必须对输入信息进行质量控制。这是气象数据整理分析课题的特点。气象海洋科学计算中,如数学物理初值问题、边界值问题和特征值问题等的多 CPU 并行算法顺序较统一,并行效果也比较明显<sup>[1-7]</sup>。本文讨论气象资料整理分析的双 CPU 并行运算方案,将 Cressman 逐步订正客观分析方案修改为用双 CPU 并行运算方案,目的是开发利用卫星气象中心的 IBM4381-P03 型计算机的双 CPU 并行运算功能,使之不仅用于气象海洋科学计算问题,而且用于气象资料整理分析问题。重点是比较双 CPU 的并行计算加速比。加速比的含义是指在同样的问题、同样的数据、同样的运算结果条件下,串行计算 CPU 时间与并行计算的 CPU 时间之比值。显然该比值越大,表示并行计算的意义越大。

国家气象局卫星气象中心的 IBM4381-P03 型计算机系统,在 MVS 支持下的 VS FORTRAN 具有多道任务功能,简称 MTF<sup>[2-4]</sup>。利用它可实现程序的并行运算。一般串行程序的运行是由一个 JCL 过程提交的,其中包括编译、连接、执行。但是并行程序的运行则不

本文 1990 年 4 月 24 日收到,6 月 21 日收到修改稿。

\* 中科院大气所开放实验室及非教育系统科技活动资助本课题的经费。

同,它是由三个不同的 JCL 过程提交的。先是对主程序及子程序中的非并行部分编译、连接装填成目标模块,再对并行部分的子程序编译、连接装填成目标模块,最后提交执行。本试验采用区域分解法,将分析区域分成测站数近似相等的两个子区域,用同样的算法由两个 CPU 独立执行。

## 二、气象资料的并行整理分析方案

客观分析方法的中心思想是把分布不规则的实测记录,内插到规格的网格点上,以供数值天气分析、绘图和预报使用<sup>[8]</sup>。具体方案见参考文献[9]。进行逐步订正法的并行程序设计时,由于 MTF 的一些限制,以下几点需注意:

(1)MTF 只允许程序中出现一级并行,不允许有多级并行。

(2)要由用户自己建立目标模块库,存放编译、连接所产生的目标模块。这不同于串行程序的目标模块库是由系统生成的,目标模块只暂驻其中,每次执行要重新通过编译、连接生成。并行程序的目标模块一经生成便常驻库中,每次执行不必再重新生成。

(3)并行子任务内不允许有 I/O 语句。

并行程序设计时与分析场有关的数组其下标变量的定义,应采用浮动方式。例如原数组的定义方式为:

```
DIMENSION FLD(NI,NJ)
```

在并行程序中就应定义为:

```
DIMENSION FLD(MI : NI,MJ : NJ)
```

这是因为进行客观分析的网格是有原点及纵横坐标的,如果忽略了这种浮动定义方式,会造成同一区域中用不同数据分析两次,而在另一区域中则漏分析的错误。并行运算之前,应先将分析数据区域一分为二,并在分界处每块各加上相当于最大扫描半径距离内的重叠数据,以减少区域分割产生的内边界引起的分析错误<sup>[5]</sup>。在两块区域内分别进行客观分析之后,需去掉两块区域边界上的重叠数据。经这样处理后的两块区域分析结果拼在一起,还原成一张完整的分析数据图,然后进行平滑输出结果,得到一张完整的斑马图、区域数据点阵或计算机绘制的分析天气图。

并行程序设计初期,我们只简单地在区域分裂的基础上,将凡可并行处理的子程序都放到并行计算部分中去,这样做的效果并不理想。在用常规资料做的串行与并行比较分析试验中,并行计算比串行计算时间长,原因是许多时间花在了对资料的质量控制上。另外,无论分析区域有何变化,都须按不同区域的要求对同样数量的资料进行加工整理,因此并行计算中这部分是重复的。加之常规资料的实测数据只有 167 个,故计算量较小。在用卫星资料及卫星和常规资料同化的另外两个串行并行对比试验中,数据量大大增加,计算量增大,并行效果明显。此时加速比在 1.4—1.5 之间。我们进一步对程序的处理流程进行调整和优化,将费时的数据整理部分分离出来,改编为两个子任务。其中一个对数据筛选和分离的子程序放在串行部分,另一个排序计数的子程序放在并行中(见图 1)。流程图 1 中两虚线框的内容是等价的。修改后的流程图中无重复操作,消除了前面提到的串并行计算时间倒挂的现象,加速比明显提高,达到 1.50—1.93。

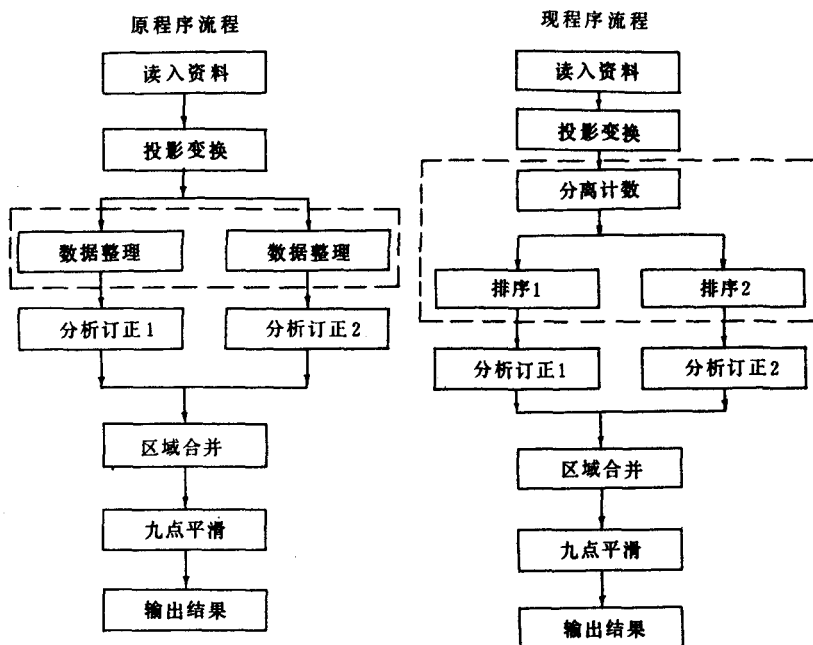


图 1 流程图

### 三、试验数据和结果

用双 CPU 进行逐次订正客观分析并行计算,选 1986 年 8 月 6 日 12 时 1000—500hPa 厚度场共做了三种试验,比较串行和并行运算的加速比:

- (1) 只用常规资料的串行和并行分析试验;
- (2) 只用卫星资料的串行和并行分析试验;
- (3) 卫星和常规资料同化的串行和并行分析试验。

试验中网格的坐标原点在(20°N, 85°E), 格距分别为 100 和 200km, 是一个正方形网格。网格覆盖区域为 20°—60°N, 85°—125°E。试验使用厚度场资料, 常规资料来源于 GTS 线路, 卫星资料来源于 NOAA-9 的 TOVS 反演资料。

试验结果表明: 串行和并行计算的结果是一致的, 逐次订正的次数一样多, 证明了分析天气图的区域可分割性, 提高了运算效率。表 1 是三种试验的 CPU 时间和订正次数。表 2 中列出的是加速比。

由表 2 可见, 网格区域格距的变化对加速比也有影响, 格距缩小时加速比增大。这是由于覆盖同样的区域时, 格距缩小, 格点增加, 故计算量增大, 效益也更明显。

表1 CPU时间比较

数据	方式	订正次数		CPU时间(秒)	
		100km	200km	100km	200km
常规资料	串行	7	9	2.42	1.95
	并行	7	9	1.52	1.30
卫星资料	串行	10	10	10.37	6.80
	并行	10	10	5.37	4.11
常规和卫星资料同化	串行	10	10	12.45	8.11
	并行	10	10	6.69	4.77

表2 加速比

资料		常规	卫星	常规+卫星
加速比	100km	1.59	1.93	1.87
	200km	1.50	1.65	1.70

#### 四、结束语

通过试验可得出如下结论:(1)在同样数据、同样问题、同样计算结果条件下,并行计算与串行计算相比,并行计算可提高时间效率1.5—1.93倍。(2)加速比值随资料的变化而稍有改变。因为每种试验使用数据点的个数不相同,常规资料167个点,卫星资料821个点,卫星与常规同化资料988个点。数据量越多,计算量越大,并行效果越明显。本试验只是小区域范围的,如果进行半球或全球区域多层次上的客观分析,并行计算效果将更加显著。(3)IBM4381-P03型双CPU计算机的并行处理功能,在气象数据处理分析中,如同在科学计算问题中一样,可以得到明显的加速比。

**致谢:**感谢毛建平提供分析用的数据和串行计算程序,感谢陈贇中在分析工作进行中的有益的讨论。

#### 参 考 文 献

- [1] 王宗皓,吴津生,基于联机运算的大气模式设计及其算法的探讨,中期数值天气预报文集,气象出版社,1982年。
- [2] 王宗皓,IBM4381-P03双CPU计算机实现NWP模型的并行计算,应用气象学报,1,1,1990。
- [3] 蒋波,YH-1计算机的并行计算实验,卫星气象中心印,1988年。
- [4] 陈贇中,王宗皓,双CPU并行算法求解Poisson方程零边界值问题试验,应用气象学报,1,2,1990。
- [5] 王宗皓,陈贇中,特征值问题的双CPU并行计算,Annual Report,LASG,中科院大气所开放实验室印,1989年。
- [6] 韩卫清,王宗皓,一种中尺度滤波方法及其在卫星资料个例分析中的初步应用,应用气象学报,1,4,1990。
- [7] 蒋波,IBM4381-P03双CPU并行处理功能开发利用,国家气象局气科院研究生毕业论文,1988年。
- [8] 廖洞贤,王两铭,数值天气预报原理及其应用,气象出版社,1986年。
- [9] 孙冬联,黄继红,卫星资料对中尺度客观分析的影响个例试验,气象,16,10,1990。

