

资料客观分析会议

Edward L. Carr

(会议组织者)

摘要 空军全球天气中心 (AFGWC) 在 1985 年 10 月 2—4 日举办了一次资料客观分析会议。这是一系列资料分析会议的继续。参加者有各政府管辖的数值天气预报机构的业务气象学家和研究气象学家。

会上各参加机构各自评述了他们的现行业务状况和未来的计划。然后报告了与资料分析有关的论文, 随后分小组就资料客观分析的气象问题和计算问题进行了讨论。

会议期间取得了以下结论, (1) 最优插值是数值天气预报机构使用的最普遍的方法, 而且它有利于对各种不同观测平台所测得的资料进行同化。(2) 很有希望的工作是继续将新的资料源引入分析模式中去。(3) 大多数的分析方案之间的主要差别是所采用的质量控制方案不同。(4) 如果存档过程中增加协方差统计, 那末就有可能进一步改善资料同化。

1. 引言

1985 年 10 月 2—4 日在内布拉斯加州的俄马哈市召开的资料客观分析会议是在 1983 年 11 月 8—9 日在国家气象中心(NMC)开始, 而后于 1984 年 10 月 15—18 日在加利福尼亚州蒙特雷市召开的一系列会议的基础上

召开的(Barker 和 Rosmond, 1985), 而且这次会议被推向一个更高水平。代表们来自 9 个不同机构。这次会议的中心议题由向量处理计算机及其有效使用转移到资料分析技术方面。主要的重点是质量控制, 统计客观分析中所使用的协方差模型和四维同化。

各参加单位普遍使用的分析方法是多元

统计(最优)插值方法,这方法先后由 Gandin (1963), Schlatter (1975), Rutherford (1976), Bergman (1979) 和 Lorenc (1981) 研究和描述过。每个中心都讨论了对这种类型分析所作的改进和修改。

会议有四个议程。

(1) 每个参加机构介绍它的现行业务和未来的计划。

(2) 报告与资料分析主题有关的论文。

(3) 特邀欧洲中期天气预报中心(ECM-WF)代表 Frederic Delsol 和 Peter Lönnberg 分别就“欧洲中心对从 GTS 来的观测资料进行可用性监控和质量监控”和“欧洲中心的分析系统”做了大会发言。

(4) 会议成员分组讨论资料客观分析的各种气象和计算问题,并在大会上交换了各组的想法和结论。

本文将介绍这两天半会议期间所取得的要点和结论。

2. 同化系统概要

a. 设计

统计插值或最优插值方法中通常应用的两个方法是所谓的盒子法和格点法。这两种方法在求解矩阵方程时都采用了较长的向量长度。目前,大多数的中心仍使用格点法,但是增加了观测资料的数目,因此缩小了盒子法和格点法之间的差别。然而,盒子法沿着边界则遇到了问题,为了保证边界上观测资料选取的均匀性必须使盒子与盒子间部分重迭。格点法所遇到的问题则是在每个格点上计算了多余的相关函数。各个中心(包括区域观测和预报服务计划(PROFS)和戈达德大气实验室(GLA))都修改了他们的格点法,改进了多余计算的问题,建立了四点盒子法,该方法对每一组四个格点使用相同的一组观测资料。

b. 资料源

使用最优插值方法的理由之一就是它能增加不同资料源的数目。几个中心已开始做

除了目前使用的无线电探空测风资料、卫星探空、飞机报告、地面天气报告和云移动风矢量等资料外,增加新资料源的试验。

Peter Lönnberg 利用 ECMWF 目前的距离权重订正方法试验性地分析了来自卫星探空报告的可降雨含水量资料。这样,由于“加湿”了资料稀少地区的下垫面和“加湿”了热带和副热带地区对流层下部的空气从而改进了降水量的预报。ECMWF 计划把卫星资料使用到他们的三维最优插值的高空湿度分析中去。加拿大气象中心数值预报研究室(RPN-CMC)的 Cecilien Charette 初步完成了利用地球静止业务环境监测卫星(GOES)的红外和可见光图象推断饱和地区的试验(Benoit 等 1985)。

系统和应用科学公司(SASC)的 Donald Norquist 与空军地球物理实验室(AFGL)签订有合同,比较了三种湿度资料源:(1)卫星探测的层可降雨含水量;(2)从地面天气观测推测的高空相对湿度;(3)从美国空军(USAF)三维云分析得到的云量所推测的高空相对湿度。他发现由卫星探测推导求得各层可降雨含水量和无线电探空测得的相对湿度之间的均方根差太大;但是利用 Chapparrish (1977)的方案从云量转换计算相对湿度的试验得到了可喜的结果。

NOAA 环境研究实验室(NOAA/ERL)的 Stan Benjamin 指出在中尺度分析和预报系统(MAPS)中如何使用 VAS 探测资料 和从 NOAA/ERL Colorado 观测网获得的风廓线仪的资料。

NMC 的 Lauren Morone 指出,当 NMC 的区域最优插值方案增加垂直方向的分辨率时,使用无线电探空的特性层资料是有意义的。GLA 和 AFGWC 在他们的全球最优插值方案中都使用了特性层资料,因为每一个分析格点需要使用的资料项目数很大,并且对接近特性层资料作了平均。

c. 资料收集和寻找

由于实用的考虑(过高的计算机开支)不

允许最优插值方法对每一个分析点使用所有的观测资料。分析使用格点法的那些机构都采用三种方法:距离,距离和方向以及最高相关(见表1)。Cliff Dey 说明了 NMC 如何利用他们的向量化分析程序的优点实现建立所有 9 个相关函数基础上的选择算法。Peter Lönnberg 阐明了欧洲中心资料选取所使用的盒子法。除了按照与分析盒子中心的距离分类以外,还在每个盒子内将观测资料按子盒子分类,以便保证资料的均匀分布。然后根据盒子内的观测资料的数目多少,将资料全安排在 1000—10hPa 的一层内或分配在以 1000—700—150—10 hPa 为界的三层内。这种方法多少有点类似于 Barker 和 Rosmond (1985) 所描述的方法,该方法在比网格盒子大的盒子中均匀地选取观测资料,然后用其它有关的观测资料填补直到信息数组填满。

几乎所有的中心都采用了或计划采用某种类型的平均或删除程序来删除空间分布过密的观测资料,通常称为“超级观测”。

由于在低层或高层排除了不能使用的某些其它类型的资料,做单层资料的嵌入就可能引起分析模式中垂直质量运动的不平衡。RPN-CMC 的 Cecilien Charette 为了解决单层的资料的使用,计划在 Rutherford (1976) 所提出的分裂水平-垂直方案中引进三维的计算公式。Lauren Morone 指出 NMC 在区域的最优插值方案中,通过对空气柱中类似的观测报告进行平均和减小分配到平均观测资料上的误差来处理这一问题。这里讨论的所有对资料选取的改进技术中,一致认为增加每个网格点的资料数目是使分析中得到最大改善(表1)的一个途径。

d. 质量控制

ECMWF 的 Frederic Delsol 评述了 ECMWF 为业务资料监控而开发的各种不同方法。这些方法包括实时监控和事后监控。实时监控主要是用观测资料与初估值的比较而进行的。例如,在观测点的实时监控期间向量差的箭头图形表示能够很快地显示

表 1 资料选取的方法和每个分析格点所使用的资料数

机 构	方 法	资料数/分析格点
AFGWC	距离	35
ECMWF	盒子	200
ERL	距离和方向	24
GLA	距离	60
NEPRF*	盒子	200
NMC		
全球	最高相关	33
区域	距离	30
RPN-CMC	最高相关	8

* NEPRF 即海军环境预报研究机构

出初估场或观测场的潜在错误。但是,每天的实时监控却很难发现同化过程的系统性偏差。

对无线电探空,船舶和飞机高空报(AIREPS)等资料均匀覆盖区域的事后监控,发现上述区域的初估场频繁地被更新了。这些事实证实了预报模式中可预料到的系统缺陷。各种报告(包括资料类型,平均误差和均方根误差)的月报表和图形显示能够很快地识别出可疑的观测资料并向 WMO 报告。按报告的类型和层次进一步分类能够揭示出指定观测位置的系统性偏差。

类似的技术已推广到卫星资料,但这里作统计解释必须考虑初估值的误差。为了剖析问题,对常规观测资料进行相同的统计,然后与卫星资料的统计结果比较。如果相互独立的观测系统的统计结果完全一致将说明初估场有问题。在欧洲中心已经证明这个方法在研究观测误差的空间分布和初估值误差的空间分布方面是一个有力的工具。

按月编辑的观测资料的均方根误差使得 ECMWF 能够更新最优插值分析中使用的仪器误差,以反映最近的观测资料的质量。

几乎每个中心继续使用明显性错误检查(观测值减初估值)来删除坏的观测资料。Peter Lönnberg 报告了欧洲中心的质量控制方案。对于使用多元最优插值方法,这方案是目前为止最成熟的质量控制程序,它考

虑了观测误差、插值误差和最优插值统计的不可靠性。AFGWC使用一个类似的误差鉴别方法,使用对初估值的偏差来识别可疑的观测资料,然后在每一个可疑观测点上进行最优插值分析。

大多数的中心继续使用称作“buddy check”的观测误差鉴别技术。这方法是用一个指定的观测资料和邻近的观测资料作比较(Bergman 1979)。

ERL的Stan Benjamin报告了他们的区域最优插值模式使用的、成熟的主观质量控制。这些控制允许操作者使用客观的技术对质量控制进行再检查。进行这种检查的有效工具包括T-log p 热力学图解和观测资料填图。气象学家可以修改观测资料或检查质量控制的标记;有经验的操作者一般在10到15分钟内就能对北美的无线电探空资料再检查一遍。

e. 协方差模型

观测值减初估值的水平协方差用描述模式误差的解析函数来模拟。表2中列出了水平方向现在所使用的函数和未来将要使用的函数。对于多变量协方差的确定,与高度选取什么样的函数有相当重要关系,因为解析曲线的形状确定了多变量方案中的高度-风和风-风的协方差。

二次自回归模型(SOAR)(Thiebaut等,1986)和傅里叶-贝塞尔级数模型(Lönnberg和Hollingsworth,1986)代表了最完善和目前对大气特征的预报误差最好的水平统计结构函数。

垂直相关函数也很重要,特别是对单层资料更是如此。Peter Lönnberg介绍了欧洲中心所使用的新的垂直相关函数。他们使用了ln p的6次多项式的连续垂直相关函数(Lönnberg和Hollingsworth,1986)。

Stephen Bloom报告了GLA当前正在做的工作,就是对依赖气流垂直变化和依赖地理位置的水平相关函数的研究。垂直变化的结构函数在500 hPa以下各层之间显示了

表 2 协方差模型

机 构	结构函数	预期的函数
AFGWC	高斯	高斯
AFGL	高斯	高斯
ECMWF	贝塞尔	贝塞尔(按地理位置、尺度、倾斜、各向异性分层次)
ERL	衰减的余弦	二次自回归
GLA	衰减的余弦	二次自回归(按地理位置、尺度、倾斜、各向异性分层次)
NEPRF	衰减的余弦	二次自回归
NMC		
全球	高斯	高斯
区域	高斯	高斯
RPN-CMC	高斯	二次自回归或三次自回归

最大的差别。关于依赖气流的函数,对不同的气流结构它仅显示了略微不同的相关。使用依赖地理位置的相关函数的初步结果表明,对四、五天的预报略有改善。这可能正是一般最优插值方法问题的症结所在(在规定的分析时间应用整体的误差相关统计),或者说是结果对所使用的相关模型反应不敏感。计划用不同的预报误差协方差和依赖时间的相关函数做进一步的试验。

f. 未来的计划

正如Stephen Bloom的报告中所提到的,大多数中心都计划改进预报误差协方差的模拟。NMC计划增加分析格点和初估值模式(带有成熟的物理参数化方案)使达到相当于40个波的分辨率。NMC的Brad Ballish指出在不久的将来将消除目前国家气象中心业务分析中的几个缺陷。在东西方向增加网格点(特别是在近极地)并从网格点风直接计算散度和涡度的谱系数,以及从散度和涡度直接计算风的谱系数,这将大大减小虚假的极地风速。ECMWF已经计划增加同化系统的垂直分辨率。有几个中心计划在他们的资料质量控制步骤中增加检查,通过时间、水平和垂直一致性检查增加可靠性。

ECMWF和ERL都计划开发一个卫星资料内部物理反演方法,并可能在最优插值

中使用晴空辐射。GLA 计划用 Williamson 和 Daley(1983)所建议的与正交模初值化一起进行迭代的最优插值分析方法,并着重改进热带地区的分析。

3. 客观资料分析的气象问题

分组讨论了质量控制的重要性。指出分析之间的最大差别常常是归因于质量控制的差别。虽然卫星资料是有用的,但是评价它们是困难的,因为卫星探测常常是在无线电探空覆盖区域之外。在改进卫星探测质量的尝试中,建议使用深厚的卫星厚度资料*来检查资料稀少地区的其它观测资料。对于实时作业人工干预仍然是非常有用的办法。在区域分析中预报员的干预是很有用的,因为对区域分析,每个单一的观测资料都有较大的影响,而且局地的气象知识在区域分析中也具有很关键的作用。只要气象学家注视着风暴区域和可疑的观测点,这种质量控制方法也可以适用全球的分析。然而,提供所有的有关余差和有关的删除判据的信息是非常重要的。在 NMC 的区域分析预报系统(NMC RAPS)中对接近临界余差所使用的有力方法是改变权重而不是作出好坏的取舍。

为了进一步了解结构函数的性质,在协方差模拟讨论中强调了对存档资料的统计研究的必要性。欧洲中心代表对改进观测和预报误差提了几点建议。调整分析预报系统,可获得一个光滑的预报误差场,它与观测资料研究的结果更相匹配。在资料稠密地区对无线电探空测风仪(某种类型仪器的观测网)的研究可以减小观测误差。这样的研究既可对观测误差(一个精确相关和观测相关之间的差)又可对预报误差得到一个估量。

湿度分析的讨论围绕着什么是分析中使

用的“最好”的湿度变量;对所有变量都有赞成的和反对的。然而有一点却是一致的,即需要限制使用靠近的观测资料数,为的是避免带进越过锋区的资料,以致实际上破坏这些过渡带。讨论了增加额外的资料来源的问题,例如现在天气、观测的云高和卫星反演的湿度探测被认为是有用的,但是需要进一步试验揭示它们的全部的潜力。类似地,在初估值模式中的湿度问题需要解决。需要考虑的是,① 模拟各种下垫面上实际的蒸发,② 对流方案的改进要对整层大气进行而不是仅仅局限于对流层。

4. 结 论

从这次会议讨论可得到以下结论。

(a) 最优插值方案是业务中心使用的最主要的方法。因为它有利于同化具有不同观测误差的不同类型观测平台的资料。

(b) 利用最优插值对于很多不同的资料来源做了试验,这些资料包括卫星探测的可降雨含水量资料、云分析资料、VAS 资料、风廓线仪和无线电探空特性层的资料。试验结果混杂不清,因为某些新资料来源仍然有较大的偏差。为了嵌入这些新资料仍然需要开发新技术。

(c) 对分析质量的最大的改进是通过采用格点法和对每个网格点增加资料条款的数目而达到的(这样的改进可以用正交模初值化以后的改变量来度量)。

(d) 欧洲中心所使用的质量控制方法是最成熟的自动控制程序。但是,如果能提供足够的工具来估计可疑的观测资料,再利用训练有素的气象工作者进行主观的人工干预,质量控制就更有保证。

(e) 为了改进资料同化,有关资料存档应加入业务流程,以便进行协方差的统计工作,然后将这些统计结果分为很多可能的类别。

(f) 根据总体的误差统计求得的协方差模型,用在某个特定的分析时间,这可能是当

* 因为深厚的卫星厚度资料具有较小的观测误差。卫星探测的资料一般是两标准等压面之间的厚度,并且是两等压面之间的厚度越厚,它的相对误差越小。例如,1000—150 hPa 厚度探测资料的相对误差要比 1000—700 hPa 厚度者小。所以在其它资料稀少的地区,可以用卫星探测的较厚的厚度资料去检查其它资料——译注。

今最优插值方法普遍存在的缺点。

Vol. 68, No. 5, May 1987

刘金达译自《**Bulletin of the American Meteorological Society**》

郭肖容校