

吴晓. 用卫星 OLR 资料估算中国大陆月降水量[J]. 气象, 2011, 37(1): 99-102.

用卫星 OLR 资料估算中国大陆月降水量

吴 晓

中国气象局中国遥感卫星辐射测量和定标重点开放实验室, 国家卫星气象中心 100081

提 要: 利用国家卫星气象中心处理的 NOAA 下午轨道卫星的 OLR 资料, 用 Xie 等在 1998 年的文章中提出的月降水量计算模式, 计算了 1991—2008 年地理范围在 $10^{\circ}\sim 60^{\circ}\text{N}$ 、 $75^{\circ}\sim 150^{\circ}\text{E}$ 、分辨率为 $0.5^{\circ}\times 0.5^{\circ}$ 的中国大陆月降水量, 得出: 用 OLR 月距平资料可以计算出月降水量, 模式估算出的降水量通过与 NCEP 提供的 18 年月降水量陆地观测数据对比, 精度为: 冬季相对误差 49.14%、绝对误差 7.97 mm; 春季相对误差 37.60%、绝对误差 14.97 mm; 夏季相对误差 27.37%、绝对误差 31.61 mm; 秋季相对误差 37.99%、绝对误差 16.95 mm, 可见精度效果并不是太好, 造成误差的主要原因是降水机制不一, 层状云降水特别是逆温层状云和连续阴天不下雨, 以及月平均 OLR 不能完整地反映月内降水云和降水量是造成用 OLR 月距平估算月降水量的主要误差来源。通过对 FY-2C 卫星云分类产品的图像分析, 得出中国南方冬季主要是层状云降水, OLR 月距平值较高, 用全球的 A、B 系数估算出的降水量偏低低于实况, 因此对中国大陆进行分区、分季节统计 A、B 系数, 是解决 OLR 月距平估算月降水量精度问题的途径。

关键词: OLR, 月降水量, 绝对误差, 相对误差

Monthly Precipitation Estimation from Satellite OLR Data in China

WU Xiao

Key Laboratory of Radiometric Calibration and Validation for Environmental Satellites of China
Meteorological Administration, National Satellite Meteorological Center, Beijing 100081

Abstract: By using the model of Xie and the NOAA OLR data in NSMC, the monthly precipitation amount in 1991—2008 was calculated in the area of $10^{\circ}\sim 60^{\circ}\text{N}$, $75^{\circ}\sim 150^{\circ}\text{E}$ land with data resolution of $0.5^{\circ}\times 0.5^{\circ}$ latitude-longitude. Therefore we know that monthly precipitation amount could be calculated out by using monthly OLR anomaly. By comparing the model monthly precipitation with gauge precipitation from NCEP in 1991—2008, we obtained the following results: in winter the relative error in China was 49.14% and the absolute error was 7.97 mm; in spring they were 37.60% and 14.97 mm; in summer they were 27.37% and 31.6 mm; and in autumn they were 37.99% and 16.95 mm. The results were not very good. The main errors were caused by stratus cloud precipitation and continuous cloud cover days without precipitation. By analyzing cloud classification products of FY-2C during 2006—2008, we have learned that in winter stratus clouds are common in southern China, and the monthly OLR anomaly there is usually high, and the estimation of precipitation amount obtained from global coefficients A and B is lower than that of ground observation. Therefore, the better way to solve the problem of precipitation underestimation may be in the choice of new coefficients A and B for different areas of China in different seasons.

Key words: OLR, monthly precipitation amount, relative error, absolute error

引 言

OLR 是地球单位地表在地球大气顶向外空辐射出去的热辐射通量, 它的大小主要由发射下垫面

的温度决定^[1], 因此它与云有极高的相关关系, 云顶越高、温度越低、OLR 值越低, 晴空地表温度越高、OLR 值越高。自上世纪 80 年代以来, 国际上就有不少科学家从事 OLR 与云的关系的研究, 最多的是针对热带地区, 由于在赤道辐合带, 对流越旺、云

顶越高、云顶温度越低、OLR 越低、降水强度越强,因此许多科学家在他们的文章中提出了用 OLR 资料计算热带地区降水量的计算模式^[2-5],其中 Arkin 的季节降水量与 OLR 的线性关系式可以估算出 57% 的季节降水量变化,但所有这些模式都是对热带地区而言、且精度不是太高。国内也有不少应用 OLR 做降水的先例,但大多是关于 OLR 特征与降水趋势的预测^[6-9]。1998 年美国科学家 Xie 等在文章中,详细调查了 1974—1995 年全球月 OLR 资料与月降水量(卫星产品与地面观测的融合资料)的关系,指出在除两极外的全球范围内,月降水量与月 OLR 距平的相关系数为 $-0.4 \sim -0.8$,给出了月降水量距平与月 OLR 距平的经验关系式,用该模式处理了 1974—1995 年的月降水量,并将处理结果与其它方法获得的降水产品进行了验证,结果表明:OLR 估算的降水其精度略优于卫星降水产品。本文的目的,是应用 Xie 等的 OLR 降水模式,用国家卫星气象中心处理的 NOAA 卫星月 OLR 资料,尝试作 1991—2008 年中国大陆 $10^{\circ} \sim 60^{\circ} \text{N}$ 、 $75^{\circ} \sim 150^{\circ} \text{E}$ 区域、分辨率为 $0.5^{\circ} \times 0.5^{\circ}$ 的月降水量估算,并将处理结果与美国 NCEP 提供的陆地月降水量实测资料作对比分析,得出有关结论;同时,通过与 FY-2C 卫星云分类产品相结合进行试验,分析了模式估算降水的误差来源。

1 资料及计算模式

采用 1991—2008 年的 NOAA 系列卫星(NOAA-11、14、16、18)的 OLR 月产品资料,地理范围在 $10^{\circ} \sim 60^{\circ} \text{N}$ 、 $75^{\circ} \sim 150^{\circ} \text{E}$ 、数据分辨率 $0.5^{\circ} \times 0.5^{\circ}$,把网上下载(<ftp://cpc.ncep.noaa.gov/precip/50yr/gauge>)的 NCEP 全球陆地雨量计实测月降水量格点场资料做截取处理,生成分辨率为 $0.5^{\circ} \times 0.5^{\circ}$ 的 $10^{\circ} \sim 60^{\circ} \text{N}$ 、 $75^{\circ} \sim 150^{\circ} \text{E}$ 区域的陆地实测月降水量(单位:mm)格点场数据,对 18 年月降水量作平均,得到气候平均实测月降水量格点场数据资料,用以下公式^[10]计算各年各月降水量,

$$\Delta P(\varphi, \lambda, t) = C(\varphi, \lambda, t) * \Delta OLR(\varphi, \lambda, t) \quad (1)$$

$$C(\varphi, \lambda, t) = A * P_M(\varphi, \lambda, \bar{t}) + B \quad (2)$$

$$P(\varphi, \lambda, t) = P_M(\varphi, \lambda, \bar{t}) + \Delta P(\varphi, \lambda, t) \quad (3)$$

式(1)中: ΔP 是格点的月降水量距平(单位:mm), ΔOLR 是格点的月 OLR 距平(单位: $\text{w} \cdot \text{m}^{-2}$), φ 是格点的纬度, λ 是格点的经度, t 是时间, C 是格点的

降水比例系数;式(2)中: $P_M(\varphi, \lambda, \bar{t})$ 是 1991—2008 年的气候平均实测月降水量, $A = -0.0194$, $B = -0.0207 \times 30$ (或 31, 28, 29), A 、 B 为经验回归系数^[10];式(3)中: $P(\varphi, \lambda, t)$ 为当月降水总量,可见月降水量的反演过程为:用 OLR 月距平计算出月降水距平,用月降水距平加上多年气候平均月降水量即为当月降水量。模式的原理主要是基于降水多时云量多、云顶高、云在某地持续时间长、月内云覆盖时间多,月 OLR 相对于常年偏低为负距平;降水少时云量少、云层低、月内云覆盖时间少,这时月 OLR 相对于常年偏高为正距平,降水量为负距平,而 OLR 距平为 0 时、则表明云、晴覆盖接近常年,月降水量为常年平均。

2 计算结果与精度

用以上模式计算了 1991—2008 年的月降水量,并对模式计算出的月降水量与 NCEP 提供的实测月降水量进行了对比,图 1 是 2005 年模式月降水量与 NCEP 月降水量的彩色图,图 2 是中国各大省城格点的实测月降水量与模式计算的月降水量的回归关系图。由图可以看出:用 OLR 月距平反演出的月降水量与实测基本趋于一致,但还存在不小的差别,通过对 1991—2008 年的模式月降水量与 NCEP 的实测月降水量进行格点场误差统计,结果如表 1 所示:降水估算冬季误差最大、春秋季节次之、夏季最低,这是因为冬季多层状云降水,因云顶温度较高、月 OLR 距平可能为正,估算出的降水量偏少,而夏季降水则多为对流云,Xie 等的降水模式对流云降水最敏感,因此夏季误差相对小,而春秋季节间于二者之间。

3 相关试验与误差来源分析

鉴于以上误差问题,我们采用了 FY-2C 卫星的云分类产品,对中国局域的降水云情况进行分析,通过对 2006—2008 年的云分类图分析来看,春季中国大陆对流活动并不旺盛,一般是高云(卷云、雨层云)伴着层状云出现,造成降水;夏季大陆多为中高云系引起降水,一般是对流云(积雨云)重叠在大的云系上面,在云系减弱时可出现单纯的层状云;秋季大陆对流云团并不多见,通常是高云(卷云、雨层云)伴着层状云的云系或云团出现,云系减弱后有纯粹的层

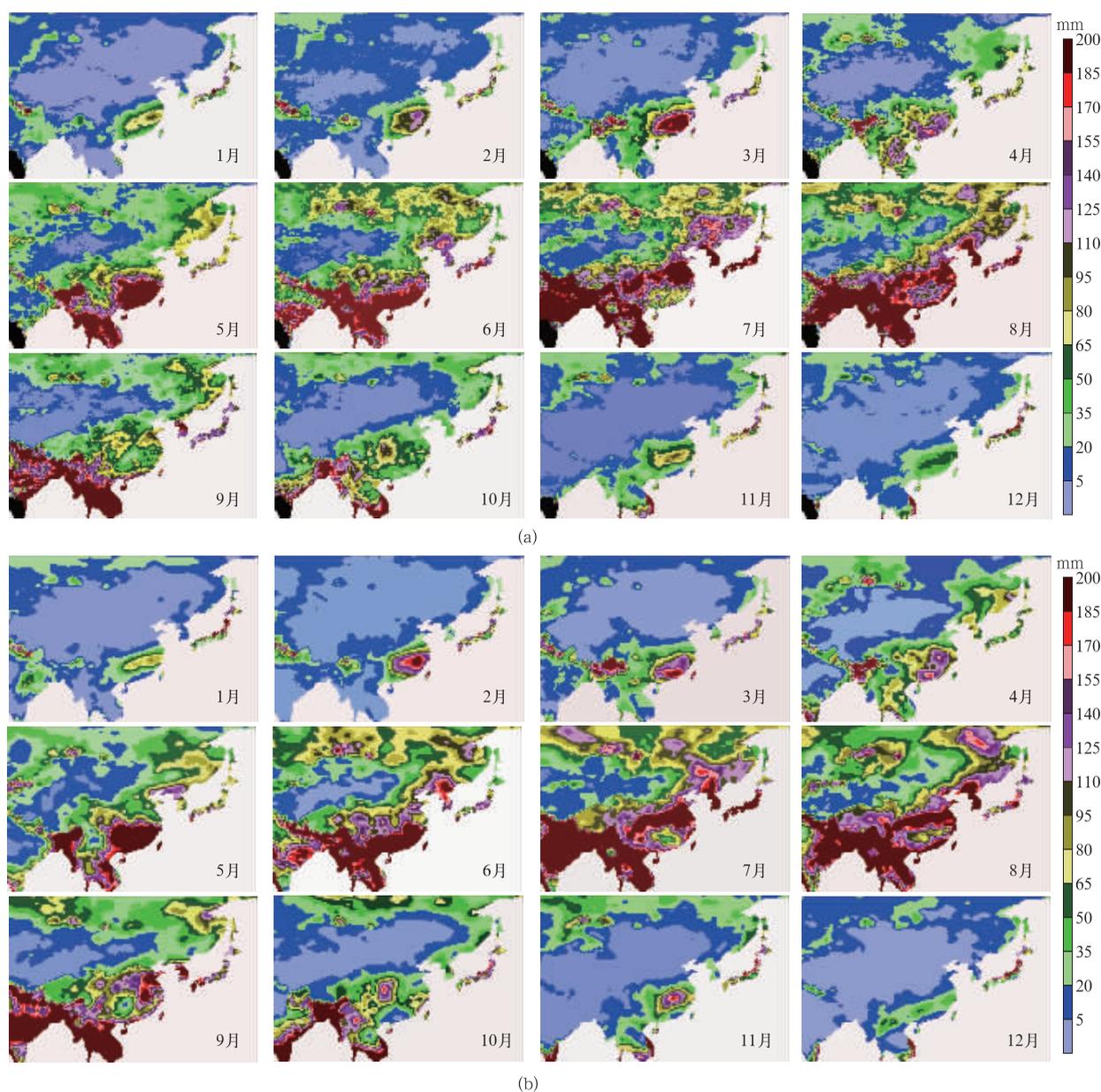


图 1 (a)模式计算出的 2005 年 1—12 月降水量(图中黑色为无 OLR 资料及无降水估算资料地区);
(b) NCEP 提供的 2005 年 1—12 月实测降水量

Fig. 1 The monthly precipitation amounts during January to December of 2005 by
(a) model estimation from NOAA OLR date and (b) gauge observation from NCEP

状云,这些云系带来降水或不降水;冬季,中国的北方通常是高云伴有层状云的云系出现,而南方则多为层状云。

OLR 与云顶高度相关,云顶越高、OLR 值越低,层状云顶并不高、但常带来较大的降水量,由于此时 OLR 距平值较高,致使模式估算出的降水量偏低于实况;强对流云带来的降水量大,OLR 值也低,但一月内天气形势多种多样,有时强降水过后连续晴天,这使得月 OLR 值较高,计算出的降水量偏

低于实况;而有时连续的高云覆盖却并不出现降水,OLR 值低,模式计算出的降水量偏高于实况。我们统计了 2006—2008 年 1 月的降水比例系数 C ,见图 3,从图中可看出 C 有时为正,与上述情况相附,但与 Xie 的模式相矛盾,原因可能是 Xie 选用的是卫星降水产品、雨量计观测资料的融合资料来做统计, C 系数均为负,这也是模式估算中国大陆降水量的误差来源。

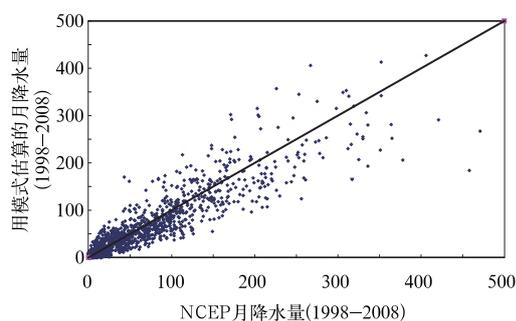


图 2 中国各大省城 1998—2008 年实测月降水量(NCEP 格点资料)与模式估算的月降水量的散点图

Fig. 2 Scatter diagram of monthly precipitation amount observed by gauge and that of estimated by the model in big cities of China during 1998 to 2008

表 1 1991—2008 年模式与实测月降水量误差统计
Table 1 Statistical seasonal precipitation errors(model estimation-gauge observation) during 1991—2008

季节	误差		相关系数
	绝对/mm	相对/%	
春	14.97	37.60%	0.8999
夏	31.61	27.37%	0.9184
秋	16.95	37.99%	0.8754
冬	7.97	49.14%	0.8751

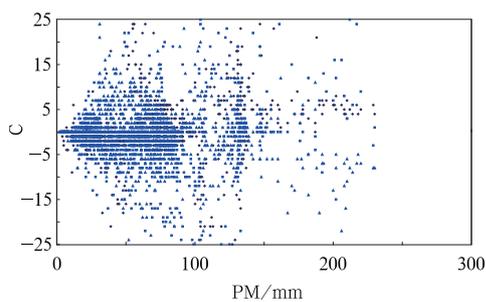


图 3 中国南方 2006—2008 年 1 月比例系数 C 与常年同期降水量的散点图

Fig. 3 Scatter diagram of the proportional coefficient C and the climatic monthly mean precipitation amount in southern China

4 结 语

通过对用 1991—2008 年的月 OLR 距平资料做

月降水量计算、并与实测资料对比,得出:用 Xie 等的月降水模式可以计算出分辨率为 $0.5^\circ \times 0.5^\circ$ 经纬度、中国区域的月降水量,模式估算结果基本与实测资料逼近,但由于降水云降水机制的不同,如逆温层状云降水,以及月平均 OLR 值受一月中天气形势变化的影响不能完整地反映出一月中降水云及降水量的情况诸多原因,使得用月 OLR 距平资料计算月降水有一定误差。若使用 OLR 旬距平计算旬降水距平,可以很大程度上避免了月 OLR 值代表性不强的问题;对中国大陆进行分区、分季节统计出降水比例系数 C ,可能会有比较满意的结果,这有待于进一步的工作。

参考文献

- [1] 吴晓. 用 FY-2C 静止气象卫星计算射出长波辐射通量密度[J]. 气象科技, 2007, 35(4): 474-479.
- [2] Yoo J, Carton J A. Spatial dependence of the relationship between rainfall and outgoing longwave radiation in the tropical Atlantic[J]. Journal of Climate, 1988, 1(10): 1047-1054.
- [3] Arkin P A, Kelkar R R. Large-scale precipitation and outgoing longwave radiation from INSAT-1B during the 1986 southwest monsoon season[J]. Journal of Climate, 1989, 2(6): 619-628.
- [4] Arkin P A, Xie P P. The global precipitation Climatology project: First algorithm intercomparison project[J]. Bulletin of American Meteorological Society, 1994, 75(3): 401-419.
- [5] Morrissey M L. A statistical analysis of the relationships among rainfall, outgoing longwave radiation, and the moisture budget during January-march 1979[J]. Monthly Weather Review, 1986, 114(5): 931-942.
- [6] 张苏平, 胡桂芳. 山东夏季降水与前期热带洋区 OLR 的关系及其预测[J]. 气象, 2000, 26(11): 30-33.
- [7] 李小龙, 郑新江. 2003 年淮河流域暴雨期间 OLR 与 Quick-Scat 场特征分析[J]. 气象, 2006, 32(2): 19-22.
- [8] 吴晓. 2008 年初全国雨雪冰冻天气的 OLR 资料分析[J]. 气象, 2009, 35(4): 87-93.
- [9] 张茜, 巩远发, 郑昊, 等. 江淮流域旱涝年夏季降水与东亚季风区低频 OLR 的变化特征[J]. 气象科学, 2009, 29(2): 165-172.
- [10] Xie P P, Arkin P A. Global monthly precipitation estimates from satellite-observed outgoing longwave radiation[J]. Journal of Climate, 1998, 11(2): 137-164.