

GMS-5 四通道云图的自动分类及其 在定量降水估算中的应用*

王立志 李俊 周凤仙

(中国科学院大气物理研究所, 北京 100029)

摘要 根据日本地球静止气象卫星(GMS-5)云图的新特点,运用动态分类方法对GMS-5四通道卫星云图进行分类,得到各种云类及地表。并由分类结果,根据一维云模式得到的对流云对流核心云顶温度与降水之间的关系,对层云和对流云做定量降水估算。并用1995年8月31日的云图资料进行对流云和层云的降水估计试验,将估算出的降水率和降水面积与地面1h的观测降水资料进行比较,结果表明:假如设置40%为降水的允许误差,那么降水估计的准确覆盖率将达到70%。能在业务应用中推广,并且该方法可以应用到即将发射的风云2号气象卫星资料处理中。

关键词 卫星云图 自动分类 降水估计

1 引言

地球静止气象卫星对地球进行遥感观测,能在短时间内提供广阔地域上有关大气、海洋、地表和云况等大量重要的信息。本文应用自动分类方法,将日本地球静止气象卫星GMS-5的多光谱卫星云图进行动态分类,把云图上的各种云类及地表一一区分开来,尤其是将可产生降水的对流云和层云从非降水性云中区分开来。并根据上述的分类结果,对对流云和层云进行降水估算。此类工作,李俊等^[1~4]曾根据GMS-4卫星资料做过白天的分类和降水估算,而对于夜晚,由于只有一个红外通道的资料,分类变得十分困难,只能做简单的密度分割,分类的结果不理想。本文根据GMS-5卫星具有四个通道(两个红外窗区通道,一个水汽红外吸收通道和一个可见光通道)的新特点,对白天和夜晚进行多通道的分类,不但提高了白天的分类精度,而且能够有效地进行夜晚的云图分类。根据GMS-5卫星资料的反照率和亮温定标表的变化新特点,对降水估算模式中的可变参数做了适当的调整,并用1995年8月31日的四通道卫星云图资料对对流云和层云进行降水估算试验,将估算出的降水率和降水面积与地面1h的观测降水资料进行比较,由比较的结果可以看出,假如设置40%为降水的允许误差,那么降水估计的准确率将达到70%。这对于我国今后业务化应用GMS-5以及FY-2卫星资料具有重要的意义。

1996-11-14收到,1997-02-17收到修改稿

* 国家“八五”攻关课题(85-906-06-04)资助项目

2 GMS-5 卫星云图的新特点

2.1 GMS-5 与 GMS-4 卫星云图光谱通道的比较

GMS 系列卫星是日本的地球静止气象卫星, 至今为止已经发射了 5 颗。其中 GMS-5 是 1995 年发射升空的。目前全世界有若干颗地球静止气象卫星, 这包括欧洲

表 1 GMS-4 和 GMS-5 通道光谱范围比较

通 道	卫 星	
	GMS-4	GMS-5
可见光通道 / μm	0.55~0.70	0.55~0.90
水汽通道 / μm	没有	6.50~7.00
窗区通道 / μm	10.5~12.5	10.5~11.5
		11.5~12.5

空间局 (ESA) 的 Meteosat, 美国的 GOES-8, GOES-9 等。和 GMS-4 相比, GMS-5 新增了一个红外水汽吸收带通道, 并且将原 GMS-4 的红外窗区通道分成两个。GMS-5 通道设置基本上和 Meteosat 的差不多, 但 Meteosat 只有一个窗区通道。表 1 列出 GMS-4 和

GMS-5 的通道光谱范围。

2.2 GMS-5 与 GMS-4 卫星云图反照率及亮温定标表的比较

对于可见光通道来说, 卫星接收的辐射主要来自地面、云面对太阳辐射的反射辐射, 而地面、云面自身的辐射和大气对太阳辐射的散射辐射可以忽略不计。在一定的太阳天顶角下, 物体的反照率越大, 在卫星云图上就表现为色调越白, 反之, 色调就越暗。而云图是用灰度级来表示的, 这样在可见光云图的灰度级和物体的反照率之间就存在一种对应关系, 这就是反照率对照表或定标表。

对于红外窗区通道来说, 卫星在于 10.5~12.5 μm 通道接收的辐射仅仅与物体本身的温度有关。物体的温度越高, 卫星接收的辐射越大; 温度越低, 辐射越小。这种红外云图上的色调分布就反映了物体的温度分布, 可以根据色调的深浅来判断温度的高低, 进而判断云的种类。但我们做了一个假设, 即把地面看作是黑体, 实际情况并非如此, 因此由卫星测得的辐射推算出的表面温度比实际的低, 所以严格地说, 红外窗区通道云图是一张物体的亮度温度分布图, 而不是实际的温度分布图。这样在物体的亮温和云图的灰度级之间, 也存在一种对应关系, 即亮度温度对照表。水汽吸收通道的情况和红外的近似。

对于 GMS-4 而言, 它的反照率和亮温对照表是固定不变的, 即卫星发射进入稳定状态后, 它的对照表也随之固定下来。但对于 GMS-5 来说, 对照表却是实时更新的, 每一时刻的云图对应一新的对照表。通过对不同时次的对照表所做的比较发现, GMS-5 的反照率对照表随时间的变化不明显, 近似不变; 而亮温对照表的数据随时间有很大的变化, 其变化范围可以超过 2 K。水汽通道的变化幅度很小, 在 0.2 K 之内。由上可见, 延用 GMS-4 的方法, 即亮温对照表是常值的方法已经不适合 GMS-5 卫星的特点, 在进行云图的处理时必须采用实时的亮温对照表的数值。

2.3 GMS-5 水汽通道

GMS-5 新增的水汽通道的波长为 6.5~7.0 μm , 处于水汽的强吸收带中。在晴空时根据卫星测量的辐射可以推算出大气中水汽分布。对水汽通道而言大气中大约 80% 的辐射能来自于 620~240 hPa 的大气层, 而最大辐射贡献大约在 400 hPa 高度

处。由这一吸收带得到的图像叫作水汽图像。从水汽图像上的无云区可以看出,色调越白表示水汽越多,反之越少。比较红外窗区云图和水汽通道云图可以看出,对于有云的区域,两者的外形十分相似,但水汽云图上的天气系统比红外窗区云图上的表现得更完整和连续,大气环流特征更清晰,特别在无云区,红外窗区云图不能反映的水汽分布,在水汽云图上则有明显的表现。

本文在进行分类和降水估计中对水汽通道做了一种很重要的处理,在原有水汽云图和红外窗区云图的基础上,将两幅云图的亮温值相减,即红外窗区亮温值减去水汽云图的亮温值,得到一幅新的图像,就是本文中的红外窗区减水汽图像。

2.4 红外窗区减水汽图像

从遥感原理来讲,由于水汽通道处于水汽的强吸收带,水汽的分布高度一般低于云顶的高度,假如有云存在,则水汽通道看到的是云而不是水汽,此时红外窗区通道和水汽通道观测到的亮度温度差别不大;反之,云很少或晴空时,水汽通道看到的是水汽而窗区通道看到的是地表或海表,两者的亮度温度差别就比较大。因此,窗区减水汽图像能够准确地显示出大气中云的分布状况,尤其能够从数值上反映出云发展的强弱,此特征对于夜间的分类特别有用,即云发展的越旺盛,亮度温度差值就越小,在强对流云区,差值接近于零,为云的分类提供了很好的依据。

由上述分析可知,GMS-5 卫星云图与 GMS-4 相比,不论是从通道上还是从数值上都有了较大的变化。原来适用于 GMS-4 的理论方法已经不再适应 GMS-5 的新特点;而且由于 GMS-5 的多通道多信息量的特点,又可将原有的方法做必要的改进,以充分利用 GMS-5 的优势。本文即根据 GMS-5 资料的新特点,采用了一些新的方法进行处理,以达到适时使用的目的。

3 卫星云图的自动分类

3.1 动态分类

GMS-5 多光谱云图提供了关于云和天气的丰富的信息。如何直观地从这些资料中得到不同云类及各种天气系统的信息,这就要考虑多光谱云图分类,多光谱云图分类也可以看作是从 GMS-5 四通道云图中得到一张综合分析图,这张分析图中不但包含了四个通道云图的综合信息,而且直观明了。

利用动态聚类法对多光谱云图进行分类,先确定一大致的分类中心,然后根据距离最近原则进行迭代,直到迭代稳定时为止,具体过程见文献[1]。这样就得到云图分类的分类中心值(本文分为 7 类)。并得到分类结果。经过分类后能够比较准确地分辨出强对流云、层云、卷云、地表和水表等。

3.2 白天的分类

白天,本文使用了 GMS-5 全部四个通道,即一个可见光通道,两个红外窗区通道和一个水汽通道(本文所用资料的时间为 1995 年 8 月 31 日 16 时)。在白天的分类结果中,能够明显地分出 7 类目标物,在分类图上的水陆分界面十分清晰,在长江中下游地区,能够把太湖、鄱阳湖和洞庭湖从地表中十分清晰地区分出来;能明显地把对流云从其他目标物中区分开来,尤其是在台风区,台风眼清晰可见,台风的螺旋云系分辨得

很清楚。表 2 列出了 7 个分类中心的数值和所对应的 7 类目标物，其中百分比表示该类目标物的像素在云图所占的比重；表 3 列出了 7 类目标物之间的置信度矩阵。两个红外通道的分类中心几乎没有差别。各个类的置信度都非常高（置信度矩阵即每一类的正确率和错分率的矩阵）。

表 2 1995 年 8 月 31 日 16 时云图分类后 7 个分类中心的数值和所对应的 7 类目标物

类别	通 道								置信度	百分比	对应目标物
	可见光		红外 1		红外 2		水汽				
	灰值	反射率	灰值	亮温	灰值	亮温	灰值	亮温			
1	11	2	96	291	101	290	213	250	99.2	14	水表
2	26	15	98	291	103	289	214	249	96.6	32	地表或低云
3	19	8	125	278	129	276	221	241	98.4	9	卷层云
4	31	20	148	266	150	264	222	240	92.4	15	层云
5	38	32	176	248	176	246	226	235	91.5	16	层云
6	46	48	200	229	199	227	232	225	93.6	9	对流云
7	52	64	216	211	214	210	237	214	96.3	4	强对流云

表 3 1995 年 8 月 31 日 16 时云图分类后 7 类目标物之间的置信度矩阵

类别	1	2	3	4	5	6	7
1	99.16	0.80	0.04	0.0	0.0	0.0	0.0
2	1.00	96.63	1.46	0.10	0.81	0.0	0.0
3	0.03	0.69	98.36	0.92	0.0	0.0	0.0
4	0.0	0.11	2.08	92.44	4.90	0.47	0.0
5	0.0	0.79	0.0	4.47	91.51	3.23	0.0
6	0.0	0.0	0.0	0.43	3.23	93.62	2.71
7	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	3.67	96.32

为了和 GMS-4 云图分类做对比，我们用相同时间的云图进行的两通道（一个红外窗区通道和一个可见光通道）的分类，其分类置信度矩阵如表 4 所示。和过去的白天两通道的分类相比，分类置信度有了较大的提高。

表 4 用一个红外窗区通道和一个可见光通道进行分类

类别	1	2	3	4	5	6	7
1	96.36	0.47	0.0	3.17	0.0	0.0	0.0
2	0.28	92.95	5.57	1.21	0.0	0.0	0.0
3	0.0	11.09	79.60	2.25	5.89	1.18	0.0
4	4.60	3.04	2.83	82.67	6.85	0.0	0.0
5	0.0	0.0	5.28	4.88	85.87	3.97	0.0
6	0.0	0.0	0.98	0.0	3.67	88.00	7.35
7	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	12.3	87.70

3.3 夜晚的分类

由于 GMS-5 通道的增加，使得即使是在夜间也有 3 个通道的资料可用，改变了 GMS-4 分类只能做简单的密度分隔的状况，使得夜晚的动态分类得以实现。在本文中，为了弥补由于夜间缺少可见光通道的不足，夜间加入了前文所讨论的红外窗区减水汽资料。由于这一新的特征反映了云的许多特性，因此在夜晚的分类中起着重要的作用，使得到夜间仍然可以使用四个通道的资料进行分类，即两个红外通道、一个水汽通

道和一个红外窗区减水汽资料。这样不但增加了有效信息量, 而且使程序设计也变得简单起来。

在分类图中水汽的特征十分突出, 能分出水汽的干湿区。由于红外窗区减水汽图像的加入, 可以明显地识别出云以及云的发展状况。由于夜晚缺少可见光的资料, 使得水陆分界面不易识别, 不能将水表和地表很好的区分开来。但对流云以及水汽的分布情况很明显, 这对于下文的降水估计具有重要作用。和只有一个红外通道的密度分割得到的分类图相比, 分类精确度的提高是非常显著的。和白天的分类一样, 表 5 和表 6 列出了夜间 7 类的置信度矩阵和分类中心值以及所对应的目标物。可以看到, 夜间分类的置信度也是非常高的。

表 5 夜间分类后 7 类的置信度矩阵

类别	1	2	3	4	5	6	7
1	98.98	0.97	0.05	0.0	0.0	0.0	0.0
2	0.72	98.18	1.10	0.0	0.0	0.0	0.0
3	0.05	1.52	97.13	1.30	0.0	0.0	0.0
4	0.0	0.0	1.57	97.95	0.48	0.0	0.0
5	0.0	0.0	0.0	0.60	97.08	2.32	0.0
6	0.0	0.0	0.0	0.0	2.40	94.81	2.80
7	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	2.75	97.25

表 6 夜间分类后 7 类的分类中心值以及所对应的目标物

类别	通 道								置信度	百分比	对应目标物
	红外减水汽		红外 1		红外 2		水汽				
	亮温差	灰值	亮温	灰值	亮温	灰值	亮温				
1	44.3	93	293	98	291	215	248	99.0	26	地表或水表	
2	37.1	105	287	110	285	214	249	98.2	21	干燥区	
3	29.7	133	274	136	272	219	243	97.1	16	卷层云	
4	19.0	159	259	160	257	223	239	98.0	12	层云	
5	8.5	184	243	183	241	227	233	97.1	10	层云	
6	1.2	203	226	201	225	232	225	94.8	9	对流云	
7	0.4	217	210	215	209	237	214	97.3	5	强对流云	

4 降水估计

4.1 降水估计研究的发展

定量测量降水无论对于洪涝灾害预报, 还是对于天气预报都具有十分重要的意义。测量降水的方法很多, 有直接的, 也有间接的, 但每种方法都有它的局限性。地面雨量计可以直接测量降水, 具有较高的精度, 但是对于降水分布不均匀的对流性降水, 其测量的代表性很差, 不能表示较大面积的降水分布。雷达可以间接地得到时空分辨率很高的降水分布, 但是它是建立在许多假设的基础上的, 其覆盖面积也很有限, 对山脉、人烟稀少的高原、海洋等地的降水无法进行测量; 特别是在异常气象条件下, 测量也成问题。近几年来, 随着卫星技术的发展, 资料处理方法的不断改进, 卫星云图估计降水的方法得到了很大的发展。由于静止气象卫星能够提供某一地区内连续的云的信息, 使得使用卫星资料来估计降水成为降水估计的主要手段之一。通过卫星资料来估计降水, 对

某一地区的连续的降水监视,暴雨灾害预报和估计具有重要的意义。由卫星云图资料来估计降水,主要是根据云的亮度、云的种类、云的面积与降水之间的关系求得的。其精度决定于:(1)云图的空间分辨率;(2)采用的估计方法。利用云图估计降水的方法很多,但精度都不高,主要原因是常用的方法都是基于统计方法,从物理上讲由于卫星观测到的地气系统红外辐射与降水没有直接的关系,因此建立辐射量与降水之间关系缺乏物理基础。这一点与微波测量降水是不一样的。另外,许多降水估计方法需要相应的地面辅助观测资料,限制了业务性使用。

4.2 降水估计的原理和方法

对于利用地球静止卫星进行降水估计,Adler^[5,6]等指出利用一维云模式,可以建立对流核心的云顶亮温与降水率 and 降水面积之间的关系,他们利用经验方法在红外云图上寻找对流核心。Goldenberg^[7]等利用此法进行 MONEX 试验期间的降水估算,所用的资料为 GMS-1 模拟云图资料。由于他们的方法只用红外云图资料,对流核心往往判别不准,因此其精度受到影响。李俊等利用 GMS-4 红外和可见光两个通道来判别白天的对流云核心,使得对对流云核心的判别比较稳定。本文根据 GMS-5 卫星云图资料的新特点,采用文献[4]所述方法,对云图进行白天或夜晚的分类,首先得到降水云区,然后从降水云区中把对流性云和层云分离开来,分别进行考虑。

对于对流云区,寻找对流核心。为了找出对流核心,需要对对流云区的每一点求出其相应的“倾斜参数” S :

$$S = \frac{\Delta}{4} \left[\frac{T_{Bi-2,j} + T_{Bi+2,j} + 2(T_{Bi-1,j} + T_{Bi+1,j}) - 6T_{Bi,j}}{\Delta_{EW}} + \frac{T_{Bi,j-1} + T_{Bi,j+1} - 2T_{Bi,j}}{\Delta_{NS}} \right], \quad (1)$$

其中 i, j 为所求的 s 值所对应的像素点坐标, Δ_{NS} 和 Δ_{EW} 为 GMS-5 卫星东西和南北方向的分辨率。 Δ 为到四周这 6 个点的平均距离。 T_B 为各像素点的亮温值。Adler^[6]认为,如果根据上述公式所计算出的“倾斜参数” S 满足下列表达式:

$$S \geq \exp[0.0826(T_B - 207)], \quad (2)$$

则认为该点即为对流云团的对流核心;并以此为依据,通过一维云模式,Adler 和 Mack 发现,降水量和降水面积数值的对数与对流核心亮温值之间存在着线性关系,即降水量(R)和降水面积(A)与亮温(T_B)之间遵循下列的表达式:

$$\ln R = aT_B + b, \quad (3)$$

$$\ln A = cT_B + d, \quad (4)$$

其中, a 、 b 、 c 、 d 分别为待定系数,且它们都随时间和纬度的变化而变化。在东亚这一中纬度地区的夏季,Goldberg^[7]曾得出结论,即上述 4 个参数可近似认为是常数,由此可以得到对于北半球中纬度地区,对流云的降水量 R 和降水面积 A 分别为

$$R = \exp(aT_B + b), \quad (5)$$

$$A = \exp(cT_B + d). \quad (6)$$

对于识别出的层云降水区,并没有相应的如对流云一样的经验公式,只是把层云的

降水量作为一恒定的值,限定在 1~3 mm/h 之间。本文经过实际 1 h 降水预报与实测值之间的比较认为,把层云的降水量设为 2.5 mm/h 较为合适,由此而产生的估计降水和实测降水最相符合。表 7 列出了 1995 年 8 月 31 日 16 时所有的 1 h 实测降水和 1 h 的估计降水资料以及两者之间的误差比较。误差的定义为

$$E = \frac{R_{\text{obs}} - R_{\text{est}}}{R_{\text{obs}}} \times 100\%, \tag{7}$$

其中 R_{obs} 表示地面观测, R_{est} 表示卫星云图估算得到的降水。表 7 的值是通过得到降水率的估计值后,将估计降水率按照经纬度进行等距离网格差分,得到以 0.1 度的经纬度为距离的差分数值。统计表明,假如设置 40% 为允许误差,则估算的正确率超过 70%。

表 7 卫星云图估算得到的降水率 (mm/h) 与地面 1 h 降水观测的比较

纬度	经度	观测值	估计值	误差	纬度	经度	观测值	估计值	误差
24.2	116.8	2.5	2.5	0.0	22.8	115.4	3.5	6.1	42.6
24.2	116.7	2.5	2.5	0.0	22.8	114.8	8.7	8.5	-2.3
24.2	116.6	5.0	2.5	-50.0	22.8	114.7	8.7	8.5	-2.3
24.2	116.5	2.5	2.5	0.0	22.8	114.6	12.6	8.5	-32.5
24.2	116.4	2.5	2.5	0.0	22.8	114.5	8.6	8.5	-1.2
24.1	116.7	2.5	2.5	0.0	22.8	114.4	5.1	8.5	40.0
24.1	116.6	2.5	2.5	0.0	22.8	114.3	4.9	8.5	42.4
24.1	116.5	2.5	2.5	0.0	22.7	115.7	3.5	2.5	-28.6
23.9	115.2	4.6	2.5	-45.7	22.7	115.6	3.5	2.5	-28.6
23.9	114.1	3.0	2.5	-16.7	22.7	11.5	3.5	2.5	-28.6
23.6	114.6	4.4	2.5	-43.2	22.7	114.7	8.7	8.5	-2.3
23.6	114.4	4.5	5.9	23.7	22.7	114.6	8.7	8.5	-2.3
23.6	114.3	6.8	4.6	-32.4	22.7	114.5	8.6	8.5	-1.2
23.6	114.2	13.6	4.6	-66.2	22.7	113.2	3.4	5.6	39.3
23.6	114.1	6.8	2.5	-63.2	22.6	115.4	8.7	6.1	-29.9
23.6	114.0	6.8	2.5	-63.2	22.6	115.3	17.4	6.9	-60.3
23.5	114.3	6.8	5.9	-13.2	22.6	115.2	8.7	6.9	-20.7
23.5	114.2	6.8	6.9	1.4	22.6	115.1	8.7	6.9	-20.7
23.5	114.1	6.8	6.9	1.4	22.6	112.9	3.8	5.6	32.1
23.4	113.5	2.4	5.1	52.9	22.5	115.4	8.7	2.5	-71.3
23.3	115.8	2.4	2.5	4.0	22.5	115.3	8.7	6.9	-20.7
23.1	116.1	3.6	2.5	-30.6	22.5	115.2	8.7	6.9	-20.7
23.1	113.0	5.9	2.5	-57.6	22.4	113.5	4.0	8.5	52.9
23.1	112.9	6.0	2.5	-58.3	22.4	113.4	4.0	6.1	34.4
23.1	112.8	12.0	2.5	-79.3	22.4	113.3	8.0	6.1	-23.8
23.1	112.7	5.9	4.9	-16.9	22.4	113.2	3.9	6.5	40.0
22.9	114.6	4.8	8.5	43.5	22.3	113.4	4.0	6.9	42.0
22.9	114.5	4.8	8.5	43.5	22.3	113.3	4.0	6.9	42.0
22.9	114.4	9.6	8.5	-11.5	22.2	113.7	5.3	8.5	37.6
22.9	114.3	4.8	8.5	43.5	22.2	113.6	5.3	8.5	37.6
22.9	114.2	4.8	8.5	43.5	22.2	113.5	10.6	7.2	-32.1
22.8	115.8	3.5	2.5	-28.6	22.2	113.4	5.3	7.2	26.4
22.8	115.7	3.5	2.5	-28.6	22.2	113.3	5.1	6.9	26.1
22.8	115.6	7.0	2.5	-64.3	22.1	113.6	5.3	7.2	26.4
22.8	115.5	3.5	2.5	-28.6	22.1	113.5	5.3	7.2	26.4

5 结论

本文所发展的利用 GMS-5 卫星云图估算降水的方法是基于自动分类, 由于分类稳定并且精确, 使得对流核心的判别非常可靠, 因而基于对流核心云顶温度与降水率及降水面积之间关系而得到的定量降水估计也具有较好的精度。这种方法可以在业务应用 GMS-5 资料以及 FY-2 卫星资料中推广。

参 考 文 献

- 1 Li Jun and Zhou Fengxian, 1990, Computer identification of multispectral satellite cloud imagery, *Adv. in Atmos. Sci.*, 7, 366~375.
- 2 周凤仙、李俊等, 1992, GMS云图的自动分类及其在暴雨监测中的应用, *气象*, 18, 16~19.
- 3 Li Jun, Zhou Fengxian and Wang Luyi, 1992, Automatic classification and compression of GMS cloud imagery in heavy rainfall monitoring application, *Adv. in Atmos. Sci.*, 9, 458~464.
- 4 Li Jun, Wang Luyi and Zhou Fengxian, 1993, Convective and stratiform cloud rainfall estimation from geostationary satellite data, *Adv. in Atmos. Sci.*, 10, 475~480.
- 5 Adler, R. F. and A. J. Negri, 1988, A satellite infrared technique to estimate tropical convective and stratiform rainfall, *J. Appl. Meteor.*, 27, 31~51.
- 6 Adler, R. F. and R. A. Mack, 1984, Thunderstorm cloud height-rainfall rate relations for use with satellite rainfall estimation techniques, *J. Clim. Appl. Meteor.*, 23, 280~296.
- 7 Goldenberg, S. B., R. A. Houze and D. D. Churchill, 1990, Convective and stratiform components of a winter monsoon cloud cluster determined from geosynchronous infrared satellite data, *J. Meteor. Soc. Japan*, 68, 37~63.

Cloud Classification of GMS-5 Data and Its Application in Rainfall Estimation

Wang Lizhi, Li Jun and Zhou Fengxian

(Institute of Atmospheric Physics, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100029)

Abstract This paper studies the cloud classification based on the spectral characteristics of the Geostationary Meteorological Satellite (GMS-5) observations at both day and night time. The difference between 11.5 μm window and 6.7 μm water vapor channels replace the visible one in the nighttime cloud classification. With such a "new channel", the accuracy of the classification is very close to that of daytime one with both infrared and visible channels, which shows that the water vapor channel plays an important role in the nighttime cloud classification when only infrared channels are available. Then the convective and stratiform rainfall estimation from classified cloud image was made using a one-dimensional cloud model. The statistically accurate rainfall estimation from one case reaches 70%, which shows the potential application of this method in the operational use of GMS-5 and FY-2 data.

Key words satellite cloud image classification rainfall estimation