

气象卫星遥感信息数字化预测方法研究

陈刚毅^{1,2}, 李跃清², 侯凯³

(1 中国气象局成都高原气象研究所, 成都 610073 2 成都信息工程学院, 成都 610225

3 河南省许昌市气象局, 河南许昌 461000)

[摘要] 利用 GMS-5 卫星遥感亮温 (TBB) 资料, 按演化科学原理, 对暴雨的发生、发展和消亡的过程物理学特征进行了数字化分析, 并对武汉“98·7”暴雨进行了实例暴雨的细化预测, 具有较强的实用性。

[关键词] 气象卫星遥感; 数字化; 暴雨预测; 亮温

[中图分类号] P407 [文献标识码] A [文章编号] 1009-1742(2010)03-0033-06

1 前言

洪涝是我国的主要气象灾害, 不但对生产建设造成极大的危害, 而且给人民的生命财产也带来了巨大的威胁^[1]。无论是工农业生产、航空、航海、交通运输、水利建设、防洪抗旱等都需要及时准确的降水预报。因此, 暴雨的预报成为气象工作者解决的主要问题。但长期以来, 人们习惯用传统的数量分析方法 (包括动力学分析、统计学分析、诊断分析和数值模拟方法) 对气象观测信息进行处理, 为了满足数学的适定性条件而滤去了不规则的变化信息。长期以来灾害性天气的预测, 一直未解决并成为了国际性难题。

随着气象卫星技术的发展, 气象卫星云图在监视天气系统方面, 扩大了人们的视野, 并能得到常规观测系统观测不到的非规则信息。但如何认识、使用非规则信息, 则存在不同的认识观点和处理方法的差别。按西方的做法多是出于数值模式计算的需要, 而采用数据反演的方式。无疑, 此种方式还是在很大程度上损伤了非规则信息, 并基本上停留于初值体系的跟踪而不适用于变化事件。欧阳首承教授根据多年的事件研究, 已经发现特殊信息就是变化信息^[2], 遂指出“非规则信息不仅不能损伤, 而且还

应当尽量设法挖掘其特殊性”^[3]。为此, 经过具体实践和在遵照“时间不占有物质维”认识的基础上, 创立了事件的“信息数字化”方法^[4], 文章就是出于挖掘和尽可能启用“98·7”暴雨的卫星遥感信息, 进行数字化处理的预测技术分析结果。

2 “98·7”暴雨概况

1998年7月下旬, 长江流域继1954年后的又一次大洪水和东北嫩江、松花江百年不遇的特大洪水举世瞩目。常年应该已进入盛夏伏旱季节的长江中下游地区连降暴雨, 武汉及其附近地区出现了罕见的特大暴雨, 其降水特点是: 突发性强、雨势猛、强度大、暴雨集中。此时, 正值长江上游第三次洪峰形成期间, 无疑对前期已经维持高水位而且普遍超过警戒水位的长江中下游干流更是雪上加霜, 致使两湖水系水位急涨, 造成了洪水灾害。此次洪水大、影响范围广、持续时间长, 洪涝灾害严重。长江干堤的九江大堤决口, 长江中下游干流和洞庭湖、鄱阳湖共溃垸1075个, 淹没总面积 $3\,211 \times 10^4 \text{ hm}^2$ (482万亩), 耕地 $1\,917 \times 10^4 \text{ hm}^2$ (295万亩), 涉及人口229万人, 除湖南安造垸为重点垸, 湖北孟溪垸为较大民垸, 湖南澧南垸、西官垸为蓄洪垸外, 其余均属洲滩民垸, 受灾严重的中下游五省死亡1562人。

[收稿日期] 2008-10-26

[基金项目] 高原气象基金项目资助 (LRM2008013)

[作者简介] 陈刚毅 (1956—), 男, 重庆潼南县人, 成都信息工程学院教授, 研究员, 研究方向为自然灾害及其数字化预测技术;
E-mail: gangyi_chen@163.com

逐日的雨量分布表明^[5],造成此次大洪水的大暴雨主要出现在 20 日至 23 日,集中出现在湖北南部、湖南西北部。其中 1998 年 7 月 20 日至 23 日,湖北省南部发生的一次持续特大暴雨过程,对此次洪水的产生有重要的作用。暴雨的最强中心在黄石市和武汉市,分别达到 513 mm 和 457 mm(见图 1)。这次特大暴雨过程,明显由两场特大暴雨所组成。第一场暴雨发生在 7 月 20 日夜間到 21 日午后,雨量大于 100 mm 的暴雨区约 200 km 宽约 80 km 日降雨量大于 200 mm,集中在武汉市及周围 4 个县市,强暴雨中心在武汉市为 286 mm,其最大 1 h 降雨量为 88.4 mm;第二场暴雨发生在 22 日凌晨至午后,日降雨量大于 200 mm,发生在黄石及周围 6 个县市,强暴雨中心在黄石市为 360 mm,其最大 1 h 降雨量为 76.4 mm。上述“98·7”武汉—黄石地区特大暴雨雨量高峰时间短,暴雨过程涉及范围广。

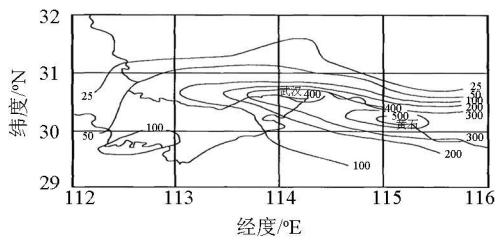


图 1 1998 年 7 月 20 日 20 时 ~23 日 20 时“98·7”湖北省南部持续特大暴雨过程雨量分布图
Fig 1 The precipitation distribute figure of the “98·7” big rain-storm in Hubei Province from 20 00 on July 20th to 20 00 on July 23rd in 1998

3 暴雨在卫星云图上的几何学特征分析

云图具有直观,空间上的连续和时间上间隔的特点,在天气监测中广泛应用,使用云图可以及时发现不容易在天气图上分析出来的天气系统、监测系统的运动。卫星云图直观地展示了从行星尺度到天气尺度,从中尺度到小尺度各种不同尺度天气系统诸多大气特征。通过卫星遥感云图信息的几何学特征分析,可以看到暴雨在云图上的空间几何学变化分布,对暴雨的跟踪监测能力有显著的提高。

对湖北“98·7”暴雨卫星遥感实况分析,由“98·7”暴雨每小时的 GMS-5 R 云图分析表明,集中在 21 日和 22 日两个时段的强暴雨有着明显的中尺度特征^[5]。“98·7”特大暴雨是从 7 月 21 日凌晨 04 时开始的。7 月 21 日 06~07 时为降水最强时段。7 月 22 日的特大暴雨是从上午开始的,在

11~12 时降水达到最强,此次最大降水量记录是在武汉附近的黄石站。笔者选取了两次降水过程中降水前、降水中、和降水后的 GMS-5 红外云图进行了分析。图 2 是 21 日未出现降水时云图,武汉地区上空的云量并不多,云顶温度在 -20℃ 左右,此时在重庆地区云量反而较多,云顶温度又较低,并有西南方向的云团在不断向武汉方向移动。降水最强的时段(06~07 时)的云图上(见图 3),武汉地区附近有一个较大的中尺度云团的出现,该云团的云顶温度在 -60℃ 左右,但此时云顶温度最低的还是在重庆附近。通常情况下,云顶温度越低,对流越旺盛,雨量也就越强,可是,重庆地区的降水量却不大。强降水过去后的 16 时(见图 4)降水大大减弱,但武汉附近的云量达到最多,云顶温度却还在下降,此时云顶温度最低的云团已位于湖北和江西的交界处。

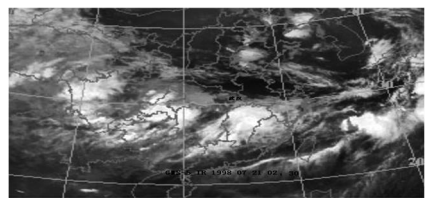


图 2 21 日未降水时的 GMS-5 红外云图
Fig 2 The GMS-5 figure of infrared remote sensing with no precipitation on July 21st

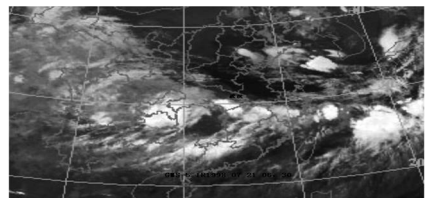


图 3 21 日最强降水时段时的 GMS-5 红外云图
Fig 3 The GMS-5 figure of infrared remote sensing with the strongest precipitation on July 21st

22 日的强降水主要发生在武汉附近的黄石地区,在强降水未发生的 06:30 的云图(见图 5),黄石云量较少,云顶温度较高,这时位于武汉附近有中尺度的新生云团出现和发展。在降水最强的时段即 11~12 时的云图见图 6 黄石的云量仍然较少,说明新生的云团在强降水出现前已经减弱。在强降水时段过后的 17:30 的云图见图 7 黄石的云量是最多的,云顶温度也最低。

通过以上分析可知,云图的几何学特征描述云状况变化对暴雨灾害天气的监测还具有局限性和滞

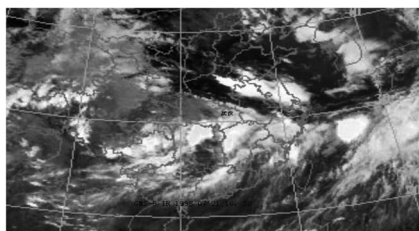


图 4 21日强降水过后的 GM S-5红外云图
Fig 4 The GM S-5 figure of infrared remote sensing afterwards strong precipitation on July 21st

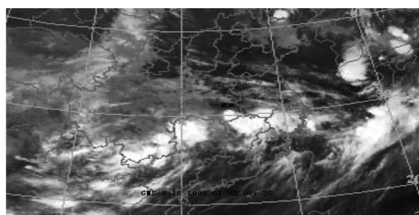


图 5 22日未降水时的 GM S-5红外云图
Fig 5 The GM S-5 figure of infrared remote sensing with no precipitation on July 22nd

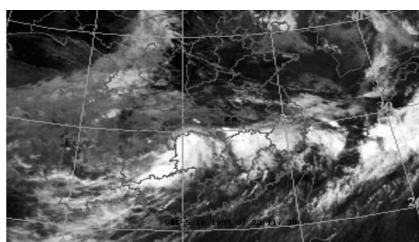


图 6 22日最强降水时段的 GM S-5红外云图
Fig 6 The GM S-5 figure of infrared remote sensing with the strongest precipitation on July 22nd

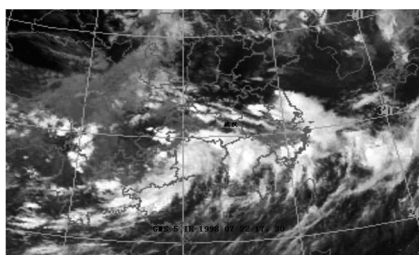


图 7 22日强降水过后的 GM S-5红外云图
Fig 7 The GM S-5 figure of infrared remote sensing afterwards strong precipitation on July 22nd

后性。不能解释暴雨发生中云团发展的强盛时期

(21日的暴雨)和云团的减弱阶段(22日的暴雨)的问题,更难得到暴雨灾害天气演化的预测结果,而引出暴雨灾害性天气的卫星遥感信息数字化预测技术方法。

4 卫星遥感信息的数字化分析方法

卫星遥感信息的过程物理学特征分析^[6]不仅能提高灾害天气的监测能力,而且还能提高灾害天气预报的准确性,延长了天气预报的时效,因此对暴雨灾害天气的卫星遥感信息的过程物理学特征分析对灾害天气发生、发展和消亡的认识有着重要的意义。

传统的气象预报方法,通过数学的连续性和稳定性等规则化处理,已把反映天气变化的不规则信息(或者是被称为小概率事件的信息)过滤掉,保留能数量化分析的规则化信息。事实上气象是快速变化问题,当代的数量化分析必然消除了大气中大气旋转的涡流产生变形而形成的变化性信息,导致真实信息的损伤,从而失去了“见微知著”的机会^[1]。由于非规则的小概率信息是物质变化信息,则损伤小概率信息也必然导致物质变化的失误。因此,不能把气象的灾害天气预测问题作为当代科学的分支,并且,转折性变化的溃变理论及其数字化方法体系^[6~8]之所以可以做到灾害天气预测的有效性,实质在于启用了有效的小概率非规则信息。

因此,文章将卫星遥感观测的几何特征信息变为暴雨过程的时序性卫星遥感信息,通过数字化技术研究暴雨发生、发展和消亡的过程物理学特征,按过程演化特征预测其变化性。

5 卫星遥感信息数字化预测的实例分析

5.1 卫星遥感 TBB时间序列资料

卫星云图直观地展示了从行星尺度到天气尺度,从中尺度到小尺度各种不同尺度天气系统诸多大气特征,而且太阳辐射能量和地面辐射能量通过高、中、低云的吸收和辐射,使大气能量在大气内部重新分布,能量分布结构的变化造成了天气过程的变化。对发生在大气系统中的动力和热力过程,红外卫星遥感的 TBB(the cloud Top Block Body temperature)资料是一种现代观测资料。由于传统数量分析方法已经消除非规则结构信息,对于转折性的灾害天气的预测就无能为力了。暴雨灾害天气的产生与大气高层“超低温”有密切的关系。大气的“超

低温”信息是大气的非规则信息,在 300 hPa (1 hPa=100 Pa)到 100 hPa之间的“超低温”,造成局地强对流天气,在降水前云层增厚。尽管卫星遥感信息滞后于大气的“超低温”信息,但卫星遥感信息的时空高分辨率,国家海洋大气局(National Oceanic and Atmospheric Administration NOAA)气象卫星资料空间分辨率可达 256 m,不仅资料量庞大、分辨率高,而且也反映了实际天气过程的准确真实信息,对暴雨的细化预测起到积极的作用。我国静止卫星双星观测,可实现每半小时间隔观测一次,对于预报点可获得卫星遥感 TBB 时间序列资料。

笔者利用日本的 GMS-5 卫星空间分辨 1 km,每小时间隔 1 次红外卫星遥感的 TBB 资料,可获得气象卫星遥感信息的时间序列数据(见图 8)。采用的卫星云图时间选取为 1998 年 7 月 21 日和 7 月 22 日,卫星亮温资料的时间选取为 1998 年 7 月 18 日至 23 日。同时还参考了湖北省的武汉和黄石观测站日降水量中最大日降水量超过 50 mm 的降水资料。

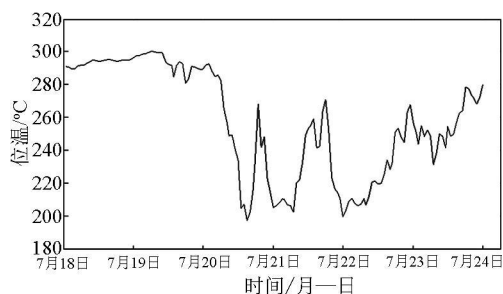


图 8 黄石卫星遥感信息时序图
Fig. 8 Time series of satellite remote sensing at Huangshi

5.2 “98·7”暴雨的卫星遥感信息数字化结构信息图

针对演化问题,按“时间不能作为参数维”而不作为物理量,而是将其作为事件形态、结构变化的体现。遂按文献[3],将信息进行数字化处理,则“时序”性数量信息的不易识别性可转化为数字化的易识别性。以黄石 1998 年 7 月 18 日至 23 日卫星遥感的 TBB 时间序列作为方位角变量,以每天为取样单位(24 h 时段进行了相空间非规则结构化计算分析的 TBB 结构化信息图。根据历史纪录,1998 年 7 月湖北出现的特大暴雨中,最大降水是在 21 日和 22 日,其中,降水量中心黄石 21 日和 22 日分别是 139.2 mm 和 360.4 mm。

5.3 卫星遥感数字化特征分析讨论

5.3.1 卫星遥感信息的非规则信息特征

图 9 为黄石 1998 年 7 月 18 日~23 日暴雨降雨前 36 h、24 h、12 h 雨前、降雨中和降雨结束后的卫星遥感信息数字化图,在数字化分析研究中取样时段为 24 h。从图 9 中可以看到,在暴雨降水发生 36 h 前的 24 h 遥感信息数字化图(见图 9(a),18 日 20 时至 19 日 19 时)就有非规则信息作用,到 24 h 前加强(见图 9(b),19 日 08 时至 20 日 07 时),在降水发生 12 h 前(见图 9(c),19 日 20 时至 20 日 19 时)和降水发生前(见图 9(d),20 日 08 时至 21 日 07 时)的时段非规则信息最强,降水中非规则信息维持(见图 9(e),21 日 08 时至 22 日 07 时),随降水结束(见图 9(f),24 日 01 时至 24 日 24 时)而减弱。按图 8 的时序图,只有经过特殊训练的专业人员才有可能识别,而图 9 非专业人员就能清晰识别出此次暴雨过程发生、发展和消亡的过程图形特征变化,也非常简单方便,便于预报人员掌握。

用同样的方法计算分析了黄石 1998 年 7 月 29 日至 30 日暴雨过程(29 日降水量为 158.9 mm,30 日降水量为 55.8 mm)的卫星遥感数字化分析,得到同样的结果。

5.3.2 数量分析法不是物质演化的预测方法

图 10 是黄石 1998 年 7 月 29 日至 30 日暴雨过程的卫星遥感数字化实验分析。图 10(a)是按每天为单位,取样时段为 24 h 是原始观测数据的数字化图,即保留非规则信息或称变化信息。图 10(b)是将观测数据按数量统计学分析方法的标准化程序处理,即消除非规则结构信息(小概率事件),而得到的数字化图。从图 10 的(a),(b)图对比分析可以看到,数量分析方法消除了反映暴雨产生的物理过程特征变化信息,没有预测意义。对原始数据按演化科学的数字化方法,体现暴雨演化的过程物理学特征,能清晰地识别演变过程并具有预测性。

6 结语

从卫星遥感信息数字化预测分析可知,卫星遥感的非规则信息数字化技术对暴雨的预测有重要的指导作用,其预报时效为 24~36 h 非规则信息变化的强弱与降水有很好的对应关系,具有超前的预测性和过程性。通过分析,应对如下几个问题引起重视。

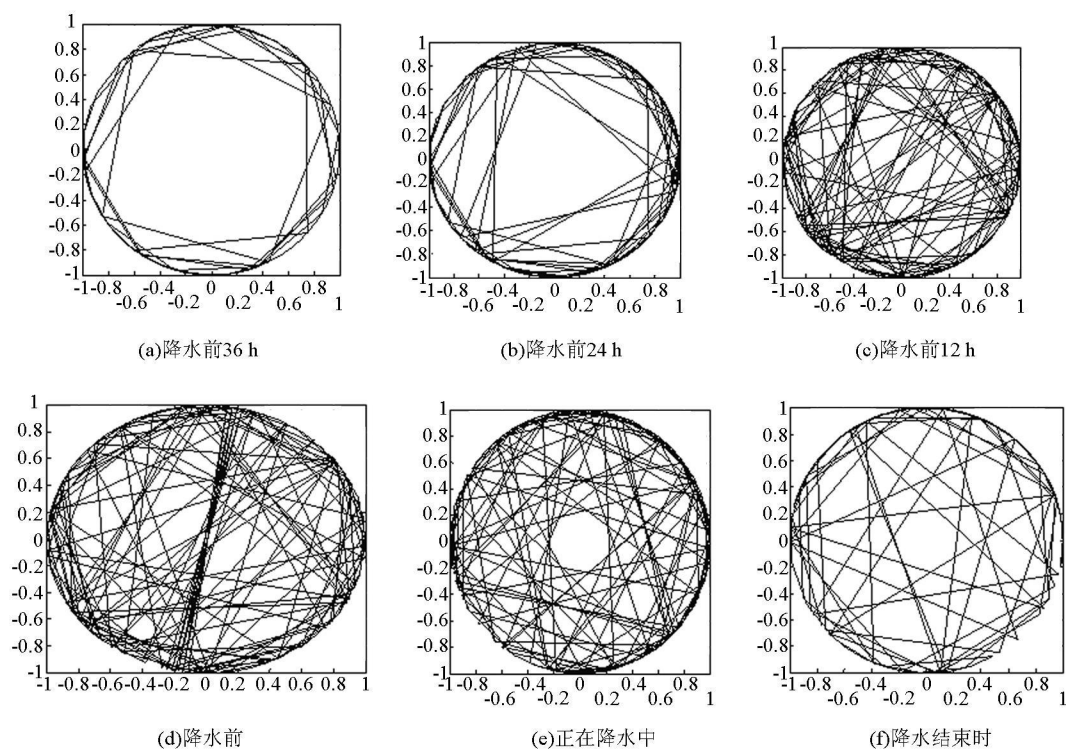


图 9 1998年 7月 18日至 24日黄石的暴雨过程卫星遥感信息数字化图

Fig 9 Digital figure of remote sensing information in procedure of rain-storm in Huangshi during the period 18—24 July 1998

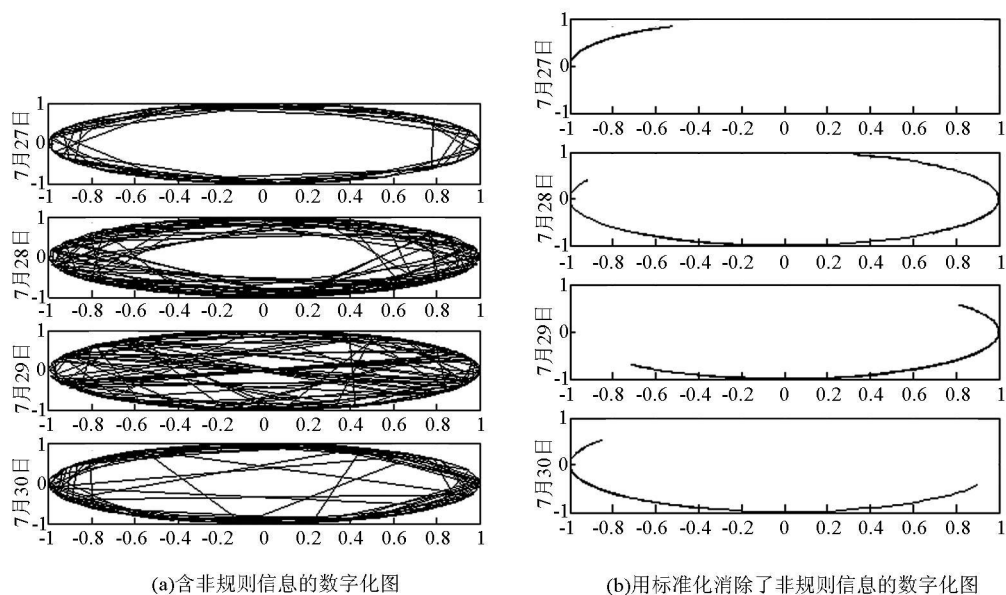


图 10 1998年 7月 27日至 30日黄石卫星遥感信息数字化分析研究图

Fig 10 Digital figure of remote sensing information in procedure of rain-storm in Huangshi during the period 27—30 July 1998

1)文章以时间不占物质维而不作物理量为基础观念,将传统的时序性信息数字化,以区分物理量变化的频繁性与非频繁性的结构特征。首先证实了气象科学所面临的是气象万千的演化科学的分支。结合解决暴雨的过程分析及预测,在观测资料的处理中,保留原始数据的事件属性的重要性。也为使用非规则信息提供了一种分析方法,简单并具有实用性。该处理方法也可以用于其他自然灾害的预测和老化问题等的处理。

值得强调的是气象科学是一门演化科学^[9],其相应的自然信息是不能按人为方法改变的,而相应的非规则信息是一种转折性信息,是天气变化的一种信号,其不同于传统方法的是以物质结构方式进行分析预测。对天气预测有重要的指导作用,因此不能在应用中过滤或消除掉非规则信息。

2)现在气象台已有气象卫星遥感接收系统,可实时接收到静止卫星每半小时时间间隔数据(2010年可实现15 min时间间隔观测)。将卫星遥感信息直接转化为结构信息,既可发挥卫星遥感信息的作用又可保存信息,并可转化为具有应用价值的资源,实现暴雨时空的细化预测技术方法。

3)运用V—30图,以空间结构信息完成暴雨的区域性预报。卫星遥感的方位结构信息完成暴雨时空的细化分析可以运用于细化预报,启用了遥感的

信息资源,并证实了传统的“振荡”式“时序”信息,都可以运用相空间结构转换方法处理。只是应注意,运用卫星云图毕竟是已经出现云系的临近预测,最好还是运用晴空遥感非规则信息。

参考文献

- [1] Chen Gangyi, Ouyang Bolin, Xia F. The changeless technique researches for city flood control and reduced the disaster[J]. Engineering Sciences, 2006, 4(1): 254—258
- [2] 欧阳首承, 陈刚毅, 林 益. 信息数字化与预测[M]. 北京: 气象出版社, 2009
- [3] Ouyang Shoucheng, Peng Taoyong. Non-modifiability of information and some problems in contemporary science[J]. Applied Geophysics, 2005, (01): 57—63
- [4] 欧阳首承, 张 葵, 郝丽萍, 等. 非规则时序信息的结构转换及演化的细化分析[J]. 中国工程科学, 2005, 7(04): 36—41
- [5] 徐夏因. “98·7”武汉及其附近地区特大暴雨中若干观测事实的分析[J]. 应用气象学报, 2001, 12(3): 327—336
- [6] 陈刚毅. 卫星遥感信息的非规则结构化分析方法[A]. 第16届全国遥感技术学术交流会论文集[C]. 北京: 地质出版社, 2007
- [7] 欧阳首承. 天气演化与结构预测[M]. 北京: 气象出版社, 1998
- [8] 欧阳首承, 谢 娜, 郝丽萍. 突发性灾害天气的结构预测与应急对策[J]. 中国工程科学, 2005, 7(09): 9—13
- [9] Chen Gangyi, Ouyang Bolin, Peng Taoyong. System stability and instability[J]. Engineering Sciences, 2005, 3(03): 44—51

A method of digitized weather forecasting of meteorological satellite remote sensing information

Chen Gangyi, Li Yueqing, Hou Kai,

- (1. Institute of Plateau Meteorology China Meteorological Administration, Chengdu 610073, China)
2. Chengdu University of Information Technology, Chengdu 610225, China
3. Henan Province Xuchang Meteorological Administration, Xuchang, Henan 461000, China)

[Abstract] In this paper, using the infrared nephogram and the black-body temperature (the cloud Top Black Body temperature, TBB) from the GMS5 satellite of Japan, the process of the occurrence, development and dying out of rainstorm are analyzed. At the same time, the Wuhan “98·7” Rainstorm would be delicately forecasted for in case. It is better effect to forecast rainstorm.

[Key words] satellite remote sensing; digital; rainstorm forecast; black-body temperature