

冯建英,王芝兰,柳媛普,等. 延伸期干旱、沙尘暴过程低频方法预报系统简介[J]. 干旱气象, 2014, 32(5): 851-856, [FENG Jianying, WANG Zhilan, LIU Yuanpu, et al. Drought and Dust Storm Process Extended-range Forecast System Based on Low-frequency Method and Its Application[J]. Journal of Arid Meteorology, 2014, 32(5): 851-856], doi:10.11755/j.issn.1006-7639(2014)-05-0851

延伸期干旱、沙尘暴过程低频方法 预报系统简介

冯建英¹, 王芝兰¹, 柳媛普¹, 李旭²

- (1. 中国气象局兰州干旱气象研究所, 甘肃省干旱气候变化与减灾重点实验室,
中国气象局干旱气候变化与减灾重点实验室, 甘肃 兰州 730020;
2. 兰州大学半干旱气候变化教育部重点实验室, 甘肃 兰州 730000)

摘要:对延伸期干旱、沙尘暴过程低频预报系统的整体框架、子模块构成和功能、预报方法、操作步骤及应用情况进行详细介绍。该系统主要有干旱、沙尘暴过程低频方法预报2个子系统, 各子系统包括低频天气图、关键区低频曲线2种预报方法。目前中国气象局兰州干旱气象研究所已使用该系统对西北地区东部的干旱过程和沙尘暴过程进行预报, 就沙尘暴预报效果来说, 2012年预报准确率达到75%, 2011年和2013年的预报准确率均达到67%, 预报时效达到8~31 d。而对干旱过程的预报效果, 2012年预报准确率达80%, 2011、2013年分别达75%、67%, 预报时效达6~30 d。

关键词:延伸期预报; 干旱过程; 沙尘暴过程; 低频天气系统

文章编号:1006-7639(2014)-05-0851-06 doi:10.11755/j.issn.1006-7639(2014)-05-0851

中图分类号:P49

文献标识码:A

引言

干旱、沙尘暴过程是中国西北地区最易发生的2种灾害性天气, 给工农业生产和人类生活带来严重困扰。干旱的发生是由于较长时段降水不足而引起水分供应失衡^[1-2], 所以应用短、中期天气预报方法对干旱进行预测有一定局限性。目前对沙尘暴过程的预测也仅限于在分析影响沙尘暴前期或同期的天气和气候因素的基础上, 在季以上的气候尺度上对其趋势进行预测^[3-4]。

延伸期预报是衔接天气预报和气候预测之间的10~30 d“时间缝隙”预报, 是中期预报(10 d以下)的延伸^[5-6]。我国学者20世纪70年代末开始关注延伸期到季节内时间尺度的天气过程预报^[7]。在国内外的延伸期预报实践中, 热带大气季节内振荡(Madden-Julian Oscillation, 简称MJO)是应用较为广泛的方法之一^[8-9]。低频天气图法是近年来涌现

出的新方法, 此方法最早由孙国武等^[10]提出, 2007年以来在中国气象局新技术开发项目的支持下不断更新和成熟。低频天气图法的优势在于: 一, 将普通天气图转化为低频天气图, 将传统的天气学原理和方法应用于低频天气图分析, 方法不受区域限制, 推广适用性较强; 二, 低频天气图法的物理架构清晰, 将延伸期预报问题转化为发掘低频天气系统活动规律与强降水过程之间的有机联系; 三, 所用资料为NCEP/NCAR或MICAPS实时资料, 下载简便, 从而增加了该方法的时效性和实用性^[6]。

目前, 低频天气图法多数是开展延伸期强降水过程的预报^[11-15], 上海市气候中心基于此方法研发了“月内重要过程趋势预测系统(MAPFS1.1)”, 在业务预报中取得较好的效果。在中国气象局气象关键技术集成与应用项目的推动和孙国武的指导下, 中国气象局兰州干旱气象研究所将该方法应用到西北地区东部的干旱和沙尘暴过程的预报中, 并提取影响西北

收稿日期: 2013-12-30; 改回日期: 2014-02-17

基金项目: 中国气象局气象关键技术集成与应用项目(CMAGJ2013M55)、干旱气象科学研究基金项目(IAM201404)及兰州大学中央高校基本科研业务费专项资金(lzujbky-2013-108)共同资助

作者简介: 冯建英(1963-), 女, 甘肃天水人, 副研究员, 从事干旱、沙尘暴等灾害性天气气候成因及其预测方法研究。E-mail: 1156783479@qq.com

地区东部的关键区低频波特征,发展了关键区低频波曲线预报方法。基于低频天气图和关键区低频波曲线2种方法,自主研发了延伸期干旱、沙尘暴过程低频预报方法系统。本文详细介绍该系统整体框架、构成模块、各项功能及具体的操作步骤,并对2种预报方法的预报思路和目前的应用进行简要介绍。

1 系统介绍

1.1 预报系统整体结构

延伸期干旱、沙尘暴过程低频方法预报系统采用 VB.NET 和 SharpGis 技术作为前台的开发工具,共有低频天气图方法和关键区低频曲线2种预报方法,预报的主要内容分为干旱过程和沙尘暴过程预报2项。系统可在 Windows XP、Windows 2000 及以上版本的环境下安装运行,其通用性确保在不同省(市、自治区)的本地化推广应用。系统还需 .NET framework 2.0 软件的支持,该软件可从互联网上下载安装。

目前该系统分为干旱过程和沙尘暴过程低频预报方法2个子系统(图1)。点击干旱(沙尘暴)图标即进入干旱(沙尘暴)预报界面。各子系统的主界面分别有系统设置、资料设置、低频天气图、关键区低频波、预报制作、历史数据、帮助文档和退出系统8个功能选择按钮,界面左下方为操作窗口,右下方为显示窗口,为了操作方便,界面的顶端设置了干旱、沙尘暴2个子系统的切换按钮(图2)。



图1 启动界面

Fig. 1 Splash interface of the prediction system

1.2 预报方法

1.2.1 低频天气图方法

低频天气系统具有缓慢、连续、准定常性以及周期(30~50 d)变化的特征^[13],利用 NCEP/NCAR 风场(或位势高度场)500 hPa(或其他层次)格点资料,经30~50 d带通滤波,得到每日的低频天气图。根据低频天气图上低频气旋、反气旋的活动特征,通



图2 主界面显示

Fig. 2 Main interface of the prediction system

过追踪低频系统的演变,分析确定低频系统的周期性、持续性和地域性及其与气象干旱过程和沙尘暴过程发生时段相关联的指标,从而建立预报模型,进行气象干旱和沙尘暴过程预报。

用低频天气图方法做预报的关键点是建立预报模型,包括划分预报关键区,确定干旱过程和沙尘暴过程发生时段各个关键区低频系统的配置及其周期等。建立了预报模型便可用于做过程预报。低频天气图方法做预报的步骤具体可分为以下8点:(1)滤波绘制低频天气图;(2)分析低频系统;(3)划分天气关键区;(4)归纳各关键区低频系统配置与周期;(5)确定预报对象;(6)分析低频系统与预报对象的对应关系;(7)建立预测模型;(8)进行预报。

1.2.2 关键区低频波曲线方法

确定出大气环流系统对研究区域发生气象干旱过程和沙尘暴过程影响较大的地区,即关键区,计算各关键区大气低频波,分析大气低频波的演变特征及其与干旱过程和沙尘暴过程的联系,从而建立预报模型。

关键区低频波的1~8个位相,特别是第3正位相(振幅峰点)和第7负位相(振幅谷点)及其相应的环流型,对于判断大气环流系统的稳定维持与否有一定的预示作用。在气象干旱维持时段,判断大气环流形势是否调整,即关键区低频波位相是否改变,以预测气象干旱的结束;沙尘暴过程发生时段往往位于关键区低频波曲线的最大正位相(第3正位相)或最小负位相(第7负位相)处,以此来预测沙尘暴过程的发生。

以上2种方法均是以“大气低频振荡原理和特性”为依据,分析30~50 d带通滤波后高度场、风场的低频特征,但两者有区别:(1)关键区不同:低频天气图是在追踪、分析、统计对影响研究区低

频系统的基础上划分出关键区,通过整理各关键区发生干旱或沙尘暴过程时各关键区低频系统的生成、发展、移动、演变及消亡的规律及周期,外推系统配置,从而进行预报;而天气关键区低频波曲线法则直接给出天气过程发生的大气环流系统影响较大的关键区。在本文中影响沙尘暴天气过程的4个关键区(乌拉尔山、西西伯利亚、中亚、青藏高原),影响干旱天气过程的6个关键区(西西伯利亚、新疆—贝加尔湖、中亚、孟加拉湾、青藏高原、西太平洋),通过各关键区低频波曲线的周期判断低频波曲线的位相是否改变进行预报。(2)研究内容不同:低频天气图法主要分析低频系统(低频气旋和低频反气旋),而关键区低频波曲线则主要分析低频位势高度。

1.3 子模块功能

(1) 系统设置

系统设置窗口的主要功能是完成各个关键区的区域设置及气旋和反气旋的周期设置,供后续预报使用。系统设置可通过点选图层控制的复选框显示或消除地图,也可更改地图的投影方式(麦卡托投影和兰伯特投影),以便能更清晰显示低频系统,视图美观。通过点击关键区管理中的条目,可高亮显示所选的关键区位置。通过点击“增加”、“编辑”按钮,将弹出关键区设置窗口,可根据影响不同区域的低频天气系统,设置不同关键区,修改关键区低频气旋、低频反气旋的周期,进行外推做预报。低频天气图关键区的划分及设置是对历史多年低频系统的追踪、统计,结合天气过程和低频系统变化特征,且要保证低频系统的独立性和完整性,在此基础上确定出影响研究区域的关键区。因此,为确保该系统在不同省(市、自治区)的本地化推广应用,需完成对影响该地区低频系统追踪统计。图2为影响西北地区干旱(沙尘暴)过程划分的9个关键区。

(2) 资料设置

资料设置窗口设置了NCEP资料的存放路径及网址输入,可实现本地链接和在线下载2种方式的资料输入。系统在资料下载方面应用了续接方式,即系统可识别已下载完成的数据,从未下载的日期开始继续下载,以达到节省时间的目的。该窗口还设置了9210工程资料的输入路径,以便对预报结果进行检验。对预报结果进行低频数据输出路径和预报结果输出路径归类,方便用户对预报结果的查询与检验。

(3) 低频天气图

资料下载完毕后,点击“低频天气图”功能选择

按钮,进入低频天气图分析界面。首先选择起止时间,点击“低频运算”按钮,系统将进行低频过滤运算,并将计算的日期列在左下方。点击相应的日期,右侧显示窗口即出现对应日期的低频天气图。系统设置了要素和层次选择,可根据需要分析不同层次的低频流场和低频高度场(图3)。

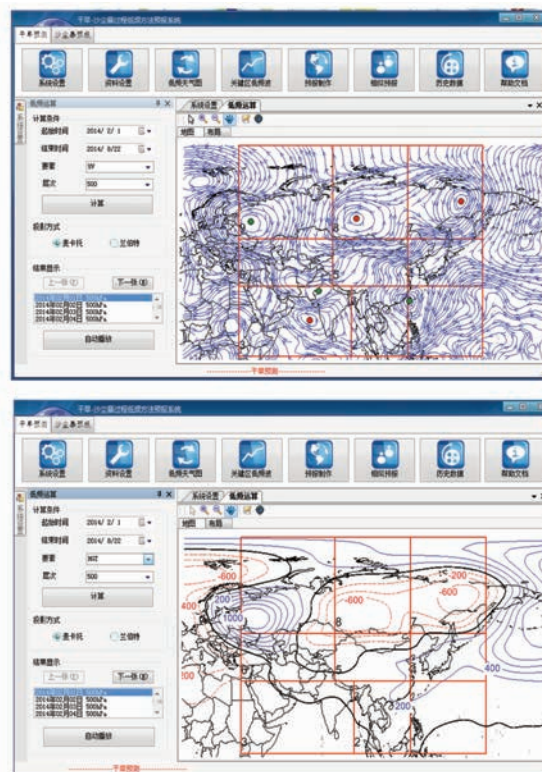


图3 低频天气图分析界面

Fig. 3 Analysis interface of low-frequency weather map in the prediction system

分析低频流场系统时,通过鼠标右击进行添加气旋点和反气旋点(图4),编辑气压点属性,如新增、移动或振荡,气旋或反气旋。选定气压点属性后,将会自动给出相应气压点的经纬度、所在关键区等信息,以便对逐日低频系统进行统计分析。系统可实现天气图的放大、缩小、地图漫游、图片保存和经纬度显示等功能。此外,还实现了天气图的自动播放功能。

(4) 关键区低频波

进入关键区低频波分析界面(图5),选择低频波关键区、起止时间后,点击显示,则右侧绘制出相应关键区某段时间内的低频曲线图。通过分析低频曲线,右击鼠标手动给出低频波峰点(谷点)最后出现的时间,添加对应关键区的低频波周期进行外推,即自动给出下一次峰点(谷点)出现的时间,可做出预报。



图4 气旋点和反气旋点的编辑窗口

Fig. 4 Editing window of cyclone point and anti-cyclone point in prediction system

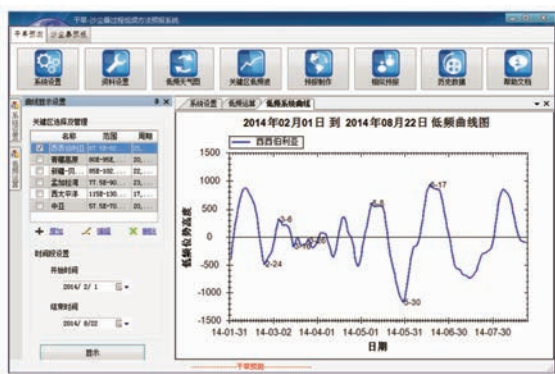


图5 关键区低频波曲线分析界面

Fig. 5 Analysis interface of low-frequency curve in key area

(5) 预报制作

点击主界面上的“预报制作”按钮,进入预报制作界面(图略)。选择起止时间后,点击“低频系统统计情况”按钮,弹出各个关键区逐日低频系统的生成、移动和消失情况,便于追踪低频系统的演变特征及分析各关键区低频系统的配置情况。

选择预报时间,点击“各区低频系统及未来生成日期”按钮,则弹出各个关键区的生成日期及未来2个周期后的生成日期结果(图6)。



图6 各区低频系统及未来生成日期界面

Fig. 6 Interface of the date of generating low-frequency weather system for different key area in future

选择预报时间,点击“未来低频系统配置”按钮,则给出未来30 d内各个关键区可能出现气压点的日期(图7),通过分析各区未来30 d内生成的低频系统的配置情况,作出预报。



图7 未来低频系统配置界面

Fig. 7 Interface of presenting low-frequency weather system in future

点击“预报制作”按钮,则弹出如图8所示的预报制作界面,左侧是利用关键区低频曲线的预报结果,可以进行查询;右侧是集成的预报结果,可根据左侧的预报(关键区低频曲线)和天气系统的配置做出最终的预报,预报结果可导出。



图8 预报制作

Fig. 8 Interface of making forecast product

(6) 历史数据

为检验预报结果,建立了降水、沙尘暴等气象要素的历史资料库,根据起止时间进行入库和列表查看以及图表显示,并与预报结果进行对比。

(7) 帮助文档

点击“帮助文档”按钮,系统将给出帮助文档,详细介绍系统各按钮的功能。

(8) 退出系统

安全退出系统。

延伸期干旱、沙尘暴过程低频方法预报系统预报流程见图9。

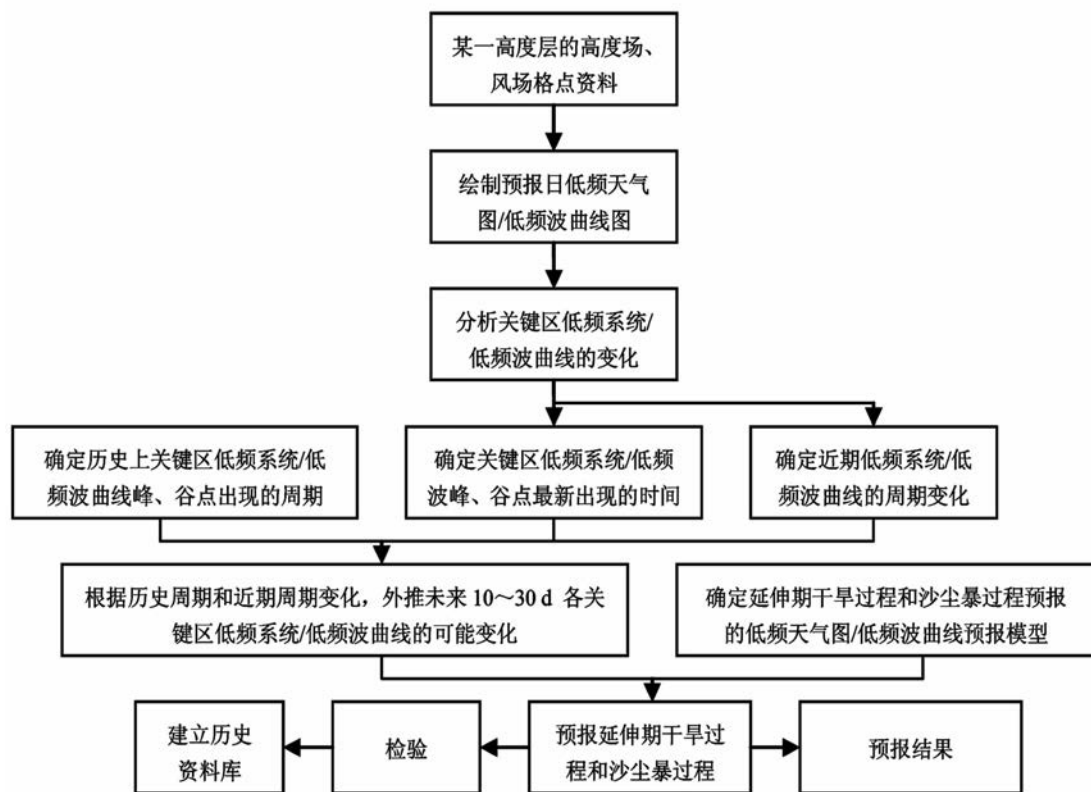


图9 延伸期干旱、沙尘暴过程低频方法预报业务流程

Fig. 9 The technical flow of extended-range drought and dust storm process prediction based on low-frequency method

2 系统应用进展

中国气象局兰州干旱气象研究所通过多年对西北地区东部干旱和沙尘暴过程低频特征的追踪、分析、统计与整理,得到西北地区东部干旱和沙尘暴过程发生时段的低频信号,在此基础上,应用低频天气图和低频波曲线方法进行西北地区东部延伸期干旱过程和沙尘暴过程的预报。延伸期干旱、沙尘暴过程低频预报方法系统是在对该预报方法熟练掌握并长期用于预报的情况下研发而成的,旨在业务预报平台中得以推广,为干旱和沙尘暴灾害性天气过程的预报提供有利途径。

表1给出了2011~2013年西北地区东部沙尘暴、干旱过程的预报检验结果。可以看出,近3a利用延伸期低频方法对西北地区东部沙尘暴过程的预报正确率均在60%以上,其中2012年达到75%,预报时效在8~31d;而同期干旱过程的预报正确率也在60%以上,其中2012年达到80%,预报时效在6~30d。这说明应用延伸期低频方法对沙尘暴和干旱过程预报模型的建立是合理的。基于此研发的系统在业务预报中也能发挥很好的作用。

表1 2011~2013年延伸期低频方法对西北地区东部沙尘暴及干旱过程的预报效果检验

Tab. 1 Forecast effect test of sand dust storm and drought processes based low-frequency method in the eastern of Northwest China in 2011-2013

	年份	预报次数 /次	预报准确次数 /次	空报 /次	漏报 /次	预报准确率 /%	预报时效 /d
沙尘暴	2011	6	4	2	1	67	8~19
	2012	8	6	2	2	75	13~31
	2013	6	4	2	1	67	15~27
干旱	2011	4	3	1	0	75	10~27
	2012	5	4	1	1	80	9~30
	2013	6	4	2	1	67	6~27

3 小结

目前延伸期(10~30d)预报是个较为困难的问题,影响该时间尺度的因子较多,增加了预报的不确定性。本文在已有的研究基础上,基于低频天气图和关键区低频波曲线2种方法,介绍了中

国气象局兰州干旱气象研究所自主研发的延伸期干旱、沙尘暴过程低频预报方法系统。文中对该系统的整体框架、子模块构成和功能、预报方法、操作步骤及应用进展等方面进行了详细描述。该系统主要有干旱过程低频方法预报和沙尘暴过程低频方法预报 2 个子系统,各子系统中均使用低频天气图、关键区低频波曲线 2 种方法进行预报。该系统可根据研究区域的不同,编辑和修改相关的低频指标,如低频天气图的关键区、影响研究区域天气过程的低频波曲线关键区,低频气旋(低频反气旋)及低频波曲线的周期等,为各业务单位提供良好的干旱和沙尘暴过程预报平台。中国气象局兰州干旱气象研究所使用该系统对西北地区东部沙尘暴和干旱过程进行预报,沙尘暴过程 2012 年预报准确率达到 75%,2011 年和 2013 年的预报准确率均达到 67%,预报时效在 8~31 d。干旱过程的预报准确率 2012 年达 80%,2011 年和 2013 年分别达 75% 和 67%,预报时效 6~30 d。

参考文献:

- [1] 王劲松,李耀辉,王润元,等. 我国气象干旱研究进展评述[J]. 干旱气象,2012,30(4):497-508.
- [2] 张强,张存杰,白虎志,等. 西北地区气候变化新动态及对干旱环境的影响——总体暖干化,局部出现暖湿迹象[J]. 干旱气象,2010,28(1):1-7.
- [3] 李海英,高涛,薄玉华. 内蒙古中西部春季沙尘暴预测初探[J]. 气象,2003,29(10):22-25.
- [4] 林纾. 季以上尺度预报春季区域性沙尘暴过程的方法研究[J]. 中国沙漠,2006,26(3):478-483.
- [5] 丑纪范,郑志海,孙树鹏. 10~30 d 延伸期数值天气预报的策略思考——直面混沌[J]. 气象科学,2010,30(5):569-573.
- [6] 马浩,毛燕军,雷媛,等. 10~30 d 延伸期天气预报研究进展综述[J]. 干旱气象,2012,30(4):514-521.
- [7] 孙国武,冯建英,陈伯民,等. 大气低频振荡在延伸期预报中的应用进展[J]. 气象科技进展,2012,2(1):11-18.
- [8] 丁一汇,梁萍. 基于 MJO 的延伸预报[J]. 气象,2011,36(7):111-122.
- [9] 据建华,吕俊梅,谢国清,等. MJO 和 AO 持续异常对云南干旱的影响研究[J]. 干旱气象,2011,29(4):401-406.
- [10] 孙国武,陈葆德. 青藏高原上空大气低频波的振荡及其经向传播[J]. 大气科学,1988,12(3):250-256.
- [11] 孙国武,信飞,陈伯民,等. 低频天气图预报方法[J]. 高原气象,2008,27(增刊):64-68.
- [12] 孙国武,信飞,孔春燕,等. 大气低频振荡与延伸期预报[J]. 高原气象,2010,29(5):1141-1147.
- [13] 孙国武,孔春燕,信飞,等. 天气关键区大气低频波延伸期预报方法[J]. 高原气象,2011,30(3):594-599.
- [14] 陈伯民,信飞,沈愈,等. 月内重要天气过程与气候趋势预测系统及应用进展[J]. 气象科技进展,2013,3(1):46-51.
- [15] 孙国武,李震坤,信飞,等. 延伸期天气过程预报的一种新方法——低频天气图[J]. 大气科学,2013,37(4):945-954.

Drought and Dust Storm Process Extended – range Forecast System Based on Low – frequency Method and Its Application

FENG Jianying¹, WANG Zhilan¹, LIU Yuanpu¹, LI Xu²

(1. Institute of Arid Meteorology, Key Laboratory of Arid Climatic Change and Reducing Disaster of Gansu Province, Key Laboratory of Arid Climate Change and Disaster Reduction of CMA, Lanzhou 730020, China; 2. Key Laboratory for Semi – Arid Climate Change of the Ministry of Education, Lanzhou University, Lanzhou 730000, China)

Abstract: This paper introduces the whole framework, structure and function in sub – modules, forecast method, operational procedure and application of the drought and dust storm process extended – range low – frequency method forecast system in detail. The system mainly contains the drought and dust storm process low – frequency method forecast subsystem, and the low – frequency weather map and low – frequency curve in key area methods are all involved with the system. Up to now, the system has been used by Lanzhou Institute of Arid Meteorology to forecast drought and dust storm process in the eastern of Northwest China. The prediction accuracy rate for dust storm process is 75% in 2012, 67% in 2011 and 2013, respectively, and the forecast period reaches 8 – 31 days. For drought process, that is 80% in 2012, 75% in 2011 and 67% in 2013, respectively, and the forecast period reaches 6 – 30 days.

Key words: extended – range forecast; drought process; dust storm process; low – frequency weather system