

中期延伸天气预报方法研究

吴曼丽^{1,2} 陆忠艳² 王瀛²

(1. 东北大学资源与土木工程学院, 沈阳 110015; 2. 沈阳中心气象台, 沈阳 110016)

摘要:针对未来8—17 d中期预报方法短缺的现状,将数值预报产品与历史资料有效结合和应用,以天气学、统计学为基础,通过关键区相似预报等方法,研制出了一种通过计算环流相似和气候概率实现中期延伸预报的方法。结果表明:中期延伸天气预报方法能够反映未来天气演变和降水、气温的总体变化趋势。经过检验,认为可以应用于中期天气预报业务。

关键词:中期延伸天气预报;关键区;环流相似;预报方法

1 引言

中期天气预报^[1-2]一直是气象科学领域的研究难点,它不如短期预报依据那么丰富,也不如短期气候预测那么具有较明显的气候规律。随着气象业务的发展,广大用户对更长时间的天气预报需求不断增加,目前的各种数值预报产品^[3]无法满足当前中期预报和服务的需要。因此,急需研制更加具有中期预报特点的客观化产品。本文以近40 a来各种天气资料为基础,应用相似分析技术^[4-5],采用概率统计^[6]、相似离度^[7-9]等方法,研制出了8—17 d关键区^[10-11]环流相似预报方法^[12-14]、降水概率^[15-16]查询方法等;利用Fortran和VB编程语言建立了天气要素库及中期相似预报客观分析系统,延长了中期预报时效,为8 d以上天气预报提供了科学、客观的参考依据。同时,本方法可用于中期暴雨预报。

2 资料与方法

2.1 预报原理

中期天气预报过程是在大气行星尺度系统或天气尺度系统演变的背景下生成的。行星尺度系统沿纬圈波数为1—3的超长波,水平尺度在6 000 km以上,生命史为5—10 d;天气尺度系统沿纬圈波数为4—10的长波和短波,水平尺度为2 000—6 000 km,生命史为3—5 d。当大气环流背景^[17]被确定后,对应的中期天气过程也大体上被确定了。本文是从历史个例中寻找相似的大气环流过程,再从相似过程对应的中期天气基础上,推导出未来的中期天气预报。

2.2 资料

目前,中期预报的制作中研究冷空气来源主要

是参考高空500 hPa环流。本文中,环流形势场均指500 hPa高度场,预报场采用欧洲中心168 h预报产品,范围为0°—90°N,0°—360°E,格距为2.5°×2.5°。历史资料采用1971—2000年辽宁54个气象站逐日降水、气温资料。历史高度场采用欧洲中心的1971—2004年500 hPa逐日、逐旬实况高度场资料,范围为20°—85°N,5°—360°E,格距为5°×5°。

2.3 方法

我国地处亚洲东部地区,影响我国北方地区的天气系统一般均经由我国新疆至西伯利亚地区。当500 hPa高空影响系统进入25°—60°N,60°—140°E时,将可能对辽宁天气产生一定的影响。因此,将此范围定义为影响辽宁的天气系统关键区。在制作辽宁天气预报时,需特别关注此范围内的天气系统。本文环流相似采用了关键区相似方法。

降水概率采用概率统计方法,表达式:

$$Y = \frac{\sum_{i=1}^n X_i}{n} \times 100\% \quad (1)$$

式(1)中,资料长度为30 a或46 a; $X_i = 1$ 为第*i*年出现了指定降水量级的降水; $X_i = 0$ 表示第*i*年没有出现指定量级的降水; Y 为指定级别降水出现的概率。

环流相似查询采用了目前使用较为广泛、天气学应用效果较好的相似离度方法进行相似计算。公式:

$$C_{ij} = \frac{1}{2} (S_{ij} + D_{ij}) \quad (2)$$

$$S_{ij} = \frac{1}{M} \sum_{k=1}^M |X_{ij} - E_{ij}| \quad (3)$$

$$D_{ij} = \frac{1}{M} \left| \sum_{k=1}^M X_{ij} \right| \quad (4)$$

$$X_{ij} = X_i - X_j \quad (5)$$

$$E_{ij} = \frac{1}{M} \sum_{k=1}^M X_{ij} \quad (6)$$

式(2)一式(6)中, M 表示样本个数, E_{ij} 表示 i 样本对 j 样本中所有因子间差值的总平均; D_{ij} 表示海明距离对因子容量 M 的平均, 它能很好地反映 2 个样本之间在总平均数值的差异程度; S_{ij} 表示样本中因子间的差值对 E_{ij} 的离散程度; C_{ij} 表示相似离度指数, C_{ij} 越小, 相似离度越高。相似离度可以理解为距离系数的某种延伸, 它全面考虑了型相似和值相似。

3 系统功能

3.1 气象要素查询

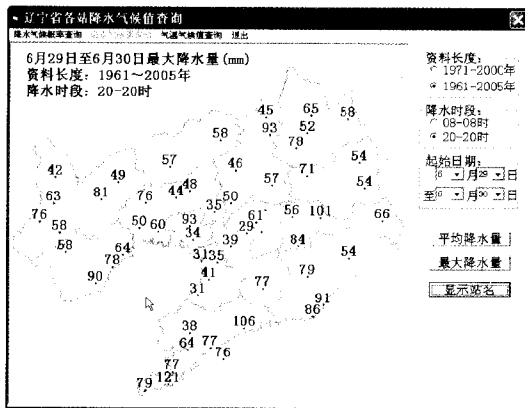
整理近 50 a 逐日气温和降水资料, 建立天气要素

库。统计相关历史资料, 制作了降水和温度气候值查询系统, 主要功能包括逐日降水概率的查询、任意时段降水和温度平均值与极值的查询和统计, 为中期天气预报提供了气候参考资料, 并增加了中期天气预报的客观工具。图 1 给出了系统的部分操作界面。

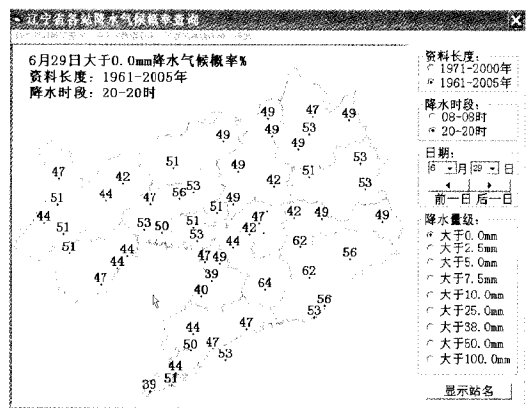
3.1.1 任意时段降水查询

(1) 首先选取资料长度为 1971—2000 年或 1961—2005 年, 再选取查询时段为 08—08 时或 20—20 时。(2) 给出要查询的任意日期范围。(3) 选择系统给出历史平均降水量或历史最大降水量, 图 1a 为最大降水量气候值。辽宁 54 个气象站资料直接显示在辽宁省地图上, 便于查看降水分布情况。同时为了方便统计, 还计算了全省平均降水量。

3.1.2 降水概率查询



(a) 6月29-30日最大降水



(b) 6月29日大于0.00mm降水概率

图 1 辽宁各站降水气候值查询界面

(1) 首先选取资料长度为 1971—2000 年或 1961—2005 年, 再选取查询时段 08—08 时或 20—20 时。(2) 给出要查询的日期(月、日), 此日期可以进行前后时间显示。(3) 指定降水量级, 0—100 mm, 分为小雨、中雨、大雨、暴雨等 9 个等级。然后, 系统给出辽宁 54 个气象站历史上当日出现指定量级降水的概率, 按概率的大小赋予不同颜色, 显示在辽宁省地图上。图 1b 为大于 0.00 mm 的降水概率。

3.1.3 任意时段气温查询

(1) 首先选取资料长度 1971—2000 年或 1961—2005 年; (2) 给出要查询的任意日期范围; (3) 可以选择系统给出的历史平均气温、最高气温、最低气温以及三者的极大值和极小值, 辽宁 54 个气象站资料直接显示在辽宁省地图上。

3.2 关键区环流的相似查询

系统以天气学、统计学为基础, 应用相似分析技术, 使用相似离度方法进行中期 8—17 d 预报方法试验性研究。资料使用 Fortran 语言进行整理, 客户界面使用 VB 语言进行优化, 操作简单, 结果显示清晰。

3.2.1 平均环流的相似查询

针对 8—17 d 天气预报的特点, 制作了 500 hPa 10 d 平均环流的相似查询。由于目前数值预报产品仅提供了 168 h(7 d) 预报, 故采用预报场:

$$H = (H_{d-48} + H_{d-24} + H_d + H_{d+24} + H_{d+48} + \dots + H_{d+168}) / 10 \quad (7)$$

式(7)中, d 为当前日期, 即平均环流为 3 d 实况加 7 d 预报的平均环流。相似场: $Y_n = Y_{n,m-1}, Y_{n,m}, Y_{n,m+1}, Y_{n,m+2}; n = 1971, 1972, \dots, 2005; n$ 为年份, m 为当前旬。

由于考虑到其他不同季节的环流场不具有可比性, 所以在当前所在旬及其前 1 旬和后 2 旬的范围内进行相似查询。系统自动给出查询日期, 系统通过相似离度方法进行计算, 从 1971—2004 年相关旬平均环流场中找出最相似的 3 个环流场, 并认为相似旬的后一旬环流形势与预报场未来一旬环流也存在相似, 而且给出相似场降水和温度的实况及气候值, 并制作出实况与气候值的偏差分析。表 1 给出了某旬相关资料。例如降水给出与历史相比偏多或

偏少的距平百分率,气温给出距平值。系统可提供

表1 第1相似旬的后一旬相关资料

站点	降水量 /mm	降水量常 年值/mm	偏差 /成数	气温 /℃	常年气 温/℃	偏差(距 平)/℃
沈阳	0.8	8.7	-9	5.3	4.0	1.3
大连	10.7	6.7	6	11.4	9.0	2.4
鞍山	0.5	8.7	-9	7.7	5.7	2.0
抚顺	0.9	9.0	-9	5.1	2.6	2.5
本溪	0.0	9.8	-10	6.4	3.8	2.6
辽阳	0.6	8.2	-9	6.4	4.6	1.8
葫芦岛	4.1	5.4	-2	6.3	5.5	0.8
营口	1.0	9.2	-9	6.7	5.6	1.1
丹东	0.0	12.4	-10	9.7	6.2	3.5
阜新	3.7	5.1	-3	3.8	3.1	0.7
铁岭	0.8	7.3	-9	4.9	3.7	1.2
朝阳	0.0	3.2	-10	5.0	4.3	0.7
锦州	3.5	4.9	-3	6.2	5.4	0.8
盘锦	2.3	7.4	-7	5.7	5.0	0.7

未来8—17 d的环流形势、降水及气温的总体概况。可充分利用MICAPS特有的4分屏启动功能,使预

表2 关键区相似预报

相似型	相似日期	相似系数	平均降水量/mm	常年降水量/mm	平均温度/℃	常年气温/℃
第1相似型	1993年10月下旬	1.29	2.1	7.6	6.5	4.9
第2相似型	1971年10月上旬	1.34	0.9	7.6	6.7	4.9
第3相似型	1997年11月上旬	1.46	5.4	6.1	1.6	1.0

注:范围为25—60°N,60—140°E。

4 应用实例

在2005年以来的业务运行中,此方法得到广泛应用。如预报当日为2005年10月25日时,欲知2005年11月1—10日天气情况,即8—17 d中期预报,则以2005年10月24日20时欧洲中心500 hPa数值预报产品为基础,应用11月22—31日(3 d实况加上7 d预报)的平均环流作为预报基础,进行历史相似环流的查询。查询表明,3个相似旬的关键区环流形势与预报场关键区的环流比较接近,但主要影响系统各不相同。此时通过主观判断,决定最合理、最相似的环流。本例中,预报场环流最大特点是辽宁处于西北气流控制中,冷空气存在于等值线相对密集的高纬度地区,其1993年10月下旬环流场中冷空气主体偏北,辽宁基本处于相对平直的偏西气流控制中,与预报场环流背景最为接近。参考以上主观判断再次确定第1相似环流为1993年10月下旬。系统经过计算给出相似数据(表2)。表2中,同时列出3个相似环流日期、相似系数和全省平均降水、气温资料,以供统计、参考。其显示3个环流相似背景下,降水量均比常年值偏少,气温均比常年偏高。由于趋势非常一致,提供了预报思路。

报场与3个相似场同时显示。为突出关键预报区,预报场可显示关键区部分环流形势。

3.2.2 逐日环流的相似查询

为满足各种天气咨询的需求,针对8—17 d过程预报,制作了逐日环流场的相似查询。即对于任意预报场,同样采用相似离度方法,从历史逐日环流场中找出3个最相似的环流场,并认为相似环流以后的演变与预报场相似。利用MICAPS前后滚动显示的特点,方便查看相似环流的演变,即冷空气的来源、移动路径和速度、发展趋势等。另外,此功能也可用于暴雨环流相似查询,不仅有利于提高中期暴雨预报准确率,对短期暴雨预报也有一定的帮助。可任意选定资料库中天气资料,包括历史实况和未来预报场均可作为预报基础场,在默认查询时间的情况下,可在历史上对该日的前、后5 d计10 d范围内进行查询;可以自由设定查询日期范围,经过计算可以提供相似环流,通过相似场前后滚动显示功能,可以实现天气过程演变的查询。

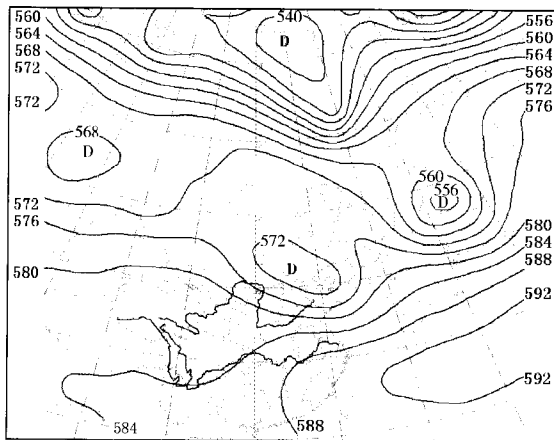
另外,系统提供第1相似旬后一旬(以1993年11月上旬为例)详细天气资料(表1),也就是未来8—17 d相似环流的气候资料。表2列出了全省14个地市级气象站降水、气温的实况及常年值,并计算出降水偏差及气温距平。数据表明,1993年11月1—10日全省降水偏少,大部分地区偏少7成以上,全省气温偏高,平均偏高1.6℃。而2005年11月1—10日实况为全省降水偏少6成,气温偏高4.9℃。

以上实例表明,相似方法的预报结果与实况基本吻合。由于没有任何2次天气过程会完全一致,所以相似场与预报场之间也必定存在差异。本例中气温距平误差较大,其主要原因是相似场冷空气强度强于预报场,表现为相似场中等值线比预报场要密集。这种环流之间的差异可以通过主观判断进行更正,使预报更加合理、准确。在此例预报中,成功地预报出全省平均气温偏高4—5℃,与实况吻合。

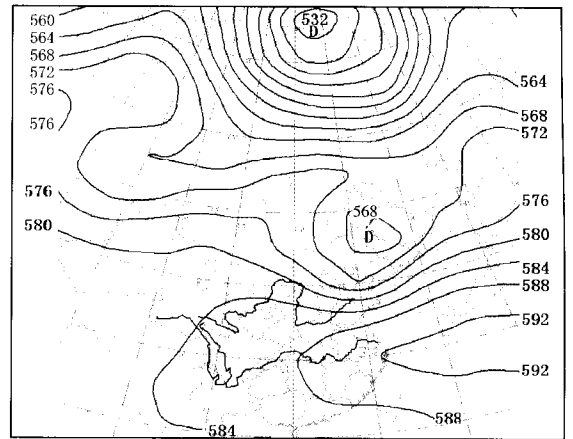
逐日相似环流查询功能在日常预报中应用比较广泛,可在短期、中期和暴雨过程预报中进行历史相似查询;查找到相似场后,再进行历史相似过程降水

量的查询和降水气候概率的对比分析,即可对天气过程做出科学的预报。根据2006年6月29日20时500 hPa高度场查找出日相似环流,图2给出了预报环流和最相似环流场。图2表明,预报场与相似场主要天气系统非常相似。预报场中极涡位置偏北,中等强度冷空气集中在巴尔喀什湖北部地区,我国东北地区受低涡控制,带状副热带高压北界位于30°N附近,鄂海地区有高压脊。与其环流及影响系统最为相似的为1991年7月22日500 hPa高度场,此次冷空气活动导致的辽宁平均降水量为47 mm。

同时,可以参考有天气过程当日的降水概率和历史最大降水量,其显示6月29日全省降水概率均高于前后几天,东部超过60%,西部为50%左右,最大降水量为100.8 mm。根据预报经验,已知在有冷空气活动的情况下,降水气候概率在40%或以上,出现降水的可能性较高。因此,可相应判断出2006年6月29日将有一次较明显降水天气过程。实况表明:2006年6月29—30日辽宁出现一次降水天气过程,全省平均降水量为48.7 mm,最大降水量为230.0 mm。



(a) 2006年6月29日



(b) 1991年7月22日

图2 20时500 hPa高度环流场

5 结论

(1)系统将当前的数值预报产品与历史资料有效结合和应用,可以增加中短期客观预报方法,延长预报时效,具有推广性。

(2)降水概率及气候资料的统计,不仅可增加预报员对气候概况的理解,也有助于增加预报的客观性、准确性,可作为中、短期预报的重要参考工具。系统在辽宁汛期的气候预报、旬预报过程中使用频率较高。

(3)关键区环流相似预报可以使预报员更加清晰、准确地了解未来8—17 d降水、气温的总体趋势,不再是主观判断和简单外推,增加了预报的客观性。逐日环流相似查询不仅可用于中长期过程预报,也可为中短期暴雨预报提供相似型个例,有助于提高暴雨预报的准确性。

(4)相似方法的预报结果与实际基本吻合,旬降水、气温的趋势预报较好,但具体数值仍然存在一定的偏差。这种误差将会随着数值预报水平的提高有所改变。同时,预报方法对过程预报具有较高的参考价值,若结合降水概率和气候资料共同使用,则效果会更好。

参考文献

[1] 仇永炎. 中期天气预报[M]. 北京: 科学出版社, 1985:

115—117.

- [2] 章基嘉, 葛玲. 中长期天气预报基础[M]. 北京: 气象出版社, 1983: 108—156.
- [3] 张智勇. 欧洲中心和日本数值预报格点产品解释应用初探[J]. 吉林气象, 2005(1): 10—12.
- [4] 郭达峰, 许爱华, 肖安. 多级相似作温度精细化预报初探[J]. 江西气象科技, 2005, 28(3): 23—26.
- [5] 张延亭, 单九生. 逐步引进因子场作相似预报[J]. 气象, 2000, 26(3): 22—27.
- [6] 施能. 气象科研与预报中的多元分析方法[M]. 北京: 气象出版社, 1995: 16—17.
- [7] 李开乐. 相似高度及其使用技术[J]. 气象学报, 1986, 44(2): 174—182.
- [8] 蔺波, 詹红霞, 白莉. 伊犁中短期降水客观预报方法和实时业务系统研究[J]. 新疆气象, 2004, 27(5): 9—10.
- [9] 李一平, 康玲, 宋丽英. 相似高度方法在沙尘暴预报中的应用[J]. 内蒙古气象, 2004(2): 5—8.
- [10] 于慧波, 夏梅艳, 李晶, 等. 2002年10月辽宁低温成因分析及预测[J]. 辽宁气象, 2003(4): 2—4.
- [11] 杨文艳, 王谦谦. 影响辽宁7—8月降水的海温场特征初探[J]. 辽宁气象, 2004(3): 14—24.
- [12] 钟元. 多元判据综合评估中期天气客观相似预报模式[J]. 气象, 2003, 29(4): 3—9.
- [13] 晁淑懿, 金荣花. 一种综合相似中期预报模型[J]. 应用气象学报, 1996, 7(3): 300—307.

- [14] 阎惠芳,李社宗.常用相似性判据的检验和综合相似系数的使用[J].气象科技,2003,31(4):211-215.
- [15] 王艳华,路爽,任传友.沈阳市降水概率预报模式研究[J].沈阳农业大学学报.2005,36(2):148-151.
- [16] 路爽,廖国进,李喜有,等.沈阳市降水概率预报服务系统[J].气象与环境学报,2006,22(1):68-71.
- [17] 顾节经,顾群.辽宁短期气候变化的波动理论研究[J].气象与环境学报,2006,22(2):42-44.

Study on medium-range extended weather forecast method

WU Manli^{1,2} LU Zhongyan² WANG Ying²

(1. Resource and Civil Engineering College of Northeastern University, Shenyang 110015;

2. Liaoning Meteorological Observatory, Shenyang 110016)

Abstract: Based on the synoptic meteorology, statistics and analogical forecast of key area as well as numerical forecasting products and historical data, a method for realizing medium-range weather forecast was developed, in terms of circulation similarity and climatic probability because of the shortage of medium-range weather forecast method. The results showed that medium-range weather forecast method could reflect general trends of future weather, precipitation and temperature variation, which could be applied to the medium-range weather forecast operation.

Key words: Medium-range weather forecast; Key areas; Circulation similarity; Forecast method