

月尺度动力模式产品解释应用系统及预测技巧^{*1}

覃志年¹⁾²⁾ 陈丽娟²⁾ 唐红玉³⁾ 黄颖¹⁾

¹⁾(广西壮族自治区气候中心, 南宁 530022) ²⁾(国家气候中心 中国气象局气候研究开放实验室, 北京 100081)

³⁾(重庆市气象局气候中心, 重庆 401147)

摘 要

从短期气候预测业务面临的实际问题出发, 针对月尺度气候预测, 利用国家气候中心月动力延伸预报(DERF)模式资料, 开发了集多种统计预测方法、多种解释应用技术于一体的业务系统。利用该系统的多种预测方法对广西 88 个站点 2005—2008 年 6 月降水距平百分率的独立样本检验结果表明: 在解释应用方法中, 基于模式输出统计假设方法(MOS)的预报结果优于完全预报法(PP); 利用预测站点附近的环流关键区构建的预测因子预报效果最好; 经验统计函数法(EOF)和动力与统计相结合的预测准确率较高且较稳定; 同时满足模式预测资料中预测因子和预测对象的高相关关系, 以及再分析资料中预测因子和预测对象之间高相关关系确定关键区, 并在此基础上建立预测模型的预测效果更佳。解释应用预测准确率一般都在 70 分以上, 高于传统的物理统计预测结果。

关键词: 月尺度; 动力延伸预报; 解释应用; 技巧

引 言

由于影响短期气候因素的复杂性和气象工作者对长期天气过程认识的局限性, 目前的短期气候预测水平还不高^[1-2]。21 世纪以来的短期气候预测业务处于动力与统计等多种方法并存的时期^[3]。尽管“九五”以来, 我国动力气候模式研发和应用取得了较大进展^[4-6], 但受模式性能影响, 模式对降水、温度等要素的预测效果较低, 无法完全满足业务预报和服务的需求, 因而基于模式输出的高技巧信息, 一批科研和业务人员完成大量解释应用研究和业务工作, 取得显著成果^[7-12]。同时还有大量改进统计预测方法的研究和应用工作^[13-14]。面对如此众多的动力、统计预测、解释应用方法, 如何设计一个软件系统, 能让预报员方便使用观测和模式数据并快速获取预测结果进行综合集成非常必要。

本文以近年来多种解释应用技术和多种统计预测方法为基础, 设计了一套月尺度预测解释应用系统, 并利用该系统对广西 88 个站点 2005—2008 年 6 月降水距平百分率进行独立样本检验, 通过对不同

关键区、预测因子、预测模型、预测集成等结果的对比, 获得一些有益的信息。

1 资料及系统功能

本文所用的资料有两部分, 一是国家气候中心月动力延伸预报(DERF)产品和 NCEP/NCAR 再分析资料的北半球环流场, 分辨率均为 $2.5^\circ \times 2.5^\circ$, 二是 1960 年以来广西 88 个站点 6 月降水量资料。

该系统初步设计具备如下功能: ① 包括解释应用的两种不同假设方法, 即假设模式完全精确(PP)和基于模式输出统计(MOS)的方法; ② 针对预测区域内各站点逐个寻找预测因子方法(以下简称单站法)或以整个预测区域气候要素的总体平均特征寻找预测因子的方法(以下简称区域法); ③ 利用 3 种不同的高相关中心确定预测关键区; ④ 利用 6 种不同的解释应用方法从关键区衍生预测因子; ⑤ 利用 7 种不同的关键区因子组合方式确定最佳组合; ⑥ 利用 4 种建模预测方案建立预测模型; ⑦ 在观测资料更新后, 可及时对多种预测结果进行评估。

在对广西 6 月降水量为实例检验预测所建立的

* 科技部科技支撑项目(2007BAC29B04, 2009BAC51B05)和中国气象局 2009 年业务建设项目“季节气候预测业务系统建设”共同资助。
2010-01-05 收到, 2010-07-08 收到再改稿。

统计关系中,PP法应用的是1960年以来的NCEP/NCAR资料,MOS方法用1982年以来模式回算资料,预测试验中均使用DERF实时预测资料。

2 业务系统功能设计主要思路

预报员在完成预测业务和服务的过程中,需要根据已有的观测数据和模式预测数据,采用一定的预测方法得到预测结果。这个过程中,预报员还需要知道针对预测对象如何选取恰当的预测因子,以及针对多种预测结果进行集成或者最优集成。为了达到上述目的,需要给预报员提供有效的资料信息和方便的操作界面,并能快速完成预测产品的制作。本文针对月尺度降水和温度的预测业务,介绍设计系统的思路和具备的功能:

① 预测模型建立的假设选取。在进行解释应用工作时,有两种假设:一是假设模式预报完全准确(Perfect Prediction,简称PP),因而直接使用历史观测资料建立模型;另外一种认为是模式输出有系统性偏差,因而利用模式历史数据建立模型(Model Output Statistics,简称MOS)。本系统可以提供上述两种选择。

② 关键区选择。在选择关键区时,一般根据预报对象和预报因子的相关关系来确定明显影响预报对象的关键区。系统设计了3种关键区选择方案:一是利用预报对象与NCEP/NCAR再分析历史资料求相关,通过信度检验的区域作为关键区;二是利用预报对象与月动力延伸预报回算资料求相关,将达到信度检验的区域作为关键区;三是利用预报对象和NCEP/NCAR再分析历史资料、模式回算资料求相关,同时达到信度检验的区域作为关键区^[12]。用户可以根据需要和检验效果选择一种确定关键区的方案。

③ 区域和单站建模选择。在确定预测关键区时的预测对象可以是单站或者区域,一种方案是根据预测的整个区域气候要素平均特征序列(或EOF主成分序列)作为预报量,与预报因子场计算相关,寻求通过信度检验的公共关键区,之后各预测站点的预测模型均用该公共关键区衍生的预测因子建立模型(简称区域法);另一种方案是通过计算每一个站点预报量序列与预报因子场之间的相关,分别找出达到信度的针对各站点的关键区,然后利用衍生预测因子建立模型(简称单站法)。显然这两种确定

关键区的计算速度和预测结果会有所不同。

④ 高影响关键区的组合选择。能否找到合适的预报因子是预报成功与否的关键,不同因子的组合提供了可能获取最优预测效果的机会。为了提高预报因子的独立性,系统提供了3个达到信度检验的基本关键区选项:包括正(positive)相关中心(简称P)、负(negative)相关中心(简称N)和预测区域附近环流(local)相关中心(简称L)。这3个基本关键区有7种组合方式(即P,N,L,PN,PL,NL,PNL)。可以利用不同的组合衍生预测因子,然后分析何种组合预测效果更好。

⑤ 由关键区衍生预测因子的选择。在模式产品解释应用中最核心的工作是如何利用已选出的关键区构建有物理意义的预测因子。已有的理论证明和业务应用试验表明,车比雪夫多项式^[15]、涡度法^[16]、经验正交函数 EOF 法^[15]、Lamb-Jenkinson 环流分型^[17-20]和动力与统计相结合预测降水的方程(简称R方程)^[7]在确定预测因子时都具有明确的物理意义,而以关键区高信度格点为中心,考虑周围一定范围内格点进行组合,可找出与预报对象关系密切,并且具有一定范围的大气活动中心。系统提供了6种不同的解释应用方案,即车比雪夫多项式、涡度法、动态区域法、Lamb-Jenkinson 环流分型、EOF法和R方程。各解释应用方案的计算方法是:车比雪夫多项式计算是利用关键区中心点(最大正相关中心、最大负相关中心或预测区域中心的经纬度)及其邻近的57个格点(2.5°×2.5°格距)进行车比雪夫多项式展开,取前5个多项式系数作为因子;涡度法是利用关键区中心点周围77个格点,根据相对涡度公式计算得到各格点的涡度作为预测因子。动态区域法:用中心点附近55个格点进行动态变化求其不同区域平均值作为预测因子;Lamb-Jenkinson 环流分型法是用中心点附近的16个格点计算出7个的物理量作为预测因子;EOF构建因子法为对中心点周围55个格点作EOF展开的前5个时间系数作为预测因子;R方程法是根据李维京等^[6]的计算方法,用其方程中各分量计算结果作为预测因子。

⑥ 建立预测模型的方法选择。确定了影响预报对象的关键区及其衍生预测因子后,需要考虑如何建立预测模型。本系统中,提供了逐步回归、最优子集回归、相似拟度和最短距离相似等4种建立预测模型的方法。

⑦ 预测结果显示。在系统中,任何一种方法的

预测结果都能以数据或者图形的方式显示。此外考虑到解释应用方法较多、建立预测模型的选项也较多,为了给预报员快速提供多种因子和方法的综合结果,系统中用两种集成方法对6种解释应用方法的预测结果进行了集成,结果有两种显示方式:一是对6种不同构建因子预测值进行平均;二是统计6种不同构建因子预测值的优势符号率,由于气温预测系统设定输出值为距平,降水量预测为距平百分率,因此,若

6种预测结果同为正值或同为负值,其优势符号率为6,3个预测结果为正值,3个为负值,则优势符号率为0,依次类推。在预测结果显示中,正值用兰色表示,负值用红色表示。系统主界面见图1。

⑧ 预报检验。为了快速检验不同预测方法的效果,系统提供陈桂英等^[2]的准确率评估方法(简称PS),在预测对象的实况数据续补后,系统可自动进行准确率评分和结果显示。



图1 动力模式产品解释应用系统

Fig. 1 The downscaling methods and application system based on dynamical model outputs

3 基于业务系统的独立样本检验效果评估

利用该系统可以快速进行大量的独立样本检验和业务应用试验。本文选择2005—2008年广西6月降水量进行独立样本预测检验,原因是广西6月降水量是全年各月降水的高峰月,且6月降水量的年际变率很大,做好6月降水量的气候趋势预测,对指导农业生产和防灾减灾有重大意义,也是检验该预测系统性能的一个最好实例。为此,本文给出6月降水量的预测和评估结果。

由于业务系统中提供了多种选择方案,不同的方案孰优孰劣,需要通过比较来给出结论。下面分

别在PP和MOS法两种假设条件下,针对单站预测,从不同关键区因子组合预测效果、不同解释应用方案预测效果、不同解释应用技术和统计预测模型预测效果等角度进行分析,评分方法均使用PS评分。由于系统设定的统计预测方法较多,为了减少篇幅,这里仅对逐步回归预测结果进行讨论。

3.1 不同关键区因子组合的预测效果对比分析

3个基本关键区可有7种组合方式。表1是在MOS和PP不同假设条件下,利用7种不同关键区组合,采用EOF因子构建、逐步回归建模,预测广西2005—2008年6月降水量的平均效果。表中RD, MD, RD+MD表示预测关键区分别采用NCEP/NCAR再分析资料(Reanalysis Data,简称RD)、模

式回算资料(Model Data, 简称 MD)以及同时使用 NCEP/NCAR 再分析资料和模式回算资料与预报

对象求相关(简称 RD+MD)后,再衍生预测因子并建立预测模型后的不同计算结果。

表 1 MOS 和 PP 不同假设条件下基于单站的 7 种关键区组合方式的预测效果对比

Table 1 The score skills of seven selected key region schemes for stations based on assumption of MOS and PP methods

假设条件	因子选择方案	P	N	L	PN	PL	NL	PNL	平均
MOS	RD	75.9	75.2	77.7	72.2	71.0	72.7	70.6	73.6
	RD+MD	75.9	76.9	77.7	72.6	72.9	72.1	69.4	73.9
	MD	75.0	76.5	77.7	72.9	72.9	71.4	70.1	73.8
	平均	75.6	76.2	77.7	72.6	72.3	72.1	70.0	73.8
PP	RD	76.6	69.2	77.6	73.6	72.8	64.1	69.8	72.0
	RD+MD	72.7	74.5	77.6	73.3	73.5	71.4	70.2	73.4
	MD	73.3	73.2	77.6	73.4	72.8	68.2	69.1	72.5
	平均	74.2	72.3	77.6	73.4	73.0	67.9	69.7	72.6

从表 1 中可以看出:在 7 种不同的关键区组合情况下,仅用预测站点附近环流(L)的关键区构建因子进行建模预测,其准确率一般接近 78 分,在 7 种不同因子组合预测中,预报技巧排在首位,其次是用正相关或负相关确定的关键区因子建立模型,其预测准确率一般也达 75 分左右;此外,在其他条件相同的情况下,MOS 解释应用方法预测效果一般高于 PP 法。

3.2 不同构建预测因子方案的预测结果分析

系统中提供了 6 种基于不同关键区的构建预测因子的方案,表 2 给出在 MOS 和 PP 法假设条件下,利用 5 种不同构建因子方案对广西 2005—2008 年 6 月降水量的预测结果(R 方程解释应用方案是用预测站点周围固定格点计算的),预测模型全部使用逐步回归方法。

由表 2 可见:①用 EOF 解释应用方案的预测

表 2 MOS 和 PP 不同假设条件下基于单站的 5 种构建预测因子的预测效果对比

Table 2 The score skills of five selected predictor schemes for stations based on assumption of MOS and PP methods

假设条件	因子选择方案	车比雪夫多项式	涡度	动态区域	Lamb-Jenkinson	EOF	平均
MOS	RD	68.2	70.2	78.8	71.8	79.0	73.6
	RD+MD	68.3	71.4	78.7	72.1	79.1	73.9
	MD	69.1	72.9	76.7	70.5	79.7	73.8
	平均	68.5	71.5	78.1	71.5	79.3	73.8
PP	RD	71.9	73.9	76.5	56.0	77.1	71.1
	RD+MD	71.2	73.8	76.3	67.0	78.3	73.3
	MD	71.3	73.1	74.3	67.2	76.9	72.6
	平均	71.5	73.6	75.7	63.4	77.4	72.3

效果在 5 种不同构建预测因子方法中效果最好,预测准确率接近 79 分,动态区域法构建预测因子效果次之,预测准确率可在 75~78 分之间;②对于各种不同的构建预测因子方法,MOS 假设条件下预测准确率一般高于 PP 假设;③在用不同历史资料确定预测关键区时,以利用 NCEP/NCAR 再分析资料和模式回算资料与预测对象求相关,二者同时达到高相关的区域作为预测因子确定预测模型的准确率高于仅用 NCEP/NCAR 再分析资料或是模式回算资料与预测对象求相关确定的关键区预测结果。

3.3 不同解释应用方法的预测结果对比分析

为了比较 PP 和 MOS 这二种不同假设情况下解释应用方法的预测效果,下面对确定关键区、构建

因子、单站预测等不同假设条件下的广西 2005—2008 年 6 月降水量预测结果进行分析,把预报准确率评分 PS 在 80 分以上作为预测优秀,PS 评分在 60 分以下作为预测失败,统计各自的总站数,分析不同条件下的预测效果。

3.3.1 不同解释应用方案下的 MOS 法预测结果比较

表 3 是在 MOS 假设条件下,利用 7 种不同关键区因子组合下的各种预测因子建立方案、逐步回归建立预测模型方法,对广西 2005—2008 年 6 月降水量预测的结果(共 28 种)进行统计。可见,在构建预测因子方案中,动态区域法有 57.1%(16/28)预测个例达到优秀,其次为 EOF 法和 R 方程法,预测

表3 MOS假设条件下基于单站构建预测因子的预测效果比较

Table 3 The score skills of selected predictor schemes for stations based on assumption of MOS methods

预测效果	因子选择方案	车比雪夫多项式	涡度	动态区域	Lamb-Jenkinson	EOF	R方程
80分以上	RD	3	3	16	1	14	7
	RD+MD	3	5	16	0	15	7
	MD	2	6	16	0	16	7
	平均	2.7	4.7	16	0.3	15	7
60分以下	RD	5	3	0	0	0	0
	RD+MD	4	3	0	0	0	0
	MD	4	2	1	3	0	0
	平均	4.3	2.7	0.3	1	0	0

达到优秀以上也分别有50%和25%。

对MOS假设条件下,预测效果低于60分的统计看,不同构建因子方案中,车比雪夫多项式系数和动态区域法排在前两位,而EOF和R方程法的失败率最低。

由此看出,在MOS方法中,动态区域构建因子方案效果最不稳定,EOF和R方程方案则较为稳定。

3.3.2 不同解释应用方案下PP法预测结果比较

基于PP法的试验同3.3.1。从表4可以看到,在6种构建预测因子的方案中,动态区域方案仍有57.1%(16/28)预测达到优秀,其次为EOF和R方程构建因子方案,预测达到优秀以上也分别有50%和25%,基于Lamb-Jenkinson环流分型构建预测因子的方案失败率多达29.6%,是6种构建因子技术中最差的一种,而EOF和R方程构建因子方案失败率最低,也是预测较为稳定的方案。

表4 PP假设条件下基于单站构建预测因子的预测效果比较

Table 4 The score skills of selected predictor schemes for stations based on assumption of PP methods

预测效果	因子选择方案	车比雪夫多项式	涡度	动态区域	Lamb-Jenkinson	EOF	R方程
80分以上	RD	3	3	16	1	14	7
	RD+MD	3	5	16	0	15	7
	MD	2	6	16	0	16	7
	平均	2.7	4.7	16	0.3	15	7
60分以下	RD	5	3	0	0	0	0
	RD+MD	4	3	0	0	0	0
	MD	4	2	0	0	0	0
	平均	4.3	2.7	0	0	0	0

3.3.3 解释应用技术与统计预测模型效果的比较

迄今为止,统计预测模型在短期气候预测中仍占据一席之地。为了比较统计预测模型和解释应用预测效果,本系统设置以预测年1—4月北半球500 hPa相关系数为0.35以上的格点作为预测因子,利用逐步回归建立预测模型,作为统计预测方法的代表,制作广西2005—2008年6月88站降水量

预测,经与用RD+MD高相关确定关键区,使用单站信息确定的各种解释应用方法进行预测的结果比较(见表5,PS差表示各解释应用方法评分结果与统计模型评分结果的差值)可见,各种构建因子的预测结果都明显好于统计预测模型。特别是EOF和动态区域构建预测因子法,每年预测成绩都高于其他方法15分以上。当然本文设计的统计预测模型也

表5 物理统计预测模型与基于MOS假设的解释应用结果比较

Table 5 The score skills of physical-statistical prediction method and downscaling methods

年份	车比雪夫多项式		涡度		动态区域		Lamb-Jenkinson		EOF		R方程		统计模型
	PS	PS差	PS	PS差	PS	PS差	PS	PS差	PS	PS差	PS	PS差	PS
2005	66.3	-4.8	63.9	-7.2	84.6	13.5	66.2	-4.9	83.8	12.7	73.0	1.9	71.1
2006	66.5	6.3	70.8	10.6	67.4	7.2	69.9	9.7	73.1	12.9	72.9	12.7	60.2
2007	69.3	8.9	78.2	17.8	79.8	19.4	76.8	16.4	81.8	21.4	78.4	18.0	60.4
2008	71.1	7.7	72.5	9.1	82.9	19.5	75.4	12.0	77.8	14.4	83.0	19.6	63.4
平均		4.5		7.6		14.9		8.3		15.4		13.1	

具有局限性。但是根据国内外的解释应用研究成果^[21-22],解释应用结果之所以具有较明显的优势,主要是利用了模式预测的高技巧信息。

4 小结与讨论

本文从实际预测业务需要出发,设计开发了一套月尺度动力模式产品解释应用软件系统,集多种解释应用技术与统计预测方法为一体。可快速获取多种预测因子构建、多种解释应用方法预测结果和评估结果,大大减少在制作气候预测过程中的劳动强度和时

间。对比不同预测方案,考虑模式和预测对象以及再分析资料与预测对象同时高相关所确定出来的关键区作为预测因子的预测效果较好。在 7 种不同关键区组合中,只选取预测站点附近环流关键区作为预测因子建立的预测模型效果相对最好;在 MOS 和 PP 两种不同假设条件下,MOS 优于 PP 法;在 6 种构建预测因子的方案中,EOF 和 R 方程预测准确率较高且较为稳定。

上述结论是对广西 6 月降水量预测进行分析研究的结果,不同季节、不同月份和不同地区的预测效果可能会有所不同。同时,对于 4 种不同的预测模型建立方案,在预测效果上究竟有何差别,由于篇幅有限,这里也未讨论。

本系统尽可能考虑到了预测业务中所要考虑到的问题,本着边研究、边开发、边业务化应用的思路,拟在国家级气候动力模式水平不断提高的基础上进行不断升级和改进,完善系统功能,使其在短期气候预测业务工作中发挥更大的作用。

参 考 文 献

- [1] 王绍武. 短期气候预测的可预报性与不确定性. 地球科学进展, 1998, 13(1): 8-14.
- [2] 陈桂英, 赵振国. 短期气候预测评估方法和业务初估. 应用气象学报, 1998, 9(2): 178-185.
- [3] 赵振国, 刘海波. 我国短期气候预测的业务技术发展. 浙江气象, 2003, 24: 1-6.
- [4] 丁一汇, 李清泉, 李维京, 等. 中国业务动力季节预报的进展. 气象学报, 2004, 62(5): 598-612.
- [5] 张培群, 李清泉, 王兰宁, 等. 我国动力气候模式预测系统的研制及应用. 科技导报, 2004, 7: 17-21.
- [6] 李维京, 张培群, 李清泉, 等. 动力气候模式预测系统业务化及其应用. 应用气象学报, 2005, 16(增刊): 1-11.
- [7] 李维京, 陈丽娟. 动力延伸产品释用方法的研究. 气象学报, 1999, 57(3): 338-345.
- [8] 林纾, 陈丽娟, 陈彦山, 等. 月动力延伸预报产品在西北地区月降水预测中的释用. 应用气象学报, 2007, 18(4): 555-560.
- [9] 何慧, 金龙, 覃志年, 等. 动力延伸预报产品在广西月降水预报中的应用. 应用气象学报, 2007, 18(5): 727-731.
- [10] 陈丽娟, 李维京. 月动力延伸预报产品在三峡工程建设服务中的应用. 气象, 1999, 27(3): 23-25.
- [11] 陈丽娟, 李维京. 月动力延伸预报产品的评估和解释应用. 应用气象学报, 1999, 10(4): 486-490.
- [12] 顾伟宗, 陈丽娟, 张培群, 等. 基于月动力延伸预报最优信息的中国降水降尺度预测模型. 气象学报, 2009, 67(2): 280-287.
- [13] 郭勇苍, 黄嘉佑, 黄茂怡. 最优气候值方法在中国的应用. 应用气象学报, 2000, 11(增刊): 87-92.
- [14] 屠其璞, 王俊德, 丁裕国, 等. 气象应用概率统计学. 北京: 气象出版社, 1984: 427-445.
- [15] 魏凤英. 现代气候统计诊断与预测技术(第二版). 北京: 气象出版社, 2007.
- [16] 李崇银, 刘式适, 陈嘉滨. 动力气象学导论. 北京: 气象出版社, 2005.
- [17] Lamb H H. Types and spells of weather around the year in the British Isles. *Quart J Roy Meteor Soc*, 1950, 76: 393-438.
- [18] Jenkinson A F, Collison F P. An Initial Climatology of Gales over the North Sea. Synoptic Climatology Branch Memorandum, No. 62, Meteorological Office, Bracknell, 18, 1977.
- [19] 贾丽伟, 李维京, 陈德亮, 等. 东北地区月平均环流型与哈尔滨气候关系的初步研究. 气象学报, 2006, 64(2): 236-245.
- [20] 朱艳峰, 陈德亮, 李维京, 等. Lamb-Jenkinson 环流客观分型方法及其在中国的应用. 南京气象学院学报, 2007, 30(3): 289-297.
- [21] Chen D. A monthly circulation climatology for Sweden and its application to a winter temperature case study. *Int J Climat*, 2000, 20: 1067-1076.
- [22] Zorita E, von Storch H. The analog method as a simple statistical downscaling technique: Comparison with more complicated methods. *J Clim*, 1999, 12: 2474-2489.

Downscaling Methods and Application System Based on Monthly-scale Dynamical Model Outputs and Forecast Skill Analysis

Qin Zhinian¹⁾²⁾ Chen Lijuan²⁾ Tang Hongyu³⁾ Huang Ying¹⁾

¹⁾ (*Guangxi Climate Center, Nanning 530022*)

²⁾ (*Laboratory for Climate Studies, National Climate Center, CMA, Beijing 100081*)

³⁾ (*Chongqing Climate Center, Chongqing 401147*)

Abstract

In order to solve the practical problems in short-range climate prediction, an operational system has been developed for monthly-scale climate prediction based on Dynamical Extended Range Forecast (DERF) model output, statistical prediction methods and downscaling techniques. The system has the following features. It provides two subjunctive methods including Perfect Prediction (PP) and Model Output Statistics (MOS) methods. The former supposes that the prediction of model is perfect enough and needn't to be modified. The downscaling model can be built on the historical observed data. The latter supposes that the prediction of model has certain bias and the downscaling model is developed using the hindcast data of model output. Predictants can be determined in two ways. One is called the single station method and predictants are determined at each station within the studied area based on the reasonable physical mechanism. The other is called the regional average method and predictants are determined based on the relationship of regional average features and predictants. Three types of high correlation centers, i. e. , positive correlation centers, negative correlation centers and local correlation centers are used to determine key circulation regions which could be taken as predictants. Six downscaling methods are used to obtain predictants from key circulation regions, and seven combinations of correlation coefficients within key circulation regions are used to find optimal prediction result. The stepwise regression, optimal sub-tree regression, analogous regression and minimum distance resemblance are used to develop statistic prediction models. Predicted results can be assessed after the data is updated. The output of the prediction methods provided by the system is compared with observed precipitation data at 88 stations of Guangxi in June, 2005—2008. The results of the independent samples show that the skill of the MOS method is much better than the PP method in the downscaling techniques. The best forecast method is based on the predictors which are selected from the key circulation region near the station. The Empirical Orthogonal Functions (EOF) and combined dynamical-statistical prediction method are more accurate and stable than the other downscaling methods. In determining key areas which affected predictants, the regions where model output and predictants, reanalysis data and predictants are well correlated are selected. The prediction skill of the downscaling techniques is generally above 70%, which is higher than that of the conventional physical-statistical prediction.

Key words: monthly-scale; dynamic extended range forecast; downscaling; skill