

近 50 年安徽省气候年景评估方法

石 磊¹, 王 胜², 盛绍学³

(1. 安徽省气象局, 合肥 230061; 2. 安徽省气候中心, 合肥 230031;
3. 安徽省气象信息中心, 合肥 230031)

摘要: 利用安徽省 1961~2010 年气象观测资料和气象灾情资料, 依据极端气候事件及主要气象灾害评估技术规范和相关标准, 挑选主要气候事件及气象灾害评估指标。应用主成分分析方法确定各指标权重, 通过综合加权分别构建年干旱、雨涝、低温冷冻害、高温、风雹及雾霾等气候异常指数评估模型和灾损模型。在此基础上, 利用灰色关联方法构建气候年景模型, 反演近 50a 安徽省年景指数序列, 参照世界气象组织推荐的百分位数法划分气候年景等级阈值, 分别取 0~10%, 10%~30%, 30%~70%, 70%~90%, 90%~100% 为好、较好、一般、较差和差气候年景。近 50a 来, 1965 年、1973 年、1975 年、1993 年和 1997 年为好气候年景; 1966 年、1969 年、1991 年、1996 年和 1998 年气候年景差。通过综合灾损模型以及相关气象灾害文献资料验证表明, 气候年景评估方法和等级标准可以较好地反映年度气候的真实状况, 可为省、市、县级区域的气候年景评估提供科技支撑。

关键词: 气候年景; 主成分分析; 灰色关联方法; 灾损年景; 安徽省

文章编号: 1000-0585(2012)09-1580-09

1 引言

我国地域辽阔, 气候与地理条件均十分复杂, 气象灾害多发。干旱和洪涝是最为严重的两种气象灾害, 其造成的农作物受灾面积占总受灾面积的 82%。据统计, 我国每年因各种气象灾害造成的农作物受灾面积达 $40 \times 10^6 \text{ hm}^2 \sim 46 \times 10^6 \text{ hm}^2$, 成灾面积 $20 \times 10^6 \text{ hm}^2$ 左右, 造成的经济损失约占国民生产总值 (GDP) 的 3%~6%^[1,2]。安徽地处气候过渡带, 南北冷暖气团交绥频繁, 天气多变, 气象灾害频繁。在气候变暖的背景下, 极端气候事件有多发重发趋势, 气象灾害造成的损失和影响不断加重^[3~8]; 同时随着未来经济总量和城市化人口密集度的增加, 气象灾害承灾体的脆弱性也在增大, 对能源、水资源、生态环境和公共安全及可持续发展等构成的威胁势必趋于严重。

气候年景是反映一年中气候要素异常程度及其对国民经济的影响利弊。气候年景评估是对一年气候状况的综合把握, 是开展气候及气候变化对各个敏感行业影响评估的基础。孙家民等利用降水距平绝对值累计方法开展了中国农业气候年景评估研究, 汪哲荪等采用改进马尔可夫链模型开展梅雨和干旱年景预测; 李翠金等对长江中下游地区旱涝气候年景进行了研究^[9~11]。上述研究局限于某些单方面因子的年际变异描述, 或者偏重于对行业

收稿日期: 2011-12-15; 修订日期: 2012-06-03

基金项目: 安徽省气象局科技发展基金项目 (KM201207)

作者简介: 石磊 (1979-), 女, 安徽蚌埠人, 工程师, 硕士, 主要从事气候变化和气象灾害研究。

E-mail: shilei_qx@hotmail.com

通讯作者: 盛绍学, 男, 安徽淮南人, 高级工程师。E-mail: shengshxue@sohu.com

持续时间^[21]。利用上年 12 月至当年 11 月最长连续干旱日数、轻旱以上平均日数、达到重度以上 ($C_i \leq -1.8$) 干旱日数累积值, 采用主成份方法 (PCA) 计算各因子权重并得到年干旱异常指数 (式 1)。

$$IDR = \alpha \times CDD + \beta \times DRD + \delta \times HDCV \quad (1)$$

式中, CDD 为年最长连续干旱日数, DRD 为年平均轻旱以上日数, $HDCV$ 达到重度以上干旱日数累积值, α 、 β 、 δ 分别为其对应的权重系数。

(2) 年雨涝异常指数 (IRS): 安徽省雨涝灾害主要发生在汛期, 故年雨涝评价考虑 5~9 月暴雨量、暴雨日数、最大过程暴雨量及最长连续中等以上气象雨涝日数 ($C_i \geq 1.2$)^[22]。采用 PCA 计算各因子权重并得到年雨涝异常指数 (式 2)。

$$IRS = \alpha \times CSR + \beta \times CSRD + \delta \times MSR + \gamma \times LCFD \quad (2)$$

式中, CSR 为暴雨量, $CSRD$ 为暴雨日数, MSR 为最大过程暴雨量 (即每年 5~9 月降水过程至少有 1d 日雨量超过 50mm 的最大降水量), $LCFD$ 为最长连续中涝日, α 、 β 、 δ 、 γ 分别为其对应的权重系数。

(3) 年低温异常指数 ($ITND$): 考虑日平均气温 $\leq 0^\circ\text{C}$ 的低温日数、积雪日数、寒潮以及倒春寒等因子。寒潮考虑全省年寒潮发生站次及平均气温降幅, 倒春寒考虑全省年倒春寒发生站次、持续日数、平均气温及降温幅度, 寒潮和倒春寒指数均通过 PCA 计算各指标权重后综合加权得到。基于此, 采用 PCA 计算各因子权重并得到年低温异常指数 (式 3)。

$$ITND = \alpha \times TND + \beta \times SND + \delta \times CWI + \gamma \times LSI \quad (3)$$

式中, TND 为年低温日数, SND 为年积雪日数, CWI 为寒潮指数, LSI 为倒春寒指数, α 、 β 、 δ 、 γ 分别为其对应的权重系数。倒春寒是指发生在 3 月下旬~4 月下旬天气回暖过程中出现温度明显偏低, 对作物造成损伤的一种冷冻害, 采用的气象指标为低温过程持续时间 $\geq 3\text{d}$, 日平均气温 $< 10^\circ\text{C}$ 。寒潮是指 24 小时平均气温降幅 $\geq 8^\circ\text{C}$ 或 48 小时降温 $\geq 10^\circ\text{C}$, 且最低气温 $\leq 5^\circ\text{C}$ 的强冷空气过程。

(4) 年高温异常指数 ($ITMD$): 考虑日平均气温 $\geq 35^\circ\text{C}$ 的高温日数、最长连续高温日数、年极端最高气温 (即全省所有市县年极端最高气温平均值)、高温热浪 (连续 ≥ 3 天最高气温 $\geq 35^\circ\text{C}$, 最低气温 $\leq 25^\circ\text{C}$ 日数) 频次, 采用 PCA 计算各因子权重并得到年高温异常指数 (式 4)。

$$ITMD = \alpha \times TMD + \beta \times LCTM + \delta \times HTMD \quad (4)$$

式中, TMD 为年高温日数, $LCTM$ 为最长连续高温日数, $HTMD$ 为高温热浪频次, α 、 β 、 δ 分别为其对应的权重系数。

(5) 年风雹异常指数 (ICW): 考虑大风日数、冰雹日数和龙卷日数等因子, 采用 PCA 计算各因子权重并得到年风雹异常指数 (式 5)。

$$ICW = \alpha \times WDD + \beta \times HLD + \delta \times TDD \quad (5)$$

式中, WDD 为年大风日数, HLD 为年冰雹次数, TDD 为年龙卷次数, α 、 β 、 δ 分别为其对应的权重系数。

(6) 年雾霾异常指数 (IFG): 依据雾霾日数计算雾霾异常指数。

对 1961~2010 年上述气候事件异常指数按百分位数法分别计算 50%、80%、90% 和 95% 对应的百分位数为临界阈值划分 5 个等级, 具体分级标准见表 1。

表1 不同百分位与评估等级对应表

Tab 1 The corresponding relationship of different percentile and appraisal rank

评估等级	1	2	3	4	5
百分位	$A < 50\%$	$50\% \leq A < 80\%$	$80\% \leq A < 90\%$	$90\% \leq A < 95\%$	$A \geq 95\%$

2.2.3 评估模型构建

(1) 综合灾损模型: 单灾种气象灾害灾损指数采用 PCA 计算由该灾害造成的受灾人口、死亡人口、农作物受灾面积及直接经济损失权重, 综合加权得到; 而综合灾损模型则采用灰色关联分析 (GRA) 计算各类灾损指数权重, 再综合加权得到。综合加权算法如下:

$$P_k = \sum_{i=1}^n G_{ik} \times \omega_i \quad (6)$$

式中 ω_i 是致灾因子权重, G_{ik} 是气象灾害灾损指数。

(2) 气候年景模型: 利用上述气候事件异常指数与综合灾损模型, 通过 GRA 确定各指数权重并构建气候年景模型 ICS (式 7)。

$$ICS = \alpha \times IDR + \beta \times IRS + \delta \times ITND + \gamma \times ITMD + \varepsilon \times ICW + \varphi \times IFG \quad (7)$$

ICS 值越大, 气候异常越显著, 对应的气候年景越差。参照 WMO 推荐的百分位数法确定气候年景等级的阈值, 制定出气候年景等级标准 (表 2)。

表2 不同百分位与年景评估等级对应表

Tab 2 The corresponding relationship of different percentiles and annual climatic assessment rank

百分位	$ICS < 10\%$	$10\% \leq ICS < 30\%$	$30\% \leq ICS < 70\%$	$70\% \leq ICS < 90\%$	$ICS \geq 90\%$
气候年景等级	1	2	3	4	5
评估结果	好	偏好	正常	偏差	差

3 安徽省气候概况及灾害特征

安徽地处中纬度地带, 属暖温带向亚热带的过渡型气候, 气温和降水的年际变化较大。年平均气温空间分布为: 沿淮淮北 $14.5 \sim 15.5^\circ\text{C}$, 淮河以南 $15.5 \sim 17.2^\circ\text{C}$; 年降水量分布为: 淮北 $750 \sim 850\text{mm}$, 江淮之间 $850 \sim 1200\text{mm}$, 大别山区和沿江江南 $1200 \sim 1800\text{mm}$ (图 2)。

近十年气象灾害造成安徽省直接经济损失均超过百亿元, 其中 1996 年、1998 年、1999 年、2003 年和 2008 年等五年经济损失都超过 200 亿元。各类气象灾害在不同地区造成的影响差异明显 (图 3)。但就全省平均而言, 农作物受灾面积暴雨洪涝约占 50%; 其次为旱灾, 占 30%。在全球气候持续变暖的大背景下, 各类极端天气气候事件更加频繁, 气象灾害造成的损失和影响不断加重。

4 气候年景评估结果

4.1 主要气候事件年景评估

分别对 1996~2010 年安徽省干旱、暴雨洪涝、低温冷冻害与雪灾、风雹等气候事件年景及灾损模型年景状况进行评估 (高温和雾霾无灾情资料), 结果见图 4。近 15a, 干旱

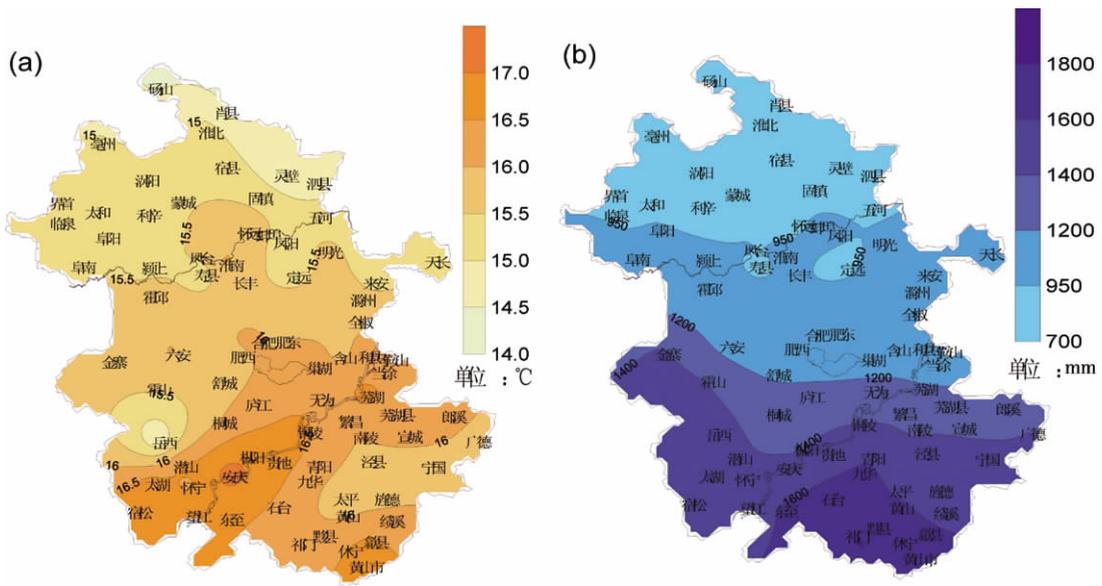


图 2 1981~2010 年安徽省年平均气温 (a) 和降水量 (b) 空间分布
 Fig. 2 Distribution of mean annual temperature (a) and precipitation (b) in Anhui province during 1981~2010

年景与灾损年景完全对应的为 40.0%，完全对应和相差一个等级的占 87%；暴雨洪涝年景与灾损年景完全对应的也为 40.0%，完全对应和相差一个等级的占 93%；低温冷冻害及雪灾年景与灾损年景完全对应的为 53%，完全对应和相差一个等级的占 93%；风雹年景与灾损年景完全对应的为 33%，完全对应和相差一个等级的占 73%。总体来看，气候事件年景与灾损年景较为吻合。

安徽省 1966 年、1967 年、1978 年、1988 年和 2001 年为干旱最差年景，与《中国气象灾害大典（安徽卷）》第一章干旱灾害部分干旱影响最重年份完全对应。气象雨涝最差年景分别为 1969 年、1986 年、1991 年和 1999 年，低温冷冻害与雪灾最差年景分别为 1964 年、1969 年、1974 年、1998 年和 2008 年，风雹最差年景分别为 1967 年、1971 年、1987

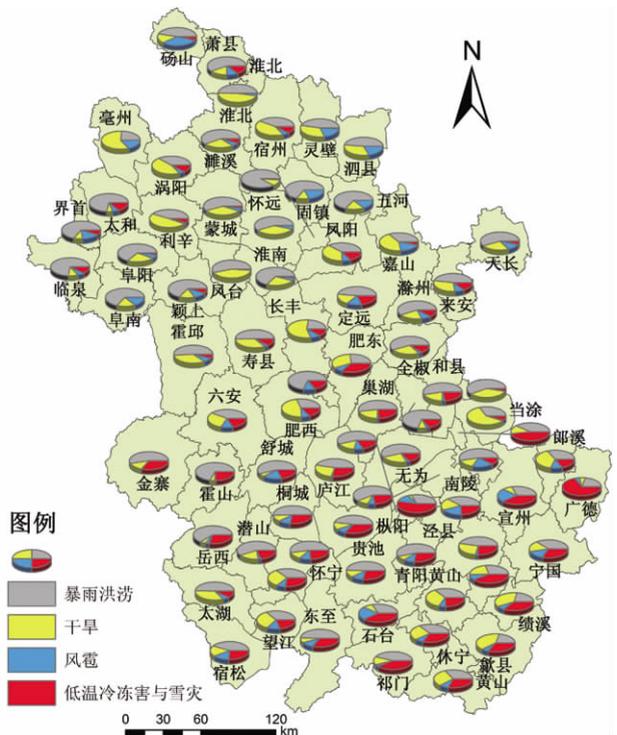


图 3 1996~2010 年安徽省各类气象灾害造成的农作物受灾面积比例

Fig. 3 Percentage of yearly loss caused by different meteorological disasters in Anhui province during 1996~2010

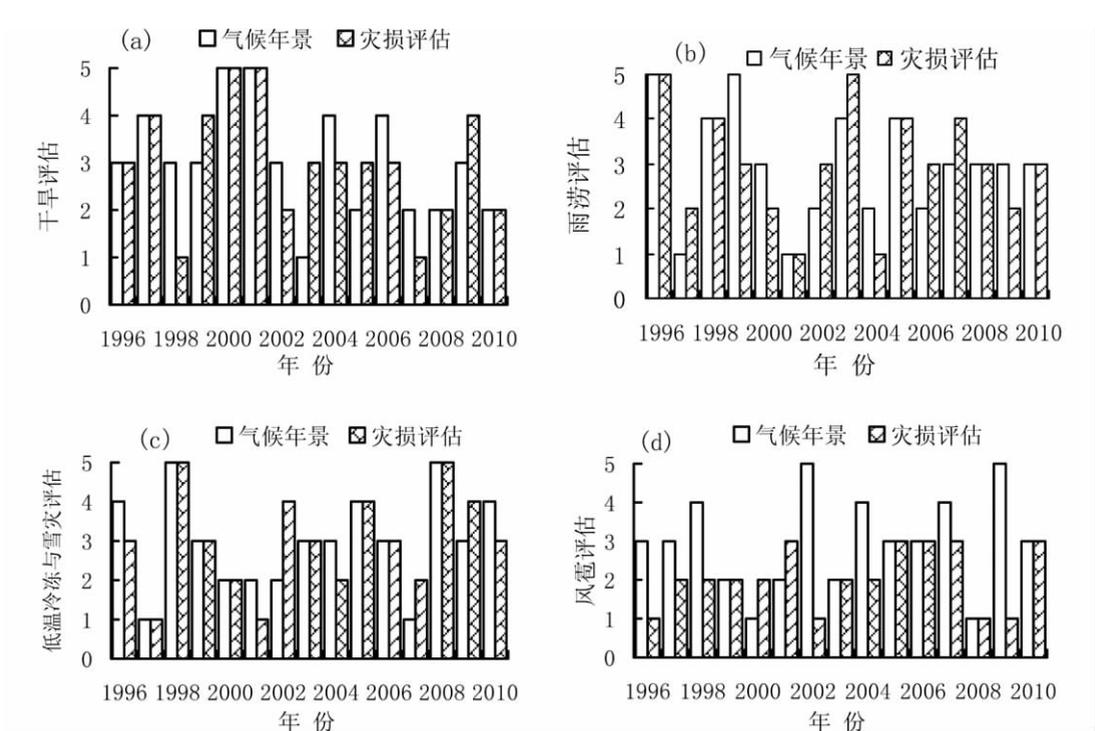


图 4 1996~2010 年安徽省主要气候事件及灾损年景评估

Fig 4 Annual climatic assessment of major climate events and disasters damage in Anhui province during 1996~2010

年、2002 年和 2009 年，与《中国气象灾害大典（安徽卷）》暴雨洪涝、寒潮低温灾害和冻害、大风、冰雹等章节描述的灾害影响最重年份基本一致。总体来看，气候事件异常指数及评估等级能较准确反映气候事件年景状况。

4.2 气候年景评估

利用气候年景模型以及综合灾损模型分别计算得到安徽省 1961~2010 年气候年景以及 1996~2010 年综合灾损年景（图 5）。

近 50a 来，1965 年、1973 年、1975 年、1993 年和 1997 年为好气候年景，其中 1975 年为年景最好的一年；1966 年、1969 年、1991 年、1996 年和 1998 年气候年景差，其中 1991 年为年景最差的一年（表 3）。上述最差 5 个气候年景年中 1969 年、1996 年和 1991 年 3a 为异常大涝年，而 1966 年为异常大旱年；同时，气候年景评估模型中，年雨涝异常指数和干旱异常指数权重系数较大，表明年雨涝和干旱异常指数是影响安徽省气候年景的主要指标。

利用安徽省 1996~2010 年气候年景与综合灾损年景对比分析，表明：1996 年、1998 年、1999 年、2003 年、2007 年和 2008 年等 5a 气候年景与综合灾损年景完全对应，占总年数的 40%，完全对应和相差一个等级有 12a，占 80%，无与评估结论相反的结果。

此外，《中国气象灾害大典（安徽卷）》以及《安徽省志—气象志》相关章节有以下描述：1966 年安徽省淮北和江淮之间北部春夏秋连旱，旱情严重；1969 年夏秋雨涝严重；1991 年江淮之间出现特大洪涝；1996 年出现全省性洪涝灾害，1998 年 1 月沿江江南大到

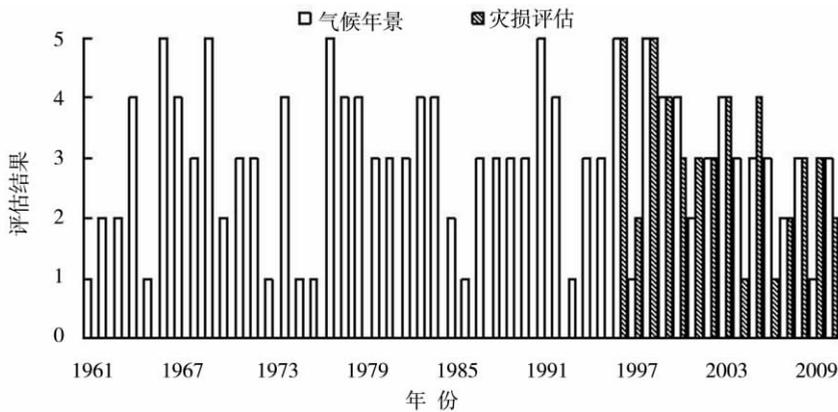


图 5 1961~2010 年气候年景评估及 1996~2010 年综合灾损年景评估

Fig 5 Annual climatic assessment during 1961~2010 and the comprehensive disaster damage assessment during 1996~2010

暴雪并出现低温冻害，3 月全省出现寒潮和雨雪天气。气象灾情最重年份与近 50a 来气候年景最差年基本对应。说明气候年景评估等级指标可以较好地反映综合实际气候年景。

表 3 近 50a 最差气候年景及其异常指数

Tab 3 The worst climatic year and its anomaly index in recent 50 years

时间	干旱异常等级	雨涝异常等级	低温冷冻异常等级	高温异常等级	强对流异常等级	雾霾异常等级	气候年景评估
1966	5	1	5	4	3	2	差
1969	2	5	3	5	4	1	差
1991	3	5	3	3	2	4	差
1996	3	5	3	4	3	3	差
1998	3	4	3	5	4	3	差

5 结论与讨论

气候异常是造成气候年景偏差或差的主要原因。根据极端气候事件以及气象灾害相关评估技术规范，以气象观测资料和气象灾情数据为基础，利用 PCA 构建安徽省主要气候事件评估模型和气象灾害灾损模型；在此基础上，通过 GRA 构建气候年景模型，制定气候年景等级标准。具体评估结论如下：

(1) 安徽省气候事件异常指数及评估等级能较准确反映气候事件年景状况，各气候事件年景与灾损年景完全对应和相差一个等级为 70%~90%。

(2) 利用气候年景评估方法计算表明，1965 年、1973 年、1975 年、1993 年和 1997 年为近 50a 年景最好的 5a；而 1966 年、1969 年、1991 年、1996 年和 1998 年为年景最差的 5a。较差年景一般干旱或暴雨洪涝灾害较重，表明年雨涝异常指数和干旱异常指数是影响安徽省气候年景的主要指标。

(3) 利用综合灾损年景验证表明，安徽省气候年景与综合灾损年景评估结果完全对

应的为 40%，完全对应和相差一个等级的占 80%，无与评估结论相反的结果；此外，气候年景较差年份也与《中国气象灾害大典（安徽卷）》以及《安徽省志—气象志》典型大旱和大涝年实况基本吻合。

气候年景评估物理意义明确，计算方法简明，所用数据有实际来源，是一个可用于业务运行，并具有时间可比性的气候年景评定标准。气候年景评估方法为安徽省开展年度气候影响评价以及气象灾害年鉴业务提供客观、量化的指标。该标准适用于单站、区域、全国不同层面的气候年景评估工作，也适用于水文、农业、林业和社会经济等领域的气候年景评估业务、公众服务和科研工作。

目前，气候年景与综合灾损年景评估尽管无与评估结论相反的结果，但二者完全对应的只达到 40%。究其原因，一方面可能由于气象灾情资料收集过程人为因素影响较大，造成其准确度不高；另一方面，影响气候事件异常指数的气象因子可能考虑不够全面，下一步应注重加强气候事件异常指数研究，进一步提高气候年景评估模型的准确程度。此外，鉴于各地地理、气候、社会经济等情况特殊，在使用本气候年景评估方法过程中，应根据当地实际情况作适当调整。

参考文献:

- [1] 王春乙,王石立,霍治国,等. 近 10 年来中国主要农业气象灾害监测预警与评估技术研究进展. 气象学报,2005,63(5):659~671.
- [2] 张倩,赵艳霞,王春乙. 我国主要农业气象灾害指标研究进展. 自然灾害学报,2010,19(6):40~54.
- [3] IPCC. Climate Change 2007: The Physical Science Basis. Solomon Cambridge, United Kingdom and New York: Cambridge University Press,2007. 96.
- [4] 张月鸿,吴绍洪,戴尔阜,等. 气候变化风险的新型分类. 地理研究,2008,27(4):763~774.
- [5] 闫峰,王艳姣,吴波. 近 50 年河北省干旱时空分布特征. 地理研究,2010,29(3):423~430.
- [6] Tingsamchali T, Karim M F. Flood hazard and risk analysis in the southwest region of Bangladesh. Hydrological Processes,2005,19(10):2055~2069.
- [7] Jovel J R. Natural disasters and their economic and social impact. CEPAL Review,1989,38(8):133~145.
- [8] Alexander L V, Tapper N, Zhang X, et al. Climate extremes: Progress and future directions. International Journal of Climatology,2009,29(3):317~319.
- [9] 孙家民,黄朝迎. 中国农业气候年景的评估及预测. 应用气象学报,2005,16(s1):111~115.
- [10] 汪哲荪,周玉良,金菊良,等. 改进马尔可夫链模型在梅雨和干旱预测中的应用. 水电能源科学,2010,28(11):1~4.
- [11] 李翠金,马巧英. 长江中下游地区旱涝气候年景和评定方法的研究. 灾害学,1998,13(1):72~77.
- [12] 翟盘茂,潘晓华. 中国北方近 50 年温度和降水极端事件变化. 地理学报,2003,58(9):1~10.
- [13] 安徽省地方志编写组. 安徽省志—气象志. 合肥:安徽人民出版社,1990. 1~200.
- [14] 翟武全. 中国气象灾害大典(安徽卷). 北京:气象出版社,2007. 1~382.
- [15] Tarhunen J, Joutsensalo J. Representation and separation of signal using nonlinear PCA type learning. Neural Networks,1994,7(1):113~127.
- [16] Chen Yen-Lun, Zheng Yuan F. Face recognition for target detection on PCA features with outlier information. 50th Midwest Symposium on Circuits and Systems, Montreal, 2007. 823~826.
- [17] 刘思峰,党耀国,方志耕,等. 灰色系统理论及其应用. 北京:科学出版社,2000. 50~51.
- [18] 邓聚龙. 灰色理论基础. 武汉:华中科技大学出版社,2003. 20~90.
- [19] 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. 36~143.
- [20] 洪宝,吴蕾. 气候变率诊断和预测方法. 北京:气象出版社,2005. 15~44.
- [21] 国家技术监督局,中国气象局. GB/T 20481—2006 气象干旱等级. 北京:国家标准出版社,2006.
- [22] 郭广芬,周月华,史瑞琴,等. 湖北省暴雨洪涝致灾指标研究. 暴雨灾害,2009,28(4):357~361.

Study on the method of annual climatic assessment of Anhui Province in the past 50 years

SHI Lei¹, WANG Sheng², SHENG Shao-xue^{3*}

(1. Anhui Meteorological Bureau, Hefei 230061, China; 2. Anhui Climate Center, Hefei 230031, China; 3. Anhui Meteorological Information Centre, Hefei 230031, China)

Abstract: The meteorological data and meteorological disaster information in Anhui Province from 1961 to 2010 were used to select the evaluating indicators of climatic event and disaster according to the extreme weather events, technical regulation and relative standard for meteorological disaster assessment. The weight of each indicator was built by principal component analysis. The anomaly assessment models of climatic event and disaster damage, including drought, flood, low-temperature freezing disasters, high temperature, wind-hailstone and fog, were built by using the weighted integration method. On this basis, the annual climatic assessment model was established with grey relational analysis, and index series for annual climatic assessment of Anhui in recent 50 years were worked out. By reference to the percentile method recommended by World Meteorological Organization (WMO), we tried to determine the threshold values, and established standards for annual climatic assessment grade, taking 0-10%, 10%-30%, 30%-70%, 70%-90% and 90%-100% as good, fair, not good, bad and harsh climate condition, respectively. The results of annual climatic assessment for the recent 50 years showed that the climate situation in 1965, 1973, 1975, 1993, and 1997 was good, while that in 1966, 1969, 1991, 1996 and 1998 was bad. Among them, assessment result of 1991 was the worst. Through verification with historical meteorological disaster information and integrated disaster damage model, the method and standard of annual climatic assessment could reflect the true climate condition. The studies provide technological support for annual climatic assessment for the province, city and county units, which can be used for researching the effects of climate and climate change on the sensitive affairs by constructing evaluating indicators and annual climatic assessment model, as well as making annual climatic assessment grade according to the threshold values.

Key words: annual climatic assessment; principal component analysis; Grey Relational Analysis; disaster damage assessment; Anhui Province