

Analysis on the Characteristics of Spatio-Temporal Variation of High and Low Temperature in Sichuan Province

Ling Bai, Yuan He

Chengdu University of Information Technology, Chengdu Sichuan
Email: 624971425@qq.com

Received: Jul. 15th, 2019; accepted: Jul. 30th, 2019; published: Aug. 6th, 2019

Abstract

Based on the daily temperature observation data of 148 major meteorological stations in Sichuan Province, this paper mainly analyzes the long-term variation trend, spatio-temporal characteristics and abrupt changes of the annual average temperature, the average maximum temperature and the average minimum temperature. From 1961 to 2014, the annual average temperature, the average maximum temperature and the average minimum temperature of Sichuan showed an upward trend, but the temperature changes were different in different regions. In the western Sichuan plateau and southwestern Sichuan, the temperature rose fast, and there were even cooling centers in northeastern Sichuan and Sichuan Basin. The main sites of the cooling center occurred in Hanyuan County and some County in the northeast of Sichuan such as Anyue, Yanting, Cangxi, Quxian and Nanjiang. Through the EOF analysis of the annual average temperature, the average maximum temperature and the average minimum temperature, the eigenvalues of the first mode all shown to be positive. This also proves that the temperature in Sichuan presents an ascend trend. And the corresponding time coefficient shows that the rate of temperature rise is faster after 1990. It still rises after 2000, but the rate of growth slows down. According to the analysis of abrupt change, the year in which the average maximum temperature abruptly changes is around 2000, which is basically consistent with the time of abrupt change of the average temperature of the year. At the same time, it is found that the annual mean minimum temperature mutation year was 10 years earlier than the average temperature and the average maximum temperature mutation year.

Keywords

Temperature Variation Trend, Spatio-Temporal Characteristics, Sichuan

四川省高低气温时空变化特征分析

柏 灵, 何 源

成都信息工程大学, 四川 成都

摘要

本文利用四川省148个主要气象站气温逐日观测资料, 主要对年平均气温、平均最高气温及平均最低气温的长期变化趋势、时空特征和突变特征进行分析。通过对气温的分析得到四川地区气温变化的特征如下: 1961~2014年四川年平均气温、平均最高气温以及平均最低气温呈上升趋势, 但是不同地区具体变化情况也不尽相同。在川西高原地区以及四川西南地区气温上升较快, 四川东北地区以及四川盆地甚至出现降温中心。降温中心主要站点有汉源县和位于四川东北部的安岳县、盐亭县、苍溪县、渠县、南江县等。对年平均气温、平均最高气温、平均最低气温的EOF分析中, 第一模态的特征值均为正值。同时也能说明四川的气温呈现上升趋势。且对应的时间系数表明在1990年以后气温上升速率较快, 2000年以后气温仍然上升但是速度有所减缓。通过突变分析发现平均最高气温发生突变的年份大致在2000年前后, 与年平均气温的突变时间基本一致。同时发现年平均最低气温发生突变的年份比平均气温和平均最高气温要早10年左右。

关键词

气温变化趋势, 时空特征, 四川

Copyright © 2019 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

1. 引言

全球变暖已经成为公众和科学家们共同关心的问题[1][2], 近几十年我国气温呈上升趋势。气温不仅影响到生态系统、农业生产、旅游发展等等, 而且对人们的日常生活也十分重要。气候变化对自然系统和人类的影响有好有坏, 影响的好坏在不同时期、地区、领域和部门有不同的表现, 且与人类的认知水平和适应能力有关, 气候变化已对四川区域经济社会发展、居民生活和生态系统健康产生广泛影响[3]。四川省位于青藏高原东侧, 既是我国气候变化的脆弱区, 又是我国生存环境的敏感区, 又由于高原盆地特殊的地理环境, 天气气候繁杂, 旱涝灾害频发, 并出现上升趋势, 气候变化和异常灾害对四川的社会发展和经济建设、人民生命财产和农业的收获有着重大的影响[4]。在国民经济的快速发展影响下, 人民生活水平不断提高, 人们对于天气的关注也越来越紧密[5]。随着科学技术和气象预警系统发展建设, 气象灾害对人身财产安全和国民经济的影响不容忽视。四川省的气象灾害主要有干旱、洪水、暴雨、冰雹等, 这些气象灾害与温度密不可分[6]。大量观测和研究表明, 气候变化已对自然和人类系统产生广泛影响[7], 气候变化已成为全球可持续发展的重大挑战。本文将利用四川148个气象站气温逐日观测资料, 主要分析各季、年的平均气温、平均最高气温、平均最低气温。对气候的长期变化趋势以及对时空特征和突变特征进行分析[8][9]。通过对气温分析, 从而得到四川不同地区气温的变暖响应, 在一定程度上为气候的预测、气候的变化对人类社会的影响提供一定的参考。希望一定程度上能够减少气象灾害带来的影响。

2. 资料方法与四川地理概况

2.1. 资料方法

本文研究了四川省 148 个气象站点 1961~2014 年的日常温度观测资料, 气象站点的分布如图 1 所示。站点集中在四川中东部, 由于地势原因, 川西地区的站点相对稀疏。采用的研究方法如下: 计算气象倾向率采用最小二乘法, 并通过相关性的显著性统计检验[10]进行判断; 通过 EOF 分析[11][12]主要气温特征的时空变化特征, 并提取共同特点。突变现象可分为四类: 均值突变、变率突变、翘翘板突变和转折突变。实际情况则常由两种或两种以上的突变类型复合成, 由于 MK 检验分析方法对均值突变检验结果相对准确[13], 故选其作为四川地区气温的突变分析方法, 利用 MK 突变检测手段进行突变点综合检验, 通过进行突变, 从而划分出不同的温度变化阶段。由 MK 检验法所得的 UF 和 UB 曲线的交点可能为突变点, 也可能为虚假突变点[14]。



Figure 1. Distribution of site in Sichuan Province

图 1. 四川省站点分布

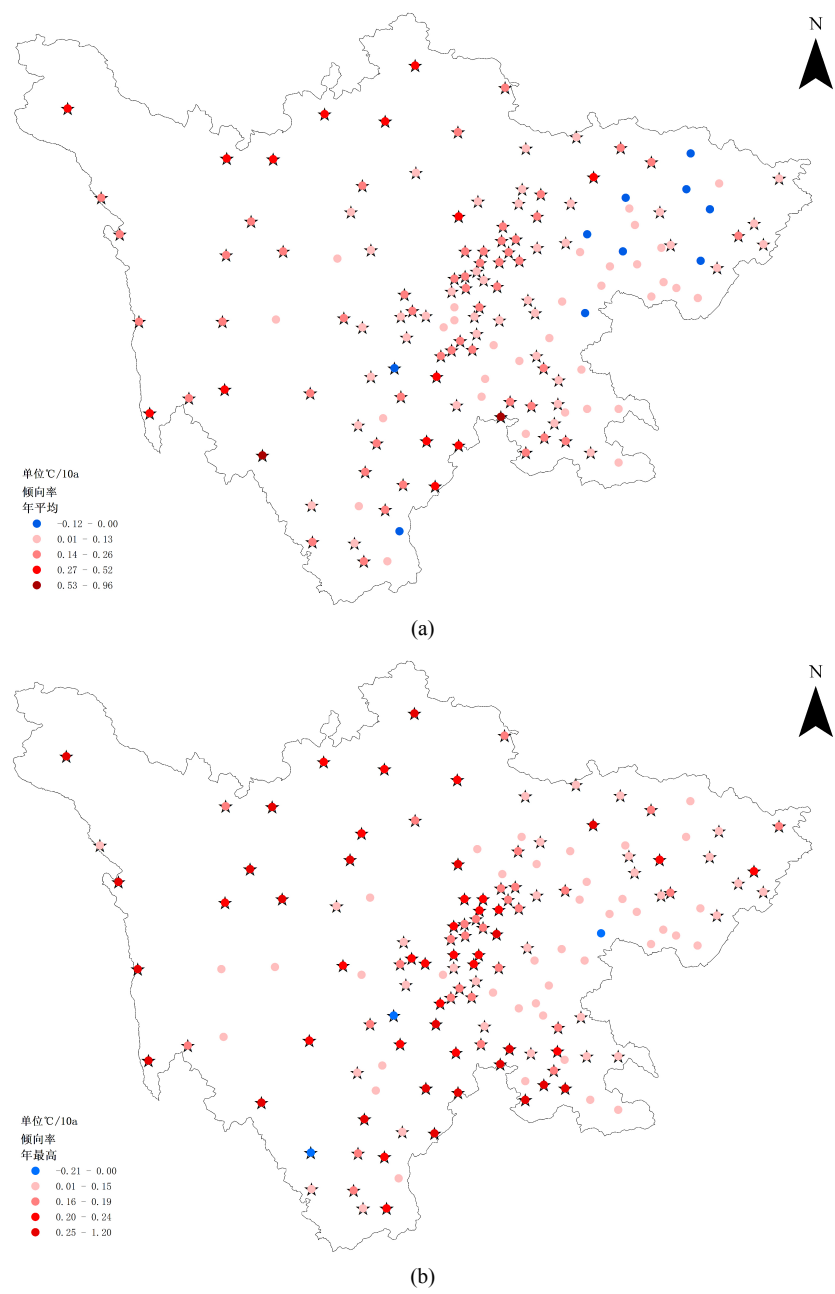
2.2. 四川地理概况

四川位于中国西南部, 界于北纬 $26^{\circ}03' \sim 34^{\circ}19'$, 东经 $97^{\circ}21' \sim 108^{\circ}12'$ 之间, 它连接东部的重庆, 北部的陕西, 甘肃和青海, 西部的西藏, 南部的贵州和云南, 简称川。全省土地面积 48.6 万平方公里。全省土地面积 48.6 万平方公里。四川地貌地形复杂多样, 东西差异较大, 位于中国大陆地势三大阶梯中的第一级青藏高原和第二级长江中下游平原的过渡地带, 地势呈西高东低的特点。西部为高原、山地, 海拔多在 3000 米以上; 东部为盆地、丘陵, 海拔多在 500~2000 米之间。全省可分为四川盆地, 川西高山高

原, 西北丘陵高原山, 四川西南山区和米仓山大巴山中山区。川西北高山气候, 四川盆地属亚热带湿润气候, 四川西南部属亚热带半湿润气候。

3. 长期变化趋势

图 2(a)是年平均温度倾向率的分布图。从图中我们可以看到大部分站点气温倾向率相关系数通过 0.05 显著性检验, 仅在四川东北部地区有一些站点未通过检验, 通过检验站点占总数 72%。从图中分析 1961 年~2014 年分析的四川省的 148 个站点的气温倾向率可知:年平均气温的倾向率介于 $(-0.12\sim0.96)^{\circ}\text{C}/10\text{a}$, 位于四川省东北部的汉源县, 安岳县, 盐西县, 苍溪县, 曲县和南江县的年平均气温变化趋势小于 0。其余站点的平均气温倾向率为正, 木里县, 雷波县和汶川县的平均气温迅速上升。



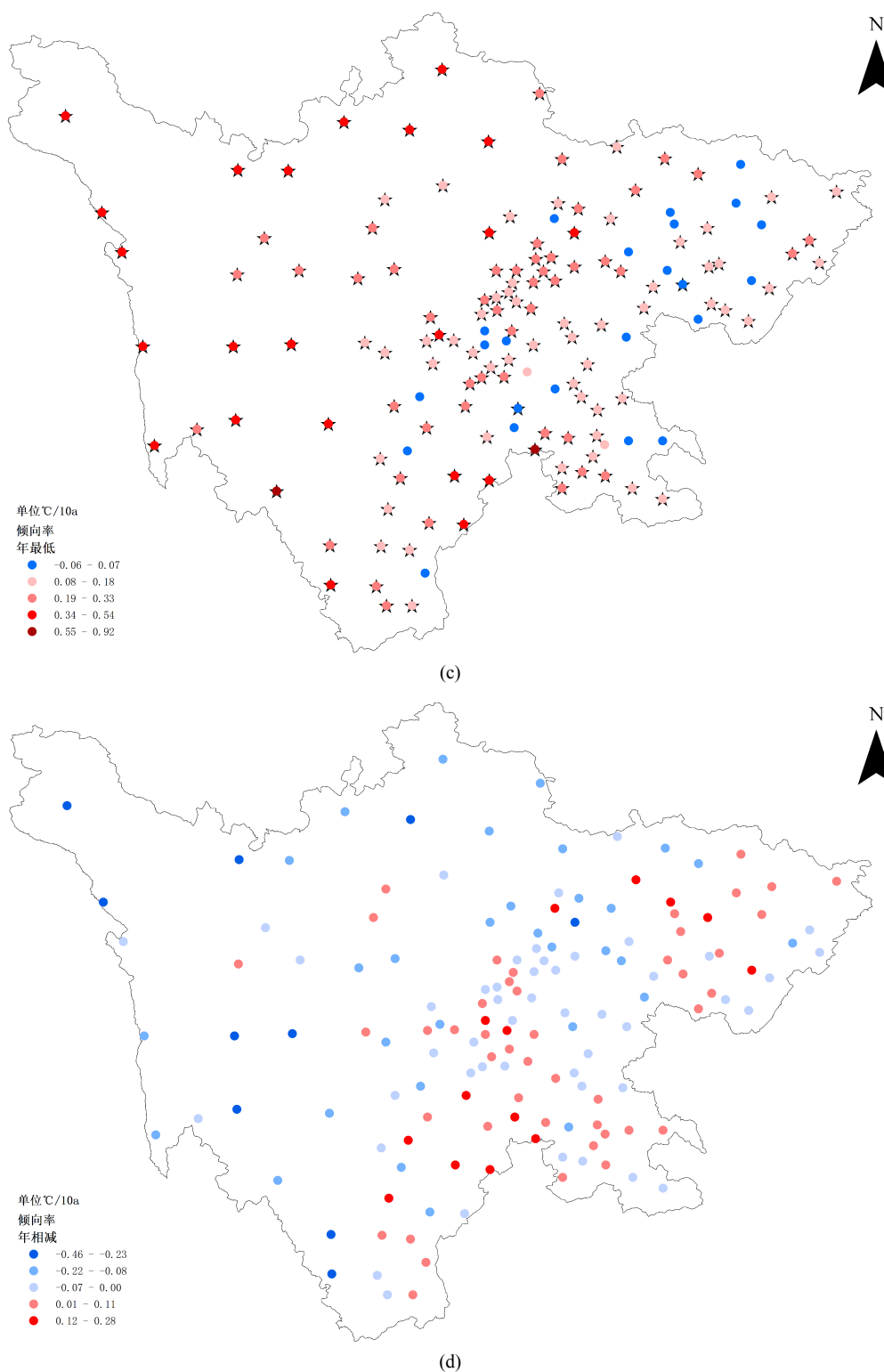


Figure 2. Long-term variation trend of annual temperature. (a) Annual mean temperature tendency rate; (b) The annual average maximum temperature tendency rate; (c) The annual average minimum temperature tendency rate; (d) Annual average maximum temperature decreasing annual average minimum temperature tendency rate

图 2. 年气温长期变化趋势。(a) 年平均气温倾向率；(b) 年平均最高气温倾向率；(c) 年平均最低气温倾向率；(d) 年平均最高气温减年平均最低气温倾向率

图 2(b)给出了年平均最高温度倾向率分布特征。平均最高气温相关系数通过 0.05 显著性检验的站点有 73%。相关系数未通过 0.05 显著性检验的站点主要集中在四川东部盆地地区。从图中分析 1961 年~2014 年分析的四川省的 148 个站点的气温倾向率可知: 年平均最高气温的倾向率介于 $(-0.21\sim1.2)^{\circ}\text{C}/10\text{a}$, 除了汉源县, 盐源县, 遂宁的气温倾向率为负, 其余站点的气温倾向率均为正数, 也就是说四川地区的平均最高气温除个别站点以外都是呈现上升的趋势。其中最高气温上升明显的地区有美姑县, 雷波县, 金阳县, 筠连县。川西南地区的木里县, 得荣县平均最高气温上升也很明显。相比较而言四川盆地东边的气温倾向率较小。

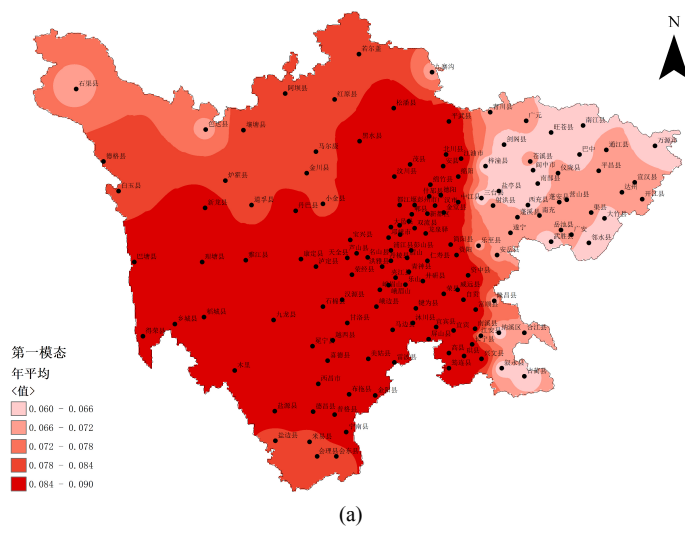
图 2(c)给出了年平均最低气温倾向率分布特征。平均最低气温相关系数通过 0.05 显著性检验的站点高达 84%。相关系数未通过 0.05 显著性检验的站点主要集中在四川东部少数地区, 从图中分析 1961 年~2014 年分析的四川省的 148 个站点的平均最低气温有显著的上升趋势, 通过气温倾向率的分布图可以看出: 最低气温变化从西到东逐渐减小, 上升变化最明显的地区在四川西南的稻城县、乡城县一带。其次川西北的石渠县、色达县、若尔盖呈现东西走向的带状区域年平均最低气温也上升较快。相对而言四川东北部最低气温上升变化就没那么明显了。气温倾向率为负的汉源县、越西县、宁南县位于四川西南地区, 而苍溪县、西充县以及渠县位于四川东北部。

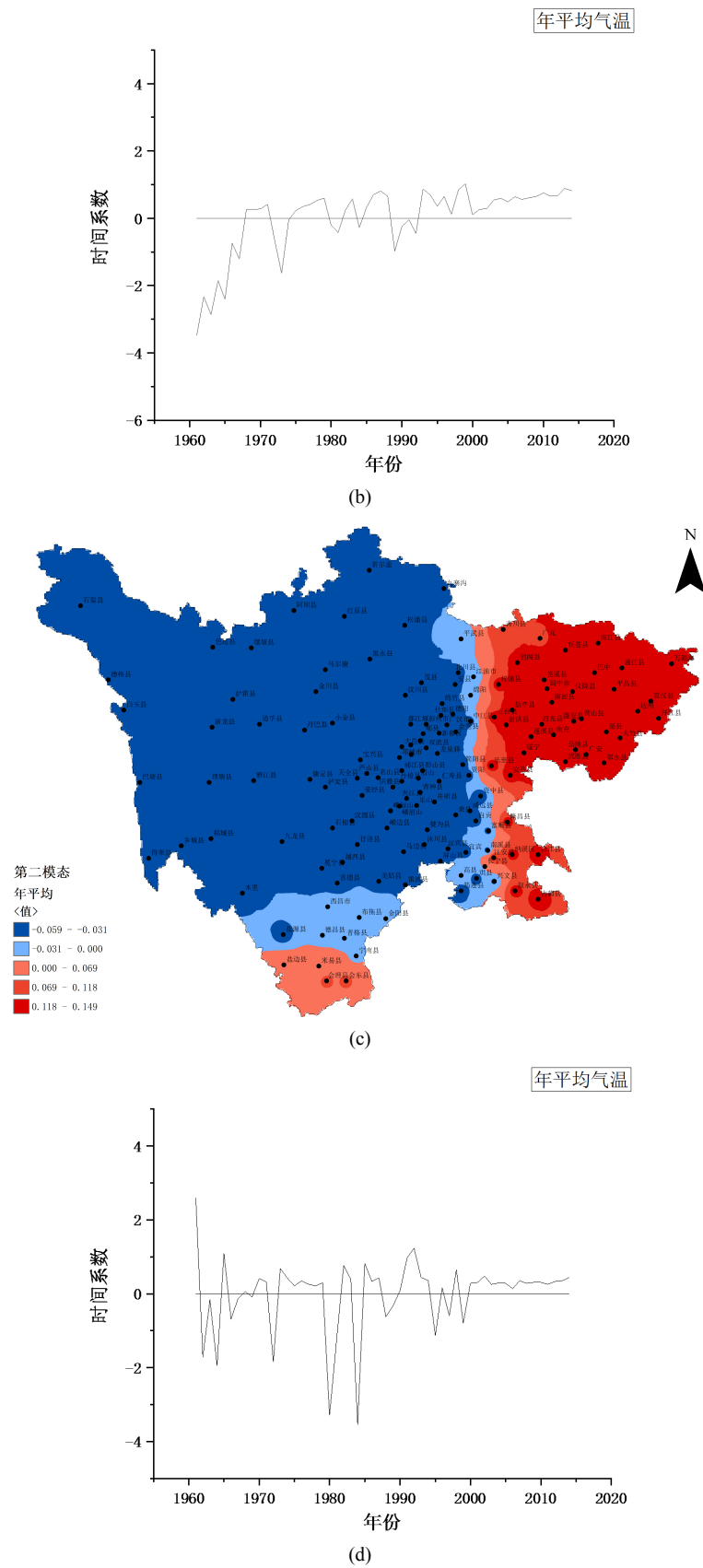
图 2(d)显示了年平均最高温度趋势率减去去年平均最低温度趋势率的对称变化。从图中可以看出, 四川西部的站点基本上是年平均最低温度上升速度快于年平均最高温度上升的速度。四川东北部大部分地区气温呈现对称性变化, 表明年平均最高气温上升趋势大于年平均最低气温。四川中东地区以及西南地区也有很大一部分站点年平均最高温度比年平均最低温度的倾向率大, 且这些站点大都偏东。

4. 时空特征分布

4.1. 年平均气温的时空分布特征

图 3(a), 图 3(b)分别是第一模态空间分布和时间系数。第一模态特征向量的方差贡献率为 68%, 远远高于其他模态的贡献率, 图 3 中显示, 第一模态站点的特征值均为正值, 表明 1961~2014 年间四川省的年平均气温变化趋势具有高度的一致性。高值中心位于四川中部地区, 反映该区域平均气温变化量大, 低值中心位于东北地区。整个平均气温分布从中部向四周逐渐递减。第一模态所对应的时间系数时间序列分布可以看出 1961~1973 年为显著负值, 1974~2014 年为显著正值区, 因此年平均气温在 1973 年以前偏冷, 后面逐渐升高, 其中 90 年代显著升高, 2000 以后平均气温仍在升高但是上升缓慢。





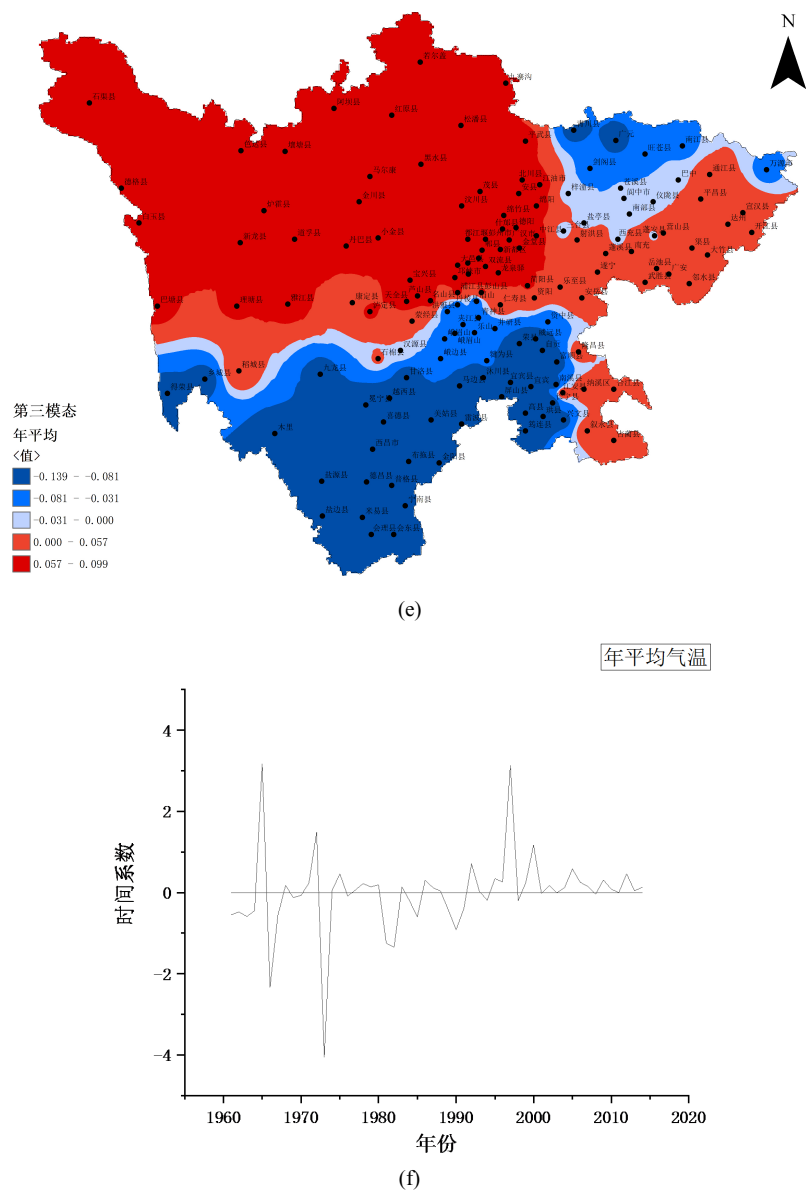


Figure 3. Spatial modal distribution and time curve of mean temperature
图 3. 平均气温空间模态分布及时间曲线((a) 第一模态空间分布; (b) 第一模态时间系数; (c) 第二模态空间分布; (d) 第二模态时间系数; (e)第三模态空间分布; (f) 第三模态时间系数)

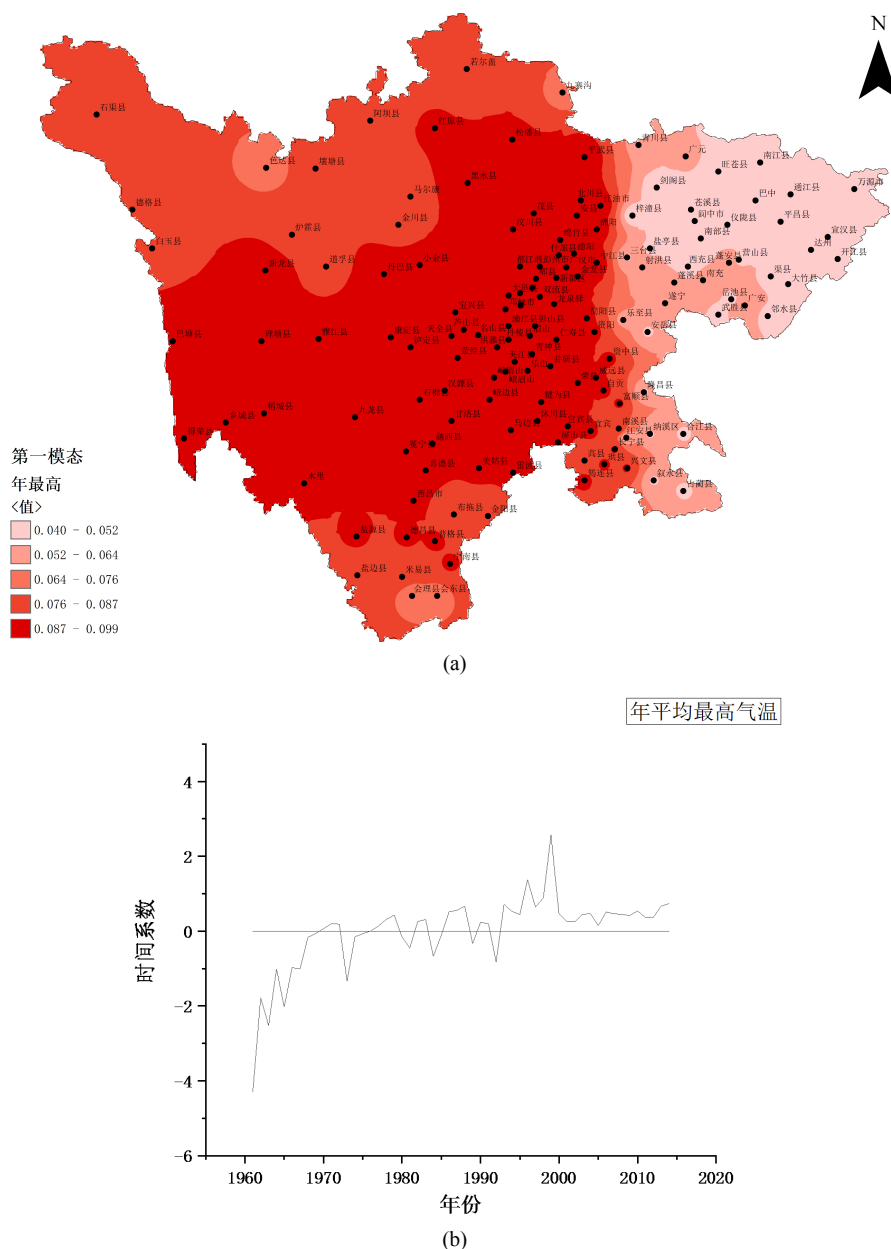
图 3(c), 图 3(d)分别是第二模态空间分布和时间系数。第二模态特征向量的方差贡献率为 16%, 这也是平均气温空间分布的典型形式。图 3 显示, 这种分布格四川西部和中部为负值, 四川东部为正值。南部少部分地区为正值。因此特征值从西到东递增, 四川中部特征值从北到南递增。因此四川西部和中部气温变化与南部和东部相反。第二模态所对应的时间系数时间序列分布可以看出 2000 年以前时间序列分布呈现正负交替的趋势, 没有明显的持续性正值区或负值区, 2000 年以后出现了持续的正值区, 说明年平均气温显著上升。

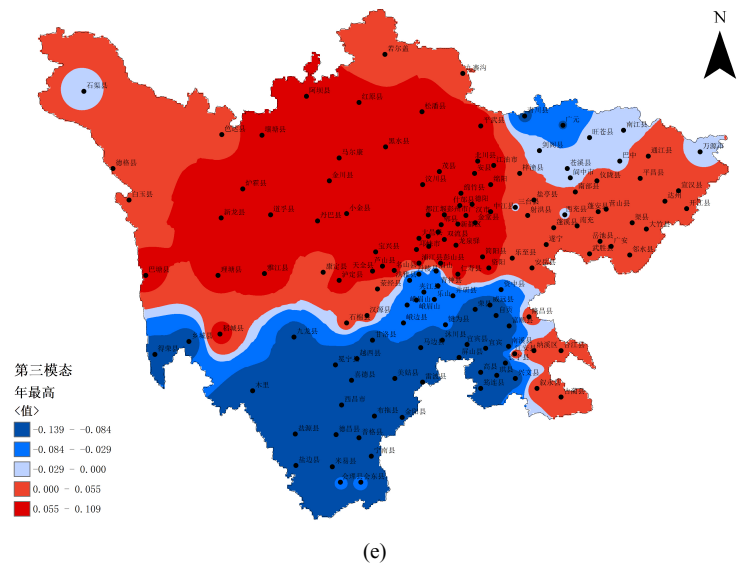
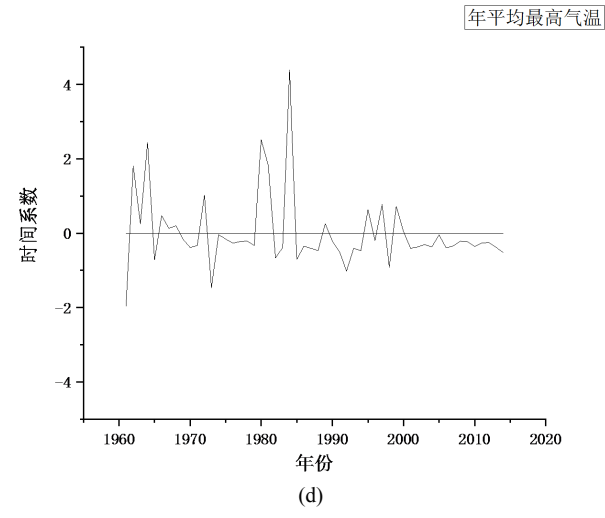
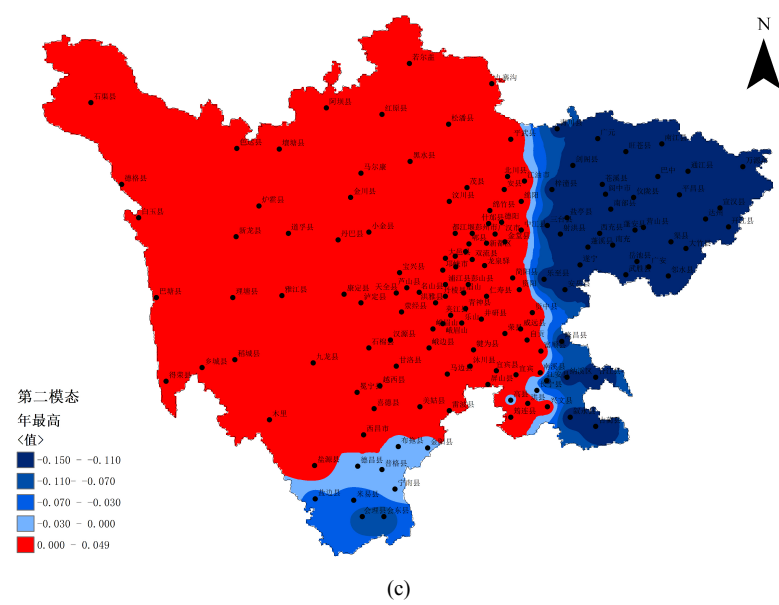
图 3(e), 图 3(f)分别是第三模态空间分布和时间系数。第三模态特征向量的方差贡献率为 6%。图中显示, 这种分布四川南部以及四川东北小部分地区为负值, 四川其他地区为正值。第三模态所对应的时

间系数时间序列分布可以看出 1992 年以前时间序列分布呈现正负交替的趋势, 没有明显的持续性正值区或负值区, 1992 年以后出现持续的正值区, 结果表明, 年平均气温显著上升, 1997 年平均气温异常升温。

4.2. 年平均最高气温时空分布特征

图 4(a), 图 4(b)分别是第一模态空间分布和时间系数。第一模态特征向量的方差贡献率为 55%, 远高于其他模态的贡献率, 该图显示第一模态的特征值均为正值, 表明 1961~2014 年间四川省的年平均最高气温变化趋势具有高度的一致性。高值中心位于四川中部地区, 反映该区域平均最高气温变化较大, 低值中心位于东北部。总体平均最高气温分布从中部向四周逐渐递减。第一模态所对应的时间系数时间序列分布可以看出年平均最高气温 1961~1976 年时间系数分布呈现明显的负值区, 1977~1984 年时间序列分布呈现正负交替的趋势, 1985 年之后时间系数出现明显的正值区。





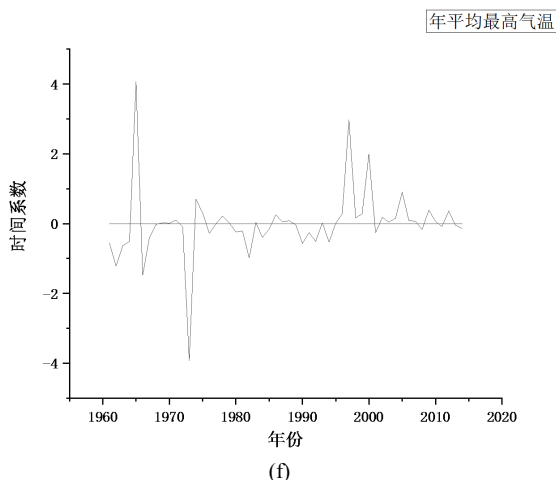


Figure 4. Spatial modal distribution and time curve of average maximum temperature

图 4. 平均最高气温空间模态分布及时间曲线。(a) 第一模态空间分布; (b) 第一模态时间系数; (c) 第二模态空间分布; (d) 第二模态时间系数; (e) 第三模态空间分布; (f) 第三模态时间系数)

图 4(c), 图 4(d)分别是第二模态空间分布和时间系数。第二模态特征向量的方差贡献率为 20%, 这也是平均最高气温空间分布形式。图中显示, 这种分布格四川西部和中部为负值, 四川东部为正值。南部少部分地区为正值。因此特征值从西到东递增, 四川中部特征值从北到南递增。因此四川西部和中部气温变化与南部和东部相反。第二模态所对应的时间系数时间序列分布可以看出 2000 年以前时间序列分布呈现正负交替的趋势, 没有明显的持续性正值区或负值区, 2000 年以后出现持续的负值区。

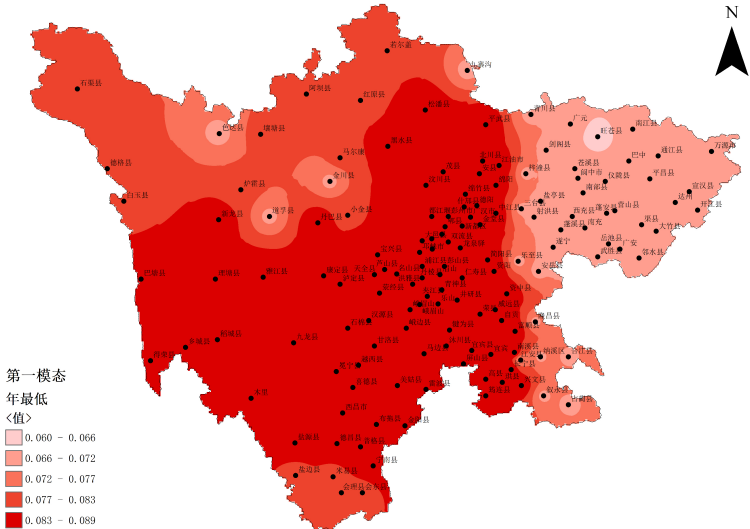
图 4(e), 图 4(f)分别是第三模态空间分布和时间系数。第三模态特征向量的方差贡献率为 9%。图中显示, 这种分布四川西部石里县和四川南部以及四川东北小部分地区为负值, 四川其他地区为正值。第三模态所对应的时间系数时间序列分布可以看出 1992 年以前时间序列分布呈现正负交替的趋势, 没有明显的持续性正值区域或负值区域, 1997 年以后出现持续的正值区域。

4.3. 年平均最低气温时空分布特征

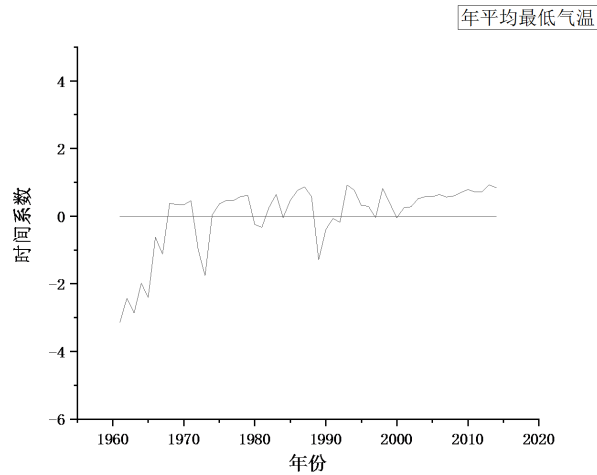
图 5(a), 图 5(b)分别是第一模态空间分布和时间系数。第一模态特征向量的方差贡献率为 73%, 是四川省年平均最低气温的主要空间分布形式。该图显示第一模态站点的特征值均为正值, 表明四川省 1961~2014 年间的年平均最低气温变化趋势具有高度的一致性。高值中心位于四川中部地区, 反映该区域平均气温变化大, 低值中心位于东北地区, 整个平均气温分布从中部向四周逐渐递减。第一模态所对应的时间系数时间序列分布可以看出年平均最低气温 1961~1966 年时间系数分布呈现明显的负值区, 1967~1982 年时间系数正负交替, 1982 年以后呈现为正值。

图 5(c), 图 5(d)分别是第一模态空间分布和时间系数。第二模态特征向量的方差贡献率为 14%。图中显示, 这种分布四川西部和中部为正, 四川东部为负, 南部少部分地区为负。因此四川西部和中部气温变化与南部和东部相反。第二模态所对应的时间系数时间序列分布可以看出 2000 年以前时间序列分布呈现正负交替的趋势, 没有明显的持续性正值区或负值区, 2000 年以后出现持续的负值区。

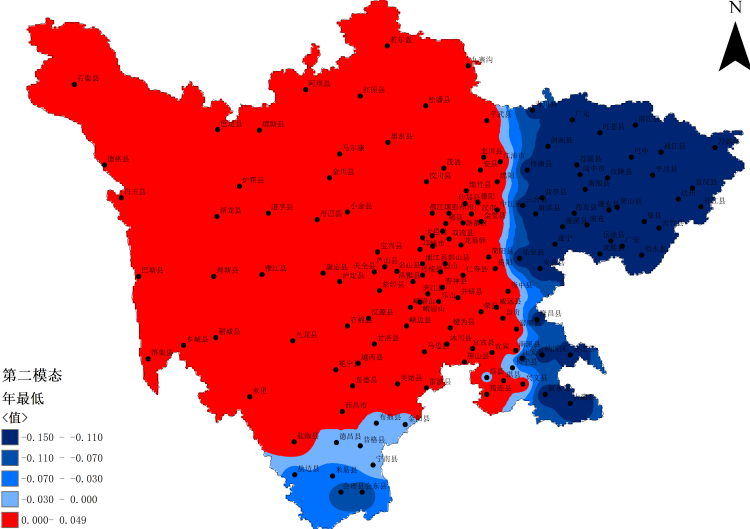
图 5(e), 图 5(f)分别是第一模态空间分布和时间系数。第三模态特征向量的方差贡献率为 5%。图中显示, 这种分布四川南部以及四川东北小部分地区为负值, 四川其他地区为正值。第三模态所对应的时间系数时间序列分布可以看出 1991 年以前时间序列分布呈现正负交替的趋势, 没有明显的持续性正值区或负值区, 1992 年以后出现持续的正值区。



(a)



(b)



(c)

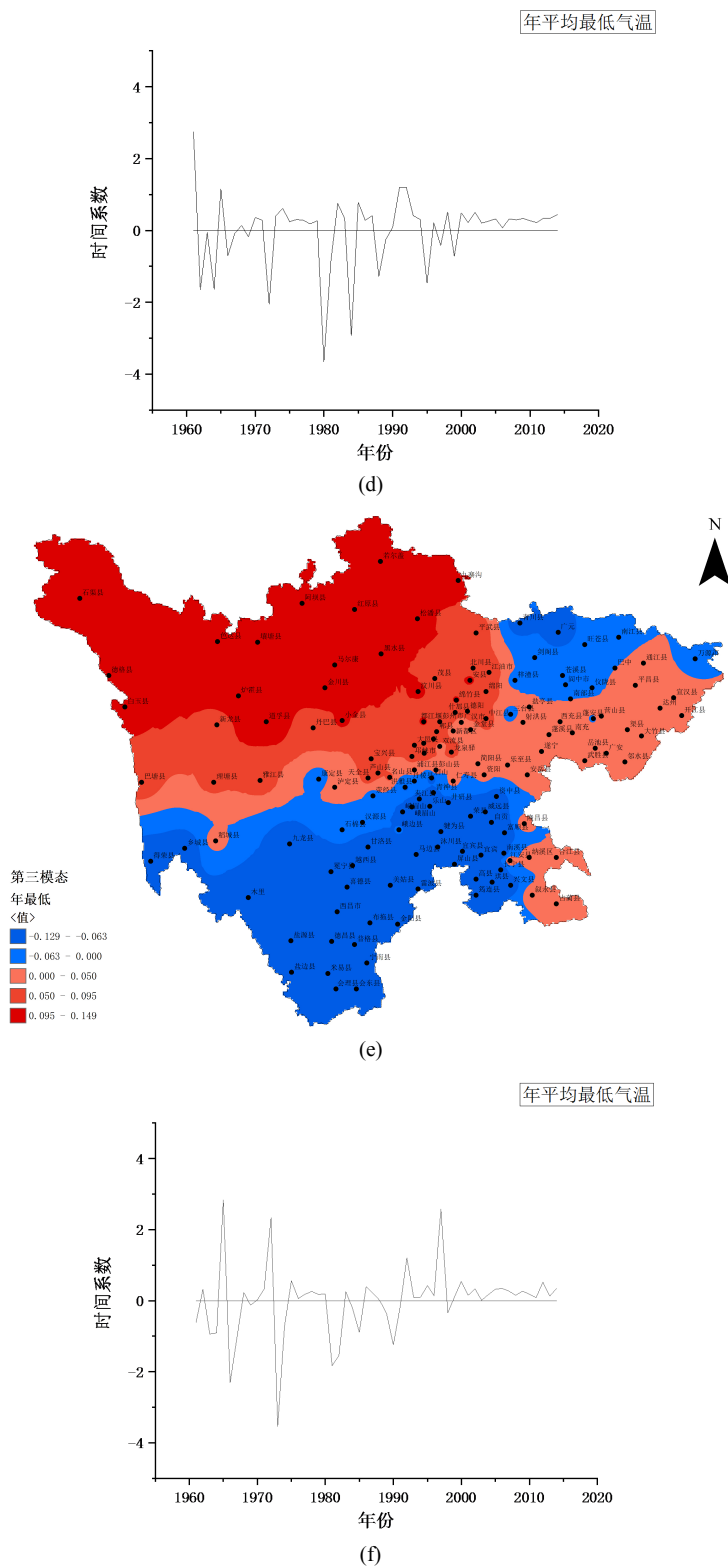
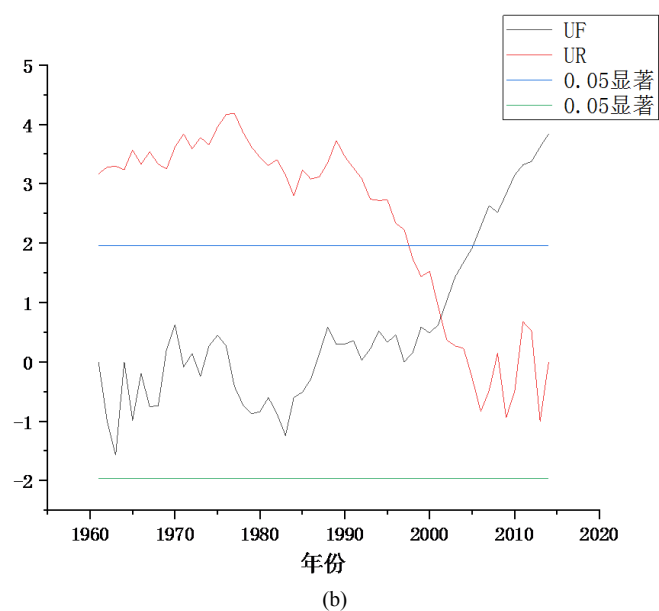
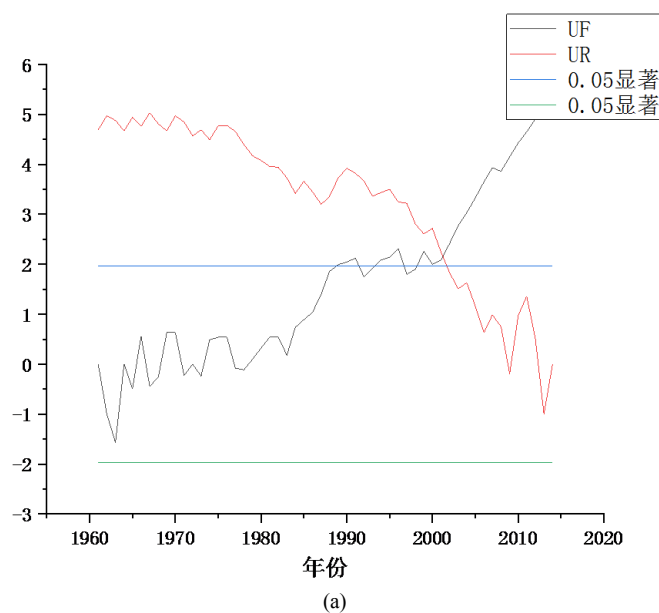


Figure 5. Spatial modal distribution and time curve of average minimum temperature
图 5. 平均最低气温空间模态分布及时间曲线。((a) 第一模态空间分布; (b) 第一模态时间系数; (c) 第二模态空间分布; (d) 第二模态时间系数; (e) 第三模态空间分布; (f) 第三模态时间系数)

5. 突变分析

对年平均温度以及年平均最高气温、年平均最低气温进行 MK 检验, 从图 6(a)中可以分析得到年平均气温在 1961 年到 1965 年之间 UF 值小于 0, 表明平均气温在这个时段呈现下降趋势, 1965 年之后到 2014 年 UF 值大于 0, 并且 2000 年以后 UF 值突破 1.96 说明 2000~2014 年平均气温显著上升。2002 年年平均气温因此发生突变。对年平均最高气温进行分析, 从图 6(b)可知通过 MK 检验 2002 年年平均最高气温发生突变, 1961~1968 年 UF 值小于 0, 1969~1976 年 UF 值大于 0, 1977~1985 年 UF 值小于 0, 1986~2014 年 UF 大于 0, 并且 2006~2014 年 UF 值突破 1.96, 年平均气温在该时段内显著上升。年平均最高气温呈现下降 - 上升 - 下降 - 上升的趋势。同样的方式对年平均最低气温进行分析(图 6(c)), 通过 MK 检验年平均最低气温, 发现 1988 年为突变点, 1961~1964 年年平均最低气温 UF 值小于 0, 1965 年~2014 年 UF 值大于 0, 年平均最低气温上升趋势明显。



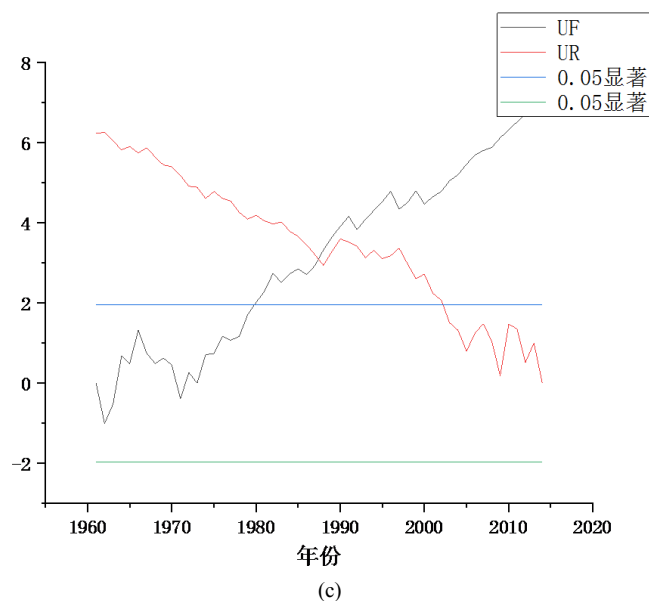


Figure 6. MK test for sudden change analysis of temperature

图 6. 气温突变分析 MK 检验。((a) 年平均; (b) 年最高; (c) 年最低)

基金项目

四川省科技计划项目(2017JY0294)资助。

参考文献

- [1] Handmer, J., Honda, Y., Kundzewicz, Z., Arnell, N., Benito, G., Hatfield, J., Yamano, H., *et al.* (2012). Changes in Impacts of Climate Extremes: Human Systems and Ecosystems. In: Field, C., Barros, V., Stocker, T. and Dahe, Q., Eds., *Managing the Risks of Extreme Events and Disasters to Advance Climate Change Adaptation: Special Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Cambridge University Press, Cambridge, 231-290. <https://doi.org/10.1017/CBO9781139177245.007>
- [2] Allen, S.K., Plattner, G.K., Nauels, A., *et al.* (2007) Climate Change 2013: The Physical Science Basis. An Overview of the Working Group 1 Contribution to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC). *Computational Geometry*, **18**, 95-123.
- [3] 向柳, 张玉虎. 四川省气候变化及其影响研究[J]. 绿色科技, 2019(2): 1-5.
- [4] 李跃清. 四川省气候状况与气候变化及其影响和对策研究[C]//中国科学技术协会. 西部大开发科教先行与可持续发展——中国科协 2000 年学术年会文集. 2000: 223-225.
- [5] 郑美琴. 日照市区环境污染与气象条件关系的研究[D]: [硕士学位论文]. 青岛: 中国海洋大学, 2004.
- [6] 何鹏, 李晓, 林正雨. 四川省主要农业气象灾害及防灾减灾科技需求[J]. 四川农业科技, 2015(12): 5-7.
- [7] Semenza, J.C. (2014) Climate Change and Human Health. *International Journal of Environmental Research & Public Health*, **11**, 7347-7353. <https://doi.org/10.3390/ijerph110707347>
- [8] 邓爱军, 陶诗言, 陈烈庭. 我国汛期降水的 EOF 分析[J]. 大气科学, 1989, 13(3): 289-295.
- [9] 黄嘉佑. 气象统计分析与预报方法[M]. 北京: 气象出版社, 2004.
- [10] 彭骏, 高文良. 青藏高原及其邻近地区年平均气温的 EOF 分析方法应用[J]. 高原山地气象研究, 2004, 24(3): 17-19.
- [11] 贾燕. 基于 EOF 分析辽宁省极端气温时空分布的研究[J]. 安徽农业科学, 2008, 36(11): 4589-4590.
- [12] 马晓波, 李栋梁. 青藏高原近代气温变化趋势及突变分析[J]. 高原气象, 2003, 22(5): 507-512.
- [13] 韩熠哲, 马伟强, 王炳赞, 等. 青藏高原近 30 年降水变化特征分析[J]. 高原气象, 2017(6): 1477-1486.
- [14] 韩雪云, 杨青, 姚俊强. 新疆天山山区近 51 年来降水变化特征[J]. 水土保持研究, 2013, 20(2): 139-144.

知网检索的两种方式:

1. 打开知网首页: <http://cnki.net/>, 点击页面中“外文资源总库 CNKI SCHOLAR”, 跳转至: <http://scholar.cnki.net/new>, 搜索框内直接输入文章标题, 即可查询;
或点击“高级检索”, 下拉列表框选择: [ISSN], 输入期刊 ISSN: 2330-1724, 即可查询。
2. 通过知网首页 <http://cnki.net/> 顶部“旧版入口”进入知网旧版: <http://www.cnki.net/old/>, 左侧选择“国际文献总库”进入, 搜索框直接输入文章标题, 即可查询。

投稿请点击: <http://www.hanspub.org/Submission.aspx>

期刊邮箱: ojs@hanspub.org