

# 昆明市近50年气温时空变化特征分析

陈克伟<sup>1</sup> 包银丽<sup>2</sup> 梁志妹<sup>3</sup>

1 昆明市规划设计研究院有限公司 2 昆明市测绘管理中心 3 昆明市农业科学研究院

DOI:10.12238/eep.v7i2.1934

**[摘要]** 利用中国国家气象科学数据中心1975—2020年近50年的昆明市12个气象站数据资料利用一元线性回归方法进行分析、处理,并得出昆明市年平均气温、季节性平均气温、年平均最高气温、年平均最低气温等的年度变化;对昆明市及周边33个气象站数据资料,利用ArcGIS软件的克里金插值法对昆明市年平均气温、年平均最高气温和年平均最低气温的空间分布特征进行直观展示,以加深对该区域气候变化及成因的理解,结果表明:昆明市近50年年平均气温以每10年升高0.318℃的速度上升;四季年平均气温皆呈现出波动上升的态势;年平均最高气温以每10年升高0.175℃的速度上升;年平均最低气温以每10年升高0.227℃的速度上升,昆明市气温变暖趋势与我国乃至全球气候变暖趋势基本一致。

**[关键词]** 时空变化; ArcGIS; 线性回归; 空间差值

**中图分类号:** F224.31 **文献标识码:** A

## Analysis of the spatial and temporal variation of temperature in Kunming in the past 50 years

Kewei Chen<sup>1</sup> Yinli Bao<sup>2</sup> Zhimei Liang<sup>3</sup>

1 Kunming City Planning, Design and Research Institute Co., LTD

2 Kunming Surveying and Mapping Management Center 3 Kunming Research Institute of Agricultural Sciences

**[Abstract]** Using the data from 12 meteorological stations in Kunming City from the China Meteorological Science Data Center from 1975 to 2020 for nearly 50 years, we analyzed and processed the data using a single linear regression method, and obtained the annual changes in average temperature, seasonal average temperature, annual average maximum temperature, and annual average minimum temperature in Kunming City; Using the Kriging interpolation method of ArcGIS software, the spatial distribution characteristics of annual average temperature, annual average maximum temperature, and annual average minimum temperature in Kunming and its surrounding 33 meteorological stations were visually displayed to deepen the understanding of climate change and its causes in the region. The results showed that the annual average temperature in Kunming has increased at a rate of 0.318 °C every 10 years in the past 50 years; The average temperature throughout the four seasons shows a fluctuating upward trend; The annual average maximum temperature rises at a rate of 0.175 °C every 10 years; The annual average minimum temperature is increasing at a rate of 0.227 °C every 10 years, and the warming trend of temperature in Kunming is basically consistent with that of China and even the world.

**[Key words]** spatiotemporal change; ArcGIS; linear regression; spatial difference

根据政府间气候变化专门委员会(IPCC)第六次评估报告显示,自1850—1900年以来,全球地表平均温度已上升约1℃,并指出从未来20年的平均温度变化来看,全球温升预计将达到或超过1.5℃<sup>[1]</sup>。因此,在全球持续变暖的气候大背景下,中国年平均地表气温明显升高,云南省气温年平均气温、最高和最低气温也呈现出了升高趋势,研究区域不同气温的变化也存在一定的差异<sup>[2-3]</sup>,国内外学者对最高、最低气温时间的研究也在不断增加,常用于气象要素的空间插值方法有距离权重法、多项式插值

法、克里格法、样条插值法<sup>[4-5]</sup>,并利用ArcGIS软件对气温进行空间插值,通过研究发现,对于给定数据的平均气温插值而言,克里金插值法效果最好<sup>[6-7]</sup>。根据1975—2020年46年来昆明市及周边气象站点数据,利用一元线性回归和克里金插值法进行分析、处理,并得出昆明市年平均气温变化、季平均气温变化、年平均最高气温变化、年平均最低气温变化等在时间和空间上的变化,可以让人更清楚地了解昆明市气候的变化趋势,这对于预测昆明市未来的气候变化、制定应对策略以及合理规划资源利

用具有重要的指导意义。

### 1 研究区概况

昆明市位于云南省中部地区,东经 $102^{\circ}10' \sim 103^{\circ}40'$ 之间,北纬 $24^{\circ}23' \sim 26^{\circ}33'$ 之间。南北长237.50千米,东西宽152千米,总面积21012.54平方千米,约占全省区域面积的5.3%,是云南省的省会,西南地区的中心城市之一。市域地处云贵高原,总体地势北部高,南部低,由北向南呈阶梯状逐渐降低。中部隆起,东西两侧较低。大部分地区海拔在1500~2800米。昆明属北纬低纬度亚热带—高原山地季风气候,日照长、霜期短,年平均气温 $15^{\circ}\text{C}$ 左右,年均日照2200小时左右,无霜期240天以上,年均降水量约1000毫米,气候温和,夏无酷暑,冬无严寒,四季如春,气候宜人。

### 2 资料来源

源于中国气象科学数据中心1975—2020年近50年的气温数据,包括昆明市内安宁、呈贡、东川、富民、晋宁、昆明、禄劝、石林、嵩明、太华山、寻甸、宜良等12个气象站点以及昆明市周边33个站点的日平均、日最高气温、日最低气温等气温数据资料进行气温变化趋势和特点分析。根据所得的数据资料,季节分为春季(3~5月)、夏季(6~8月)、秋季(9~11月)、冬季(12月~次年2月)。

### 3 研究方法

(1)采用一元线性回归,分析随时间的变化气温的变化趋势,并对一元线性回归方程进行显著性检验,如下公式所示。

$$y = ax + a_0$$

式中:  $a_0$  为回归常数,  $a$  为回归系数,  $x$  为气温指标。

$a_0$  和  $a$  可以用最小二乘法进行计算求得。回归系数  $a$  的符号表示气温在一定时间内变化的趋势倾向(变冷或变暖),称为气温倾向率;  $a$  值的大小反映了随时间的推移气温上升或下降的快慢程度;  $a \times 10$  则表示气温每10年的变化,单位为 $^{\circ}\text{C}/10$ 年<sup>[8]</sup>。

(2)利用ArcGIS软件的克里金插值法对气温进行空间差值。分析昆明市气温的空间分布特征,气象站的观测气温只能代表气象站所在地区局部范围的气温状况,对于广大非气象站所在地区的气温,只能通过推算求得<sup>[9]</sup>。

### 4 结果与分析

#### 4.1 平均气温的变化特征

(1)年平均气温的变化。通过对昆明市1975—2020年12个气象站点日平均气温数据计算得到各站点年平均气温,最后计算算术平均值得到昆明市的年平均气温数据,昆明市的年平均气温在 $14.8(1992)$ ~ $17.2(2019)$ 之间,多年年平均气温为维持在 $15.7^{\circ}\text{C}$ 左右。针对昆明市近50年的年平均气温,进行一元线性拟合后,得到年平均气温趋势方程为:  $y=0.0318x+14.991$ ,线性相关系数 $R^2=0.5328$ ,年平均气温以每10年升高 $0.318^{\circ}\text{C}$ 的速度上升。

(2)年平均气温的空间分布特征。利用ArcGIS软件的克里金

插值法将近50年来安宁、呈贡、东川、富民、晋宁、昆明、禄劝、石林、嵩明、太华山、寻甸、宜良等12个气象站点及昆明市周边33个气象站点的年平均气温进行空间差值,如图1所示。空间插值所得到的气温分布图表明,昆明市1975—2020年的年平均气温分布在 $12.6 \sim 20.1^{\circ}\text{C}$ 之间,年平均气温的地理分布与海拔相关,大致呈北部高,南部低,由北向南呈阶梯状逐渐降低,其中东川区局部及禄劝西北部气温较高 $18.1^{\circ}\text{C} \sim 20.1^{\circ}\text{C}$ ;中部和东部平均温度较低,为 $12.6^{\circ}\text{C} \sim 15^{\circ}\text{C}$ 。

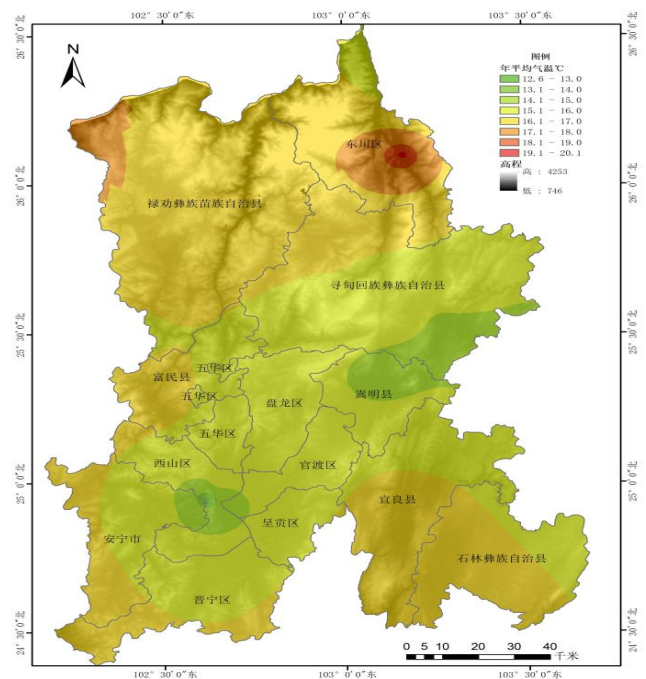


图1 1975—2020年昆明市多年平均气温的空间分布特征

(3)季节性变化。针对昆明市近50年来季节性平均气温的变化,采用一元线性拟合的方法,分别得到了春、夏、秋、冬四季的气温变化趋势方程,其中春季为:  $y=0.0295x+16.688$ ,线性相关系数 $R^2=0.2131$ ;夏季为:  $y=0.0175x+20.062$ ,线性相关系数 $R^2=0.2914$ ;秋季为:  $y=0.0312x+14.778$ ,线性相关系数 $R^2=0.3698$ ;冬季为:  $y=0.0481x+8.3444$ ,线性相关系数 $R^2=0.3857$ 。由此得出昆明市1975—2020年近50年四季气温变化曲线及线性趋势,春季平均气温在 $15.5(1990)$ ~ $19.3^{\circ}\text{C}(2019)$ 之间,历年春季平均气温为 $17.4^{\circ}\text{C}$ ,并以每10年升高 $0.295^{\circ}\text{C}$ 的速度上升;夏季平均气温在 $19.6(2020)$ ~ $21.6^{\circ}\text{C}(2019)$ 之间,历年夏季平均气温为 $20.5^{\circ}\text{C}$ ,以每10年升高 $0.175^{\circ}\text{C}$ 的速度上升;秋季平均气温在 $13.8(1979)$ ~ $16.7^{\circ}\text{C}(2019)$ 之间,历年秋季平均气温为 $15.5^{\circ}\text{C}$ ,以每10年升高 $0.312^{\circ}\text{C}$ 的速度上升;冬季平均气温在 $7.0(1983)$ ~ $11.8^{\circ}\text{C}(2019)$ 之间,历年冬季平均气温为 $17.4^{\circ}\text{C}$ ,以每10年升高 $0.481^{\circ}\text{C}$ 的速度上升;昆明市四季平均气温变化趋势均呈波动上升趋势,其中以冬季气温升高幅度最大,秋季次之,夏季最小。

#### 4.2 高温和低温的变化特征

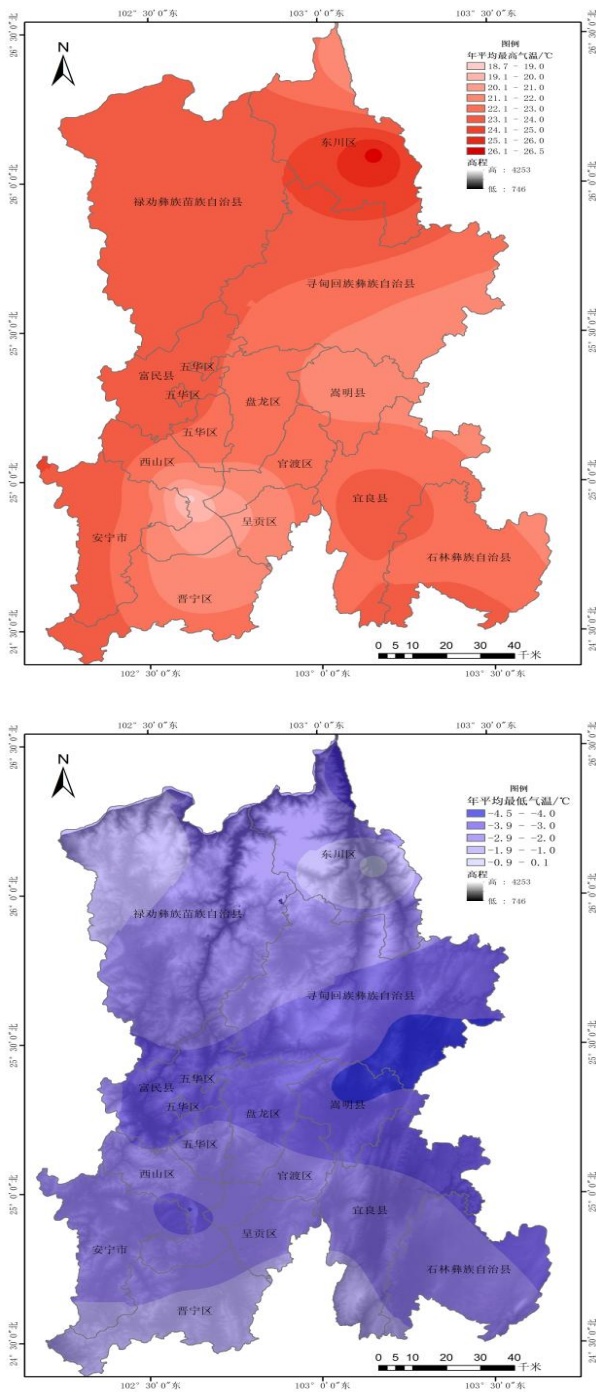


图2 1975—2020年昆明市年平均最高气温和年平均最低气温的空间分布特征

(1)年平均最高气温和年平均最低气温的变化特征。对昆明市近50年的平均最高气温和平均最低气温的变化情况同样采取线性拟合,可以得到年平均最高气温线性拟合方程为: $y=0.0175x+19.651$ ,线性相关系数 $R^2=0.1627$ ;年平均最低气温线性拟合方程为: $y=0.0227x+12.091$ ,线性相关系数 $R^2=0.3899$ 。数据分析得出昆明市在1975年至2020年间,年平均最高气温介于19.3℃(2000年)到22.3℃(2019年)之间,以每10年升高

0.175℃的速度上升;年平均最低气温介于11.7℃(1977年)至19.0℃(2019年)之间,以每10年升高0.227℃的速度上升。

(2)年平均最高气温和年平均最低气温的空间分布特征。通过ArcGIS软件的克里金插值法将安宁、呈贡、东川、富民、晋宁、昆明、禄劝、石林、嵩明、太华山、寻甸、宜良等12个气象站点及周边33个气象站点近50年年平均温度进行空间差值,得到结果,如图2所示。

空间差值结果表明,昆明市1975—2020年的年平均最高温度为18.7~26.5℃,大致为北部高,南部低,其中滇池周边以及嵩明县大部分地区年平均最高气温相对较低,禄劝县、富民县全县以及西山区、安宁市、宜良县以及石林县的部分区域次之,东川区平均最高温度最高。东川区县城所在区域年平均最低气温最高,为-4.5~0.1℃,昆明市南部、西北部及东川区部分地区年平均最低气温温度次之,嵩明县、寻甸县部分地区年平均最低气温最低。

5 结论

昆明市近50年的年平均气温、四季平均气温、年平均最高气温、年平均最低气温等均呈升高的趋势;昆明市气温变暖趋势与我国乃至全球气候变暖趋势基本一致。

【参考文献】

[1]翟盘茂,余蓉,周佰铨,等.1.5℃增暖对全球和区域影响的研究进展[J].气候变化研究进展,2017,13(5):465-472.  
 [2]刘凯,聂格格,张森.中国1951—2018年气温和降水的时空演变特征研究[J].地球科学进展,2020,35(11):1113-1126.  
 [3]姚恩,李晓鹏,闫丽萍,等.近44年云南年平均气温的时空变化特征[J].气象,2006,32(10):81-87.  
 [4]除多,珠海英,任秀珍,巴顿.一种基于GIS的气象要素空间插值方法[J].高原山地气象研究,2010,(3):41-44.  
 [5]孔辉.基于GIS的气温插值方法比较研究——以陕西省为例[J].数字通信世界,2018,(05):241.  
 [6]焦永清,李永鹏,杨军义,等.基于GIS的气温插值方法比较研究[J].矿山测量,2016,44(2):69-70,79.  
 [7]吴文玉,马晓群.基于GIS的安徽省气温数据栅格化方法研究[J].中国农学通报,2009,25(2):263-267.  
 [8]覃笠瑜,黄珩,刘芳.近65年东兰县气温的时空变化特征分析[J].农业灾害研究2023,13(9):175-178.  
 [9]廖顺宝,李泽辉.气温数据栅格化中的几个具体问题[J].气象科技,2004,32(5):352-356.

作者简介:

陈克伟(1982--),男,汉族,河北定州市人,硕士研究生,研究方向:测绘和地理信息技术研究。

梁志妹(1982--),女,汉族,广西玉林人,硕士研究生,研究方向:耕地土壤与耕地质量保护。

通讯作者:

包银丽(1980--),女,汉族,云南宣威人,硕士研究生,研究方向:测绘和地理信息技术研究。