

广西南宁市近 13 年降雨的时间序列分析及预测

谭荣志¹, 王春振^{2*}, 陈容¹ (1. 中国科学院, 水利部成都山地灾害与环境研究所, 山地灾害与地表过程重点实验室, 四川成都 610041; 2. 桂林理工大学环境科学与工程学院水文与水资源工程, 广西桂林 541004)

摘要 对广西壮族自治区首府南宁市 2006—2018 年降雨资料进行时间序列分析, 应用统计分析软件 Excel 2013 和 SPSS 22 对上述降雨数据进行季节因子分解, 在对比加法模型和乘法模型建模误差的基础上选用乘法模型分析南宁市降雨数据的时间特征, 同时应用专家建模法开展时间序列预测, 预测南宁市 2019 年各月的降雨量。结果表明, 南宁市降雨的时间序列可用乘法模型进行季节因子分解, 简单季节性模型进行预测。南宁市 2019 年各月的降雨量预测值分别为 48.7、25.6、57.2、68.3、144.3、188.2、246.4、213.3、123.9、89.0、62.1 和 37.9 mm, 年降雨总量的预测值为 1 304.9 mm。与中国统计年鉴(2020 年)中南宁市 2019 年的降雨实测统计数据进行比较分析, 各月份降雨量预测值与实测值相关分析的决定系数(R^2)为 0.663 6, 全年降雨总量的绝对误差为 82.3 mm, 相对误差小于 7%。预测值与实测值基本相符。

关键词 时间序列分析; 降雨预测; 南宁市
中图分类号 P 456.8 **文献标识码** A
文章编号 0517-6611(2022)17-0191-03
doi: 10.3969/j.issn.0517-6611.2022.17.048



开放科学(资源服务)标识码(OSID):

Time Series Analysis and Forecast of Rainfall in Nanning City Based on the Rainfall Data during the Last 13 Years
TAN Rong-zhi¹, WANG Chun-zhen², CHEN Rong¹ (1. Key Laboratory of Mountain Hazards and Surface Processes, Chengdu Institute of Mountain Hazards and Environment, Ministry of Water Resources, Chinese Academy of Sciences, Chengdu, Sichuan 610041; 2. Department of Hydrology and Water Resources Engineering, College of Environmental Science and Engineering, Guilin University of Technology, Guilin, Guangxi 541004)

Abstract The rainfall data of Nanning City, capital of Guangxi Zhuang Autonomous Region during the last 13 years from 2006 to 2018 were processed by the method of time series analysis. The seasonal factors of the above rainfall data were separated by the statistical analysis software Excel 2013 and SPSS 22. After comparing the model errors of additive model with multiplicative model, the time characteristics of the rainfall in Nanning were analyzed by the multiplicative model. Meanwhile, the time series prediction was carried out by the expert model, and the rainfall value of each month in Nanning in 2019 was predicted. The results showed that the time series of rainfall in Nanning could be simulated by multiplicative model and predicted by simple seasonal model. The predicted rainfall values of each month in Nanning in 2019 were 48.7, 25.6, 57.2, 68.3, 144.3, 188.2, 246.4, 213.3, 123.9, 89.0, 62.1 and 37.9 mm, and the predicted annual rainfall were 1 304.9 mm. Compared with the actual rainfall data from the China Statistical Yearbook (2020), the determination coefficient of correlation analysis between the predicted value and the actual measured value of rainfall in each month was 0.663 6, the absolute error was 82.3 mm, and the relative error was less than 7%. Therefore, the predicted values were basically consistent with the measured values.

Key words Time series analysis; Rainfall forecast; Nanning City

时间序列通常是指按照时间顺序排列的一组客观真实的数字序列, 它包含着客观物质世界某一现象随时间变化的规律。时间序列分析是一种发现时间序列变化规律并把它用于预测的统计技术^[1-2]。一般情况下, 季节性变动可以体现时间序列变动的周期性规律。有研究表明, 季节性变动分析方法不仅在水文、气象、地震、农作物病虫害预报、环境污染控制、生态系统动态分析、海洋学、天文学等自然科学领域有着广泛的应用, 而且适用于国民经济宏观调控、区域综合发展规划、企业经营管理 and 市场潜力预测等经济学、社会学领域^[3-8]。已有学者利用时间序列在大气降水方面进行分析和预测^[9], 对年降水场次^[10]、降雨量^[11-13]、极端降水^[14]、土壤水分^[15]等进行了研究并得到较好的预测结果。但时间序列分析应用于某区域的逐月连续降雨预测方面还较少见深入的研究, 在中长期降雨预测预报的准确性方面也分析不多。

近年来, 洪水、暴雨、干旱、泥石流、滑坡等自然灾害频繁发生, 这不仅严重威胁人们的生命安全, 而且破坏各种基础

设施, 摧毁城镇和乡村居民点, 阻断交通和河道, 造成巨大的经济损失。学者们公认降雨是引发各类自然灾害的重要因素^[16], 因此, 降雨预测就成为各类灾害性天气预测的基础。如何提高区域降雨量的预测精度, 保证灾害性天气的精准预报、及时灾害预警成为当前研究的重点和难点问题。目前对于降雨预测的数据主要基于卫星雷达气象数据和地面气象观测站点进行短临预报^[17-18], 存在观测数据序列长短不一且连续性较差、站点分布不均、仪器稳定性不够以及通信网络不能完全保障等问题, 在一定程度上制约了降雨预测预报的可靠性和中长期降雨预测预报的准确性。笔者以广西壮族自治区首府南宁市 2006—2018 年逐月降雨数据为研究实例, 构建时间序列并进行时间序列分析; 应用统计分析软件 Excel 2013 和 SPSS 22 对上述降雨时间序列进行季节因子分解, 在对比加法模型和乘法模型建模误差的基础上选用乘法模型分析南宁市降雨数据的时间变化规律, 应用专家建模法预测南宁市 2019 年各月的降雨量, 以期能在一定程度上弥补气象资料的不足, 同时也为降雨预测研究提供另一种研究途径和可行的方法。

1 资料与方法

1.1 研究区概况 南宁市位于北回归线以南、广西壮族自治区的西南(107°45′~108°51′E、22°13′~23°32′N), 属于亚热带

基金项目 中国科学院战略性先导科技专项(A类)子课题(XDA230-90303); 四川省科技计划资助项目(2019YFH0040)。

作者简介 谭荣志(1982—), 女, 四川简阳人, 工程师, 硕士, 从事山地灾害防治减灾研究。*通信作者, 副教授, 博士, 硕士生导师, 从事水文与水资源研究。

收稿日期 2021-11-04

带季风性湿润气候。光照充足、夏长冬短、雨量充沛。春、秋两季气候温和,夏季炎热潮湿,冬季无雪。年均气温 21.6℃,极端最高气温 40.4℃,极端最低气温-2.4℃。多年平均降雨量在 1 241~1 753 mm,平均相对湿度 79%。

南宁的主要河流属于珠江流域西江水系,较大的河流有邕江、右江、左江、红水河、武鸣河、八尺江等。南宁水资源丰富,多年平均地下水模数 11.1 万 m³/km²,多年平均浅层地下水资源补给量 25 亿 m³,地表径流量 156 亿 m³,水资源总量约 556 亿 m³。

1.2 数据来源 该研究采用的南宁市降雨数据全部来自《中国统计年鉴》(2007—2019 年),实际统计年限为 2006—2018 年。每年的降雨数据包括各月份的降雨数据和全年总的降雨数据。

1.3 研究方法 时间序列分析一般不考虑事物发展间的因果关系。虽然表征事物随时间发展的数据具有一定的不规则性和随机性,但仍然假定事物的这种发展趋势会一直延续到将来。通常情况下,一个时间序列(Y)包括长期趋势(T)、季节变动(S)、循环变动(C)和不规则变动(I)4 个因子。当上述 4 个因子相互独立时,认为时间序列由 4 个因子直接叠加而成,记为:

$$Y=T+S+C+I \tag{1}$$

当上述 4 个因子相互影响时,认为时间序列由 4 个因子综合作用而成,记为:

$$Y=T \times S \times C \times I \tag{2}$$

虽然将时间序列进行因子分解便于分析单一因子对时间序列的影响以及各因子对时间序列的综合影响,但当时间序列具有明显季节变动特征时,通常主要研究季节因子的周期性循环特征。降雨具有明显的季节性变动特征。

在对原始序列进行因子分解,掌握原始序列的时间变化规律后,可以选用适当的模型进行预测,如 ARIMA 模型、趋势模型、自回归模型等^[3]。

1.4 数据统计分析 应用统计分析软件 Excel 2013 和 SPSS 22 对降雨时间序列进行季节因子分解,在对比加法模型和乘法模型建模误差的基础上选用乘法模型分析南宁市降雨数据的时间变化规律,应用专家建模法预测南宁市 2019 年各月的降雨量。

2 结果与分析

2.1 季节性统计 因为降雨具有鲜明的季节性特征,所以首先按照季节对南宁市的多年降雨进行初步统计分析。其中,春季为每年的 3—5 月,夏季为每年的 6—8 月,秋季为每年的 9—11 月,冬季为每年的 1、2、12 月。为了保证与年鉴统计时间一致,冬季为当年的 1、2 和 12 月,不是当年 12 月至次年 2 月。

经统计(表 1),南宁市 2006—2018 年夏季降雨总量为 8 398.7 mm,均值为 646.0 mm;秋季降雨总量为 3 550.5 mm,均值为 273.1 mm;春季降雨总量为 3 483.3 mm,均值为 267.9 mm;冬季降雨总量为 1 435.3 mm,均值为 110.4 mm。夏季降雨总量明显高于其他 3 个季节,分别高于秋季 136.5%、春季 141.1%、冬季 485.2%。春季、秋季多年降雨的总体差异不

大,相差 67.2 mm。由此可见,南宁市的降雨主要分布在夏季,降雨量从多到少依次为夏季、秋季、春季、冬季。

表 1 2006—2018 年南宁市各季雨量
Table 1 The seasonal rainfall data in Nanning City from 2006 to 2018

年份 Year	春季 Spring	夏季 Summer	秋季 Autumn	冬季 Winter
2006	180.2	856.3	57.8	65.1
2007	216.1	546.2	185.2	60.6
2008	185.7	878.1	391.2	170.0
2009	301.6	516.9	126.3	18.3
2010	304.3	712.0	174.1	186.5
2011	232.0	455.0	500.4	65.5
2012	228.6	460.5	258.3	139.4
2013	369.3	734.5	357.3	108.2
2014	134.8	544.8	490.9	64.2
2015	184.8	557.9	286.5	193.1
2016	373.2	776.4	244.6	152.2
2017	473.9	647.4	294.4	133.0
2018	298.8	712.7	183.5	79.2
总计 Total	3 483.3	8 398.7	3 550.5	1 435.3
平均 Mean	267.9	646.0	273.1	110.4

2.2 时间序列分析 将南宁市 2006—2018 年各月的降雨数据依次输入 SPSS 22,并定义成时间序列,生成序列图,见图 1。

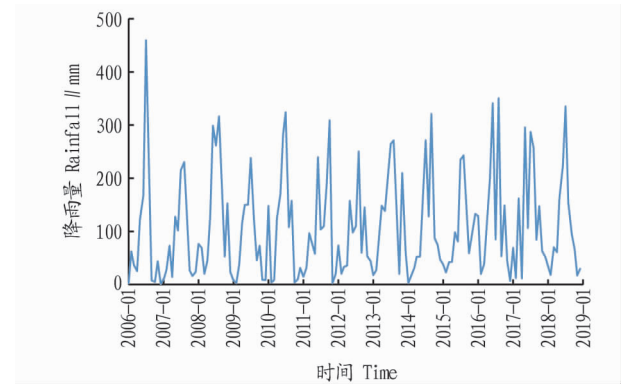


图 1 2006—2018 年南宁市降雨时间序列
Fig. 1 The rainfall time series in Nanning City from 2006 to 2018

分别运用乘法模型和加法模型进行周期影响因子分解,时间跨度为 12 个月,各数据的权重相等^[19-20]。从季节因子乘法分解和加法分解后的结果(图 2)可以看出,乘法分解误差曲线的变化幅度明显小于加法分解的结果。分别对误差序列进行统计分析,由乘法分解后得到的误差最大值为 2.69,最小值为 0.02,均值为 0.96,方差为 0.29;由加法分解后得到的误差最大值为 163.05,最小值为-176.56,均值为-0.08,方差为 2 669.60。由此可见,乘法分解的结果明显优于加法分解^[21]。

从季节因子的变化周期及发展趋势(图 3)可以看出,季节因子的变化周期为 12 个月。一开始先下降(冬季 1—2 月),再迅速上升(春季 3—5 月)到峰值(夏季 6—8 月),然后再迅速下降(秋季 9—11 月),略有回升(冬季 12 月)后下降进入第 2 个循环期。上述周期变化规律反映了近 13 年南宁市降雨的季节周期变化规律和降雨的各月周期变化规律。

2.3 次年降雨预测 应用 SPSS 22 时间序列建模器,设定专

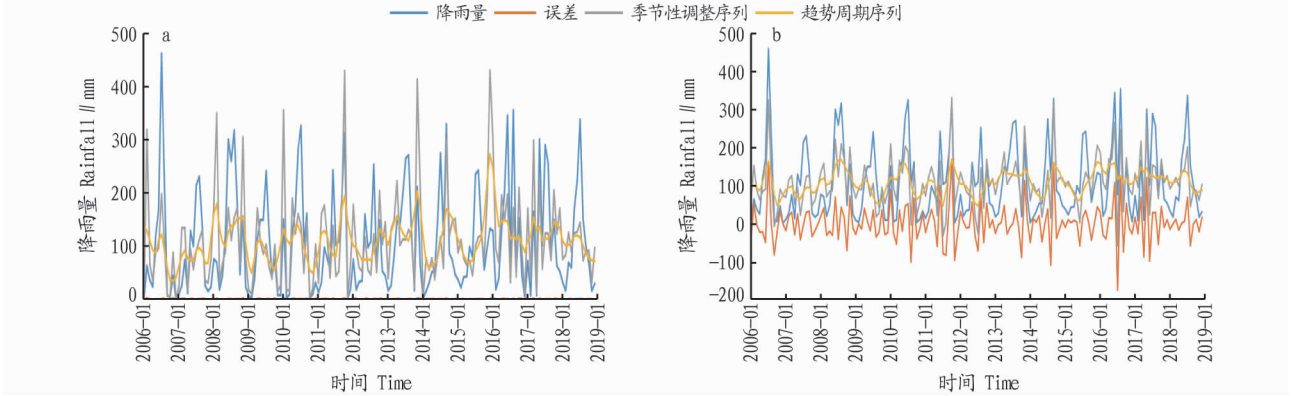


图 2 季节因子乘法 (a) 和加法 (b) 分解后的序列比较

Fig. 2 Sequence comparison after decomposition of seasonal factor multiplication (a) and addition (b)

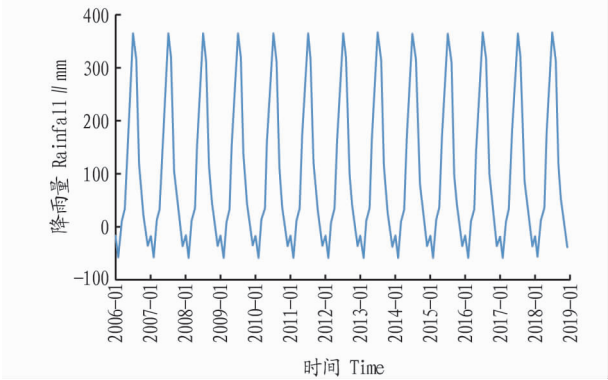


图 3 季节因子变化周期和发展趋势

Fig. 3 Seasonal factor change cycle and development trend

家建模条件为所有模型,显著性水平为 0.05,由计算机自动优选模型并进行预测,最终选定的时间序列预测模型为简单季节性模型。模型拟合参数平稳系数 R^2 为 0.79,杨-博克斯统计量的显著性参数 P 为 0.599 (大于 0.05,超过阈值),表明计算机自动优化模型与原时间序列数据的拟合效果较为理想,该模型可以用于时间序列预测^[22-23]。

应用上述计算机自动优化得到的简单季节性模型对南宁市 2019 年全年各月份的降雨进行时间序列预测,结果发现,2019 年 1—12 月各月降雨量分别为 48.7、25.6、57.2、68.3、144.3、188.2、246.4、213.3、123.9、89.0、62.1、37.9 mm。由预测结果计算得出南宁市 2019 年春、夏、秋、冬四季的降雨量预测值分别为 269.8、647.9、275.0 和 112.2 mm,年降雨总量的预测值为 1 304.9 mm,符合按照“夏季—秋季—春季—冬季”顺序递减的规律,同时符合全年降雨一开始先下降(冬季 1—2 月),再迅速上升(春季 3—5 月)到峰值(夏季 6—8 月),然后再迅速下降(秋季 9—11 月)的分布规律。

经查询中国统计年鉴(2020 年),南宁市 2019 年各月的降雨量实测值分别为 40.3、57.9、112.1、95.9、126.7、289.0、235.2、210.6、12.9、31.4、7.0、3.6 mm,实测年降雨总量为 1 222.6 mm。将预测值与实测值进行比较(图 4),同时进行相关性分析(图 5),决定系数(R^2)为 0.663 6。按照一般数理统计规律,在样本容量 12,显著性水平 $\alpha=0.05$ 的条件下进行零相关检验,超过阈值 0.576,两者显著相关^[24]。

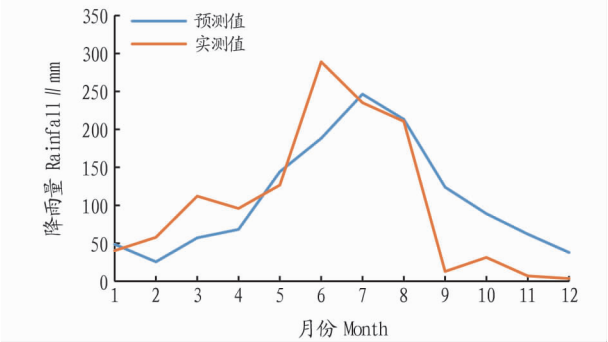


图 4 2019 年南宁市降雨预测值与实测值比较

Fig. 4 The comparison between the predicted and the actual rainfall values in Nanning City in 2019

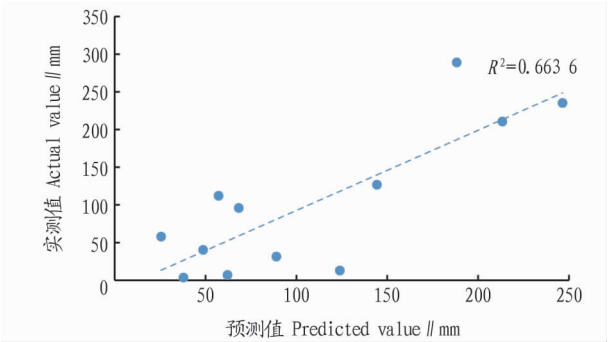


图 5 2019 年南宁市降雨量预测值与实测值相关分析

Fig. 5 The correlation analysis between the predicted and the actual rainfall values in Nanning City in 2019

3 结论与讨论

应用 Excel 2013 和 SPSS 22 对南宁市 2006—2018 年降雨数据的时间序列进行分析,结果发现:

(1) 南宁市降雨的时间序列可用乘法模型进行季节因子分解。因为乘法模型的误差最大值为 2.69,最小值为 0.02,均值为 0.96,方差为 0.29;而加法模型的误差最大值为 163.05,最小值为 -176.56,均值为 -0.08,方差为 2 669.60。乘法模型的误差及其分布明显优于加法模型的误差及其分布。

(2) 计算机自动优化结果表明简单季节性模型满足南宁市多年降雨预测的建模要求。模型拟合参数平稳系数 R^2 为 0.79,杨-博克斯统计量的显著性参数 P 为 0.599,超过阈值 (下转第 197 页)

中,除马铃薯外还有西瓜、蔬菜、烟草等,尤其是烟草产业,盈江农户极其喜欢种植晒黄烟,稳定的价格,合同销售,加上 2021—2022 年马铃薯价格偏低,农户会根据经济效益进行选择。

3.2.2 冷藏技术大幅提高,市场保有量加大。一方面,冷藏技术的提高,延长大春马铃薯市场供应时间;另一方面,库藏马铃薯的抛售冲击市场,压低了冬马铃薯鲜薯价格。

3.2.3 新冠肺炎疫情持续影响,物流运输阻力加大。盈江县是云南省 19 个陆地口岸之一,新冠肺炎“外防输入、内防反弹、严防输出”任务艰巨、压力巨大,国家对陆地口岸管控措施提档升级,此番盈江马铃薯物流外运带来诸多不便。

3.2.4 种薯市场不规范。合格种薯虽然可大幅提高马铃薯产量,但种薯价格相对较高,农户小农意识依然存在,导致出现种薯购销混乱,高代种、超代种、商品薯作种现象层出不穷。

3.2.5 危险性病虫害风险加大。盈江得天独厚的自然条件,水旱轮作的种植模式,极好地控制了马铃薯病虫害的发生流行,但是环境气候的变化、种薯外调不规范现象,加剧了青枯病、疮痂病、环腐病的蔓延,马铃薯金线虫输入风险较高,成为影响冬马铃薯提质增效的不良因子。

3.3 发展建议

3.3.1 树立品牌,开拓市场。推行“企业+合作社+农户”生产模式,积极引进龙头企业、创建品牌,推进产业化经营,建立“双绑”利益联结机制,积极发展订单生产、网络交易。形成农户自种,农业部门、企业、合作社进行技术指导服务,企业、合作社、经纪人、省内外客商收购销售商品薯的发展模

(上接第 193 页)

0.05,可以用于时间序列预测。

(3) 南宁市 2019 年各月降雨量预测值分别为 48.7、25.6、57.2、68.3、144.3、188.2、246.4、213.3、123.9、89.0、62.1 和 37.9 mm,年降雨总量的预测值为 1 304.9 mm。

(4) 南宁市 2019 年降雨量的各月预测值与实测值相关分析的決定系数(R^2)为 0.663 6。预测年降雨总量为 1 304.9 mm,实测年降雨总量为 1 222.6 mm,绝对误差 82.3 mm,相对误差小于 7%。预测结果与实测资料基本相符。因此,该时间序列分析方法可用于南宁市的降雨预测。

参考文献

[1] 薛毅,陈立萍. 时间序列分析与 R 软件[M]. 北京:清华大学出版社,2020:46-50.

[2] 埃夫任·科琴达,亚历山大·切尔尼. 时间序列分析:方法与应用[M]. 王倩,译. 北京:化学工业出版社,2018:82-88.

[3] 桑燕芳,王中根,刘昌明. 水文时间序列分析方法研究进展[J]. 地理科学进展,2013,32(1):20-30.

[4] 刘银迪,张小壮,张泽中. 序位集对分析在辽河流域年降雨预测中的应用[J]. 安徽农业科学,2011,39(28):17534-17536.

[5] 刘景青. 沂河流域水文降雨预测模型研究[J]. 山东水利,2018(4):94-95.

[6] 桑燕芳,王中根,刘昌明. 小波分析方法在水文学研究中的应用现状及展望[J]. 地理科学进展,2013,32(9):1413-1422.

[7] BENDER M, SIMONOVIC S. Time-series modeling for long-range stream-flow forecasting[J]. Journal of water resources planning and management, 1994, 120(6):857-870.

[8] 姜向荣. 季节性预测建模及其在短期宏观经济预测中的应用[J]. 统计与决策,2019,35(16):75-78.

式。顺应产业发展规律,延伸产业链,全面推进产业兴旺、乡村振兴。

3.3.2 规范种薯购销。一是要加强引导宣传,引导农户购买合格种薯,逐步解决高代种、超代种、商品薯作种现象,提高单产的同时,稳住 85%以上商品率。二是要逐步扭转农户赊销种薯恶性循环现象,既可提高供种商供种责任、供种质量,又可提高农户田间管理责任与水平,塑造马铃薯产业发展健康环境。

参考文献

[1] 许君林,宋梅. 盈江农业生物多样性利用与保护[J]. 云南农业,2019(4):48-50.

[2] 陈际才,李章田,李俊龙,等. 德宏冬马铃薯产业发展的现状分析及对策研究[J]. 农业科技通讯,2017(11):41-47.

[3] 李莉娟. 丽薯 6 号在生产中的前景[J]. 云南农业,2014(6):43-44.

[4] 张琼. 马铃薯新品种合作 88 号特征特性及栽培技术[J]. 云南农业,2009(10):26.

[5] 余红斌,张崇良. 云南马铃薯全程机械化现状与建议[J]. 农机科技推广,2019(12):19-20.

[6] 杨艳丽. 云南马铃薯产业技术与经济研究[M]. 北京:科学出版社,2016:227-228.

[7] 金璟,张德亮,李学坤,等. 云南省马铃薯生产投入产出调查分析[J]. 中国马铃薯,2012,26(3):186-189.

[8] 金璟,张德亮,陈国明. 云南马铃薯投入产出比较研究[J]. 农村经济与科技,2011,22(12):114-115,90.

[9] 李勤志. 中国马铃薯生产的经济分析[D]. 武汉:华中农业大学,2008:71.

[10] 赵丹,胡晶晶,王颖,等. 抢占云南 300 万亩冬马铃薯大市场[J]. 营销界,2021(Z1):50-56.

[11] 云南省农业技术推广总站. 云南省马铃薯产业发展概述[M]. 昆明:云南科技出版社,2021:127-136.

[12] 梁晶晶. 云南省冬马铃薯发展潜力分析[J]. 全国流通经济,2017(13):70-71.

[9] 赵庆志,刘洋,姚顽强. 利用最小二乘支持向量机的短临降雨预测模型构建[J]. 大地测量与地球动力学,2021,41(2):152-156.

[10] 刘洋,赵庆志,姚顽强. 基于多隐层神经网络的 GNSS PWV 和气象数据的降雨预测研究[J]. 测绘通报,2019(S1):36-40.

[11] 申晓哲,关霄,牛毓君. 基于 IDRISI 降雨量的时间序列分析与预测[J]. 山西林业科技,2020,49(3):24-26.

[12] 陈琳. 太原市月降水量时间序列分析[J]. 太原师范学院学报(自然科学版),2011,10(2):38-40,48.

[13] 刘海金. 1960—2016 年辽河流域极端降水时间序列变化[J]. 河北环境工程学院学报,2020,30(4):83-89.

[14] 王贺年,余新晓. 北京山区林地土壤水分时间序列分析[J]. 山地学报,2012,30(5):550-554.

[15] 林志东,陈兴伟,林木生,等. 东南沿海西溪流域暴雨洪水的时空变化特征[J]. 山地学报,2017,35(4):488-495.

[16] 周芸,杜景林,陶晔. 基于属性加权 k 最近邻算法的降雨预测[J]. 计算机工程与设计,2020,41(6):1605-1609.

[17] 赵国超,赵鹏飞,汪光远. 天津市降雨时空分布特征及预测模型研究[J]. 海河水利,2019(4):41-43.

[18] 贺佳佳,陈凯,陈劲松,等. 一种多时间尺度 SVM 局部短时临近降雨预测方法[J]. 气象,2017,43(4):402-412.

[19] 郭尚璜,肖达,袁行远. 基于神经网络和模型集成的短时降雨预测方法[J]. 气象科技进展,2017,7(1):107-113.

[20] 孙苗,孔祥超,耿伟华. 基于 ARIMA 模型的山东省月降水量时间序列分析[J]. 鲁东大学学报(自然科学版),2013,29(3):244-249.

[21] 汶林科,崔鹏,杨红娟,等. ENSO 与长江流域中游地区雨季极端降水的关系[J]. 山地学报,2011,29(3):299-305.

[22] 张怡文,郭微东,吴海龙,等. 基于 PCA-BP 神经网络的 P_m^2 5 季节性预测方法研究[J]. 南京林业大学学报(自然科学版),2020,44(5):231-238.

[23] 郑炎辉,陈晓宏,何艳虎,等. 珠江流域降水集中度时空变化特征及成因分析[J]. 水文,2016,36(5):22-28.

[24] 单路路,姚宜斌,赵庆志,等. 基于 GNSS PWV 的短临降雨预测方法[J]. 测绘地理信息,2019,44(1):22-26.