

# Analysis of Precipitation Characteristics in Northwest China

Huimin Wang

School of Atmospheric Sciences, Chengdu University of Information Technology, Chengdu Sichuan  
Email: wanghuiminruit@outlook.com

Received: Nov. 21<sup>st</sup>, 2019; accepted: Dec. 4<sup>th</sup>, 2019; published: Dec. 11<sup>th</sup>, 2019

---

## Abstract

In this paper, the monthly precipitation observation data of 111 observation stations in northwest China from 1966 to 2015 were collected from the monthly data of surface climate data in China. The results show that precipitation in northwest China is increasing from northwest to southeast. The annual precipitation in northwest China showed an obvious increase trend, with a linear trend of 0.463 mm/year. The m-k test results of precipitation sequence showed that there was no obvious abrupt change in northwest China, and the annual precipitation showed an increasing trend. The results of EOF analysis on the first eigenvector show that the overall precipitation in northwest China is inversely correlated with that in the east and west. After 1987, the precipitation in the east is less while that in the west is more.

## Keywords

Northwest Region, Precipitation, M-K Inspection, EOF

---

# 西北地区降水特征分析

王慧敏

成都信息工程大学大气科学学院, 四川 成都  
Email: wanghuiminruit@outlook.com

收稿日期: 2019年11月21日; 录用日期: 2019年12月4日; 发布日期: 2019年12月11日

---

## 摘要

本文利用中国地面气候资料月值数据集中西北地区111个观测站1966~2015年的逐月降水观测资料, 从年际尺度对西北地区的空间分布和时间变化趋势等方面进行了分析。结果表明: 西北地区降水量在空间

上都呈现出从西北向东南递增的特征。西北地区年降水量呈明显增加趋势, 线性趋势为0.463 mm/年。降水序列的M-K检验结果表明西北地区没有明显的突变发生, 年降水量呈增加趋势。经验正交函数(EOF)分析第一特征向量结果表明西北地区整体降水东西部呈反相变化特征, 1987年以后东部降水偏少而西部降水偏多。

## 关键词

西北地区, 降水, M-K检验, EOF

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

近年来, 随着全球气候变化, 全球变暖、冰川萎缩、湖泊减少、沙漠化加剧等异常现象越来越普遍, 并导致世界各地洪灾、旱灾、水资源缺乏等自然灾害频繁发生, 从而使各个地区的降水特征成为了我国大多数气象学者的研究重点。中国西北地区属于内陆地区, 大部分属于荒漠地区, 受东亚季风和西风带的共同影响, 气温的日较差和年较差都很大, 年降水量时间分布不均且集中在夏季, 降水量的多少对当地发展有着重要的影响。

对于西北地区降水变化的分析已经有很多学者从年、月、日降水量情况在不同时间空间角度进行了详细的分析。其中, 韦志刚等[1]研究了西北地区降水的年际变化, 李耀辉、李栋梁等[2] [3] [4] [5] [6]分别针对西北地区不同地方, 不同季度降水量做了较为详细的时空变化特征分析。郭慕萍等[7]研究发现1951年至2006年西北地区总降水量呈现出下降的趋势, 降水的日数减少, 降水强度展现出弱的增加趋势。谢金南等[8]的研究指明, 20世纪50年代以来西北的大部分地区降水量呈下降趋势, 至1998年干旱化趋势更明显。陈冬冬等[9]的研究得到了西北地区降水西部增多, 东部减少的结果。杨晓丹等[10]的研究表明西北地区西部降水量增多的现象较为明显, 年降水频率和强度同时增加, 东部降水强度增强, 频率减少。陈少勇等[11]发现西北地区年最大日降水量大多数为增加趋势, 但除了天山地区外大部分增加不明显, 大雨的降水天数在90年代中期以后开始增多。此外, 还有很多研究对西北地区降水进行了分析。

以前的研究表明, 人们对降水的变化尤为重视, 因为西北地区是重要的粮食产地, 降水的变化对粮食的生长有着重要的影响[12], 干旱和水资源短缺是西北地区农业转型和农村振兴发展的最大障碍之一, 因此, 对于降水的时空特征分析以及未来趋势非常重要, 这对整个地区经济与生态环境的发展具有重要意义[13] [14] [15]。

## 2. 资料与方法

### 2.1. 资料

本文采用中国气象数据网提供(<http://data.cma.cn/>)的西北地区1966~2015年逐月降水观测资料。

### 2.2. 方法

利用一元线性回归和5a滑动平均来描述近年来降水的长期变化趋势, 一元线性回归是一个非常简单的模式, 它是利用x、y之间的线性关系来描述时间与降水量之间的线性关系。滑动平均是趋势拟合的最

基本方法，它利用已经确定的时间序列的平滑值来指示其变化趋势，分析的时候主要从曲线图中来判断，看它的变化曲线是上升还是下降，从而判断出降水量的演变趋势是增多还是减少。M-K 检验是一种气候诊断与预测技术，应用 Mann-Kendall 检验法可以判断气候序列中是否存在气候突变，如果存在，可确定出突变发生的时间。

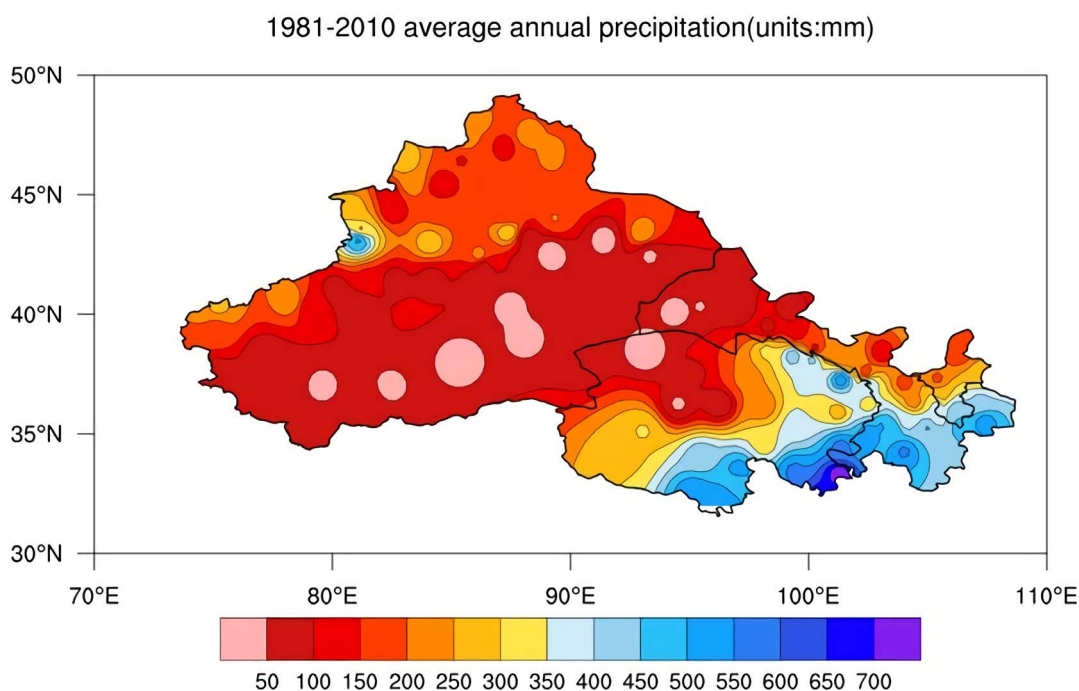
M-K 法全称为 Mann-Kendall 法，是一种气候诊断与预测技术，应用 Mann-Kendall 检验法可以判断气候序列中是否存在气候突变，如果存在，可确定出突变发生的时间。M-K 检验法也经常用于在气候变化影响下降水等频率趋势检测，根据曲线上升或者下降，再结合  $\alpha$  置信水平，判断其增加或减少的趋势是否显著。这个方法是非参数方法，也被称作无分布检验方法，其优点是样本不需要遵循任何特定的分布，也不会受到某些异常值的干扰，更适用于类型变量和顺序变量，计算相对简单，它是一种常用的突变检验方法。

EOF 分析全称为经验正交函数分析方法，也被称为特征向量分析或者主成分分析。它利用多个变量之间的相互关系来构造新的变量，新的变量能够清楚简明地表达之前变量之间的关系。它是一种利用矩阵数据来分析其中结构特征的方法，优点是能在有限的区域内对不规则分布的站点进行分解，展开收敛快，很容易将变量场信息集中在几个模态上，有利于分析整个地区的时空变化特征。它的原理主要是利用包含  $p$  个变量的场在时间变化上进行分解。

### 3. 研究结果

#### 3.1. 降水量空间分布

西北地区东部是受亚洲季风影响的边缘区域，西部和中部是受西风带影响的气候区，年平均降水量分布图(图 1)显示出，西北地区年平均降水量自西北向东南递增，西北地区东南部受东亚季风和南亚季风的影响较大，低层中水汽含量较多，并且该地区降水量的空间分布也受地形影响，青海南部和甘肃南部



**Figure 1.** Distribution map of average annual precipitation in northwest China from 1981 to 2010 (unit: mm)  
**图 1.** 1981~2010 年西北地区年平均降水量分布图(单位: mm)

年降水量有超过 600 mm, 而受到祁连山阻隔、地势较低的青海北部、甘肃大部分、宁夏年降水量处于 200~600 mm 之间, 而在塔里木盆地、柴达木盆地、甘肃北部年降水量不超过 100 mm, 西北地区中部部分地区年平均降水量不超过 50 mm, 由此可以看出我国西北地区年平均降水量东边多西边少, 在空间上差异很明显。

### 3.2. 降水距平分析

近 50 年来, 西北地区年总降水量在增加, 年降水距平值呈现上升趋势(图 2), 线性趋势为 0.463, 说明上升趋势比较显著, 在 80 年代以前年际间振幅不大, 并且多数处于负距平, 从 20 世纪 80 年代开始至 21 世纪年际间振幅显著增大, 处于负距平的年份多于处于正距平的年份, 21 世纪起, 降水距平明显增加, 降水强度有增强的趋势, 年际间变化减小, 并且多数处于正距平, 说明近几年西北地区降水量快速增多, 从 5a 滑动平均曲线可以看出, 60 年代后期降水量呈下降趋势, 70 年代初期至 90 年代初期呈缓慢上升趋势, 90 年代初至 21 世纪前呈缓慢下降趋势, 21 世纪开始降水量呈显著上升趋势, 并且在 2013 年左右达到峰值。

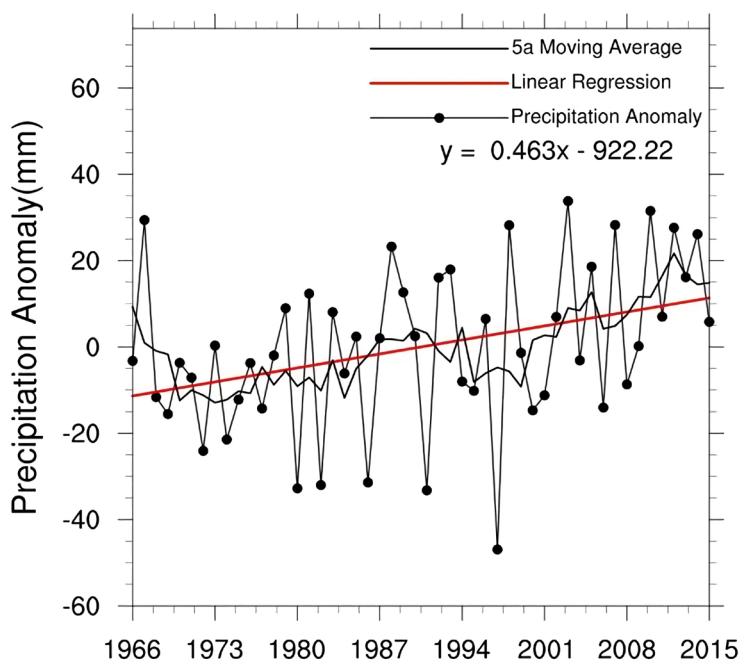


Figure 2. Annual precipitation anomaly and 5a moving average in northwest China  
图 2. 西北地区年降水距平和 5a 滑动平均图

### 3.3. M-K 检验

西北地区在近 50 年的年降水量呈上升趋势, 在 20 世纪 90 年代之前 UF 虽然有所波动但都数值小于 0, 降水呈弱的增加趋势, 对比年降水量距平曲线可以看出, 年降水量距平值由多年的负距平缓慢转为正距平, 在 20 世纪 90 年代以后 UF 呈明显上升趋势, 说明降水有明显增长趋势, 在相同时间年降水量由负距平明显上升为正距平, 虽然 UF 和 UB 曲线存在几处交点, 但对比年平均降水量距平图发现对应年份突变不明显。

从四个省(区)的 M-K 检验结果(图 3)可以分析出, 甘肃地区降水量整体处于下降趋势, UF 曲线整体处于小于 0 的状态并且逐渐下降, 说明降水呈弱的减少趋势, 从 UF 和 UB 的交点来看, 在 1967 年和 2014

年左右可能发生突变, 从年降水量距平曲线图中可以看出降水量变化不是十分显著。青海地区的 UF 曲线整体波动较大, 在 1968 年左右从负值开始上升后在 1988 年左右开始下降, 到 2003 年左右下降至小于 0 的低值, 说明在这段时间内降水量一开始在增多后来减少, 从 21 世纪起 UF 曲线直线上升, 说明该地区降水一直处于上升趋势, 与距平曲线图趋势一致, 近 50 年没有突变发生。新疆地区在 80 年代以前 UF 曲线波动明显, 降水有弱的上升下降趋势, 在 80 年代以后, UF 曲线一直呈上升趋势, 并且在 1997 年左右开始超过临界值, 说明该地区降水由弱的增加趋势提高到显著的增加趋势, 对比降水量距平图可以看出, 新疆从 20 世纪末开始降水距平值多年处于正值区, 降水量显著增多, 这 50 年内没有突变发生。宁夏地区在 70 年代以前 UF 曲线呈下降趋势, 说明该时间段内降水有减少趋势, 之后 UF 曲线不断波动但大部分处于 0 以下, 说明宁夏地区降水整体为减少趋势, UF 和 UB 曲线在这 50 年内存在多个交点, 说明该地区可能有较多突变发生, 但对比了年降水量距平图发现在 1967 年和 2014 年左右降水量变化较为明显。

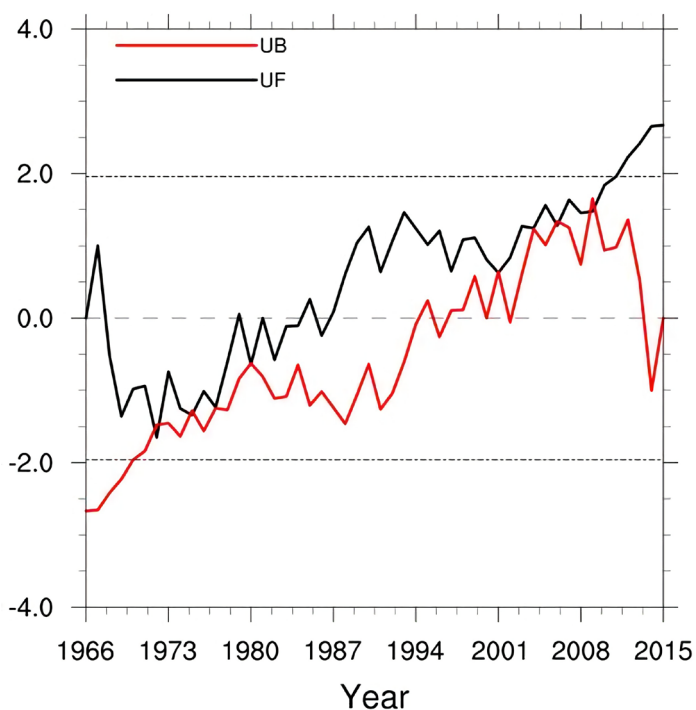
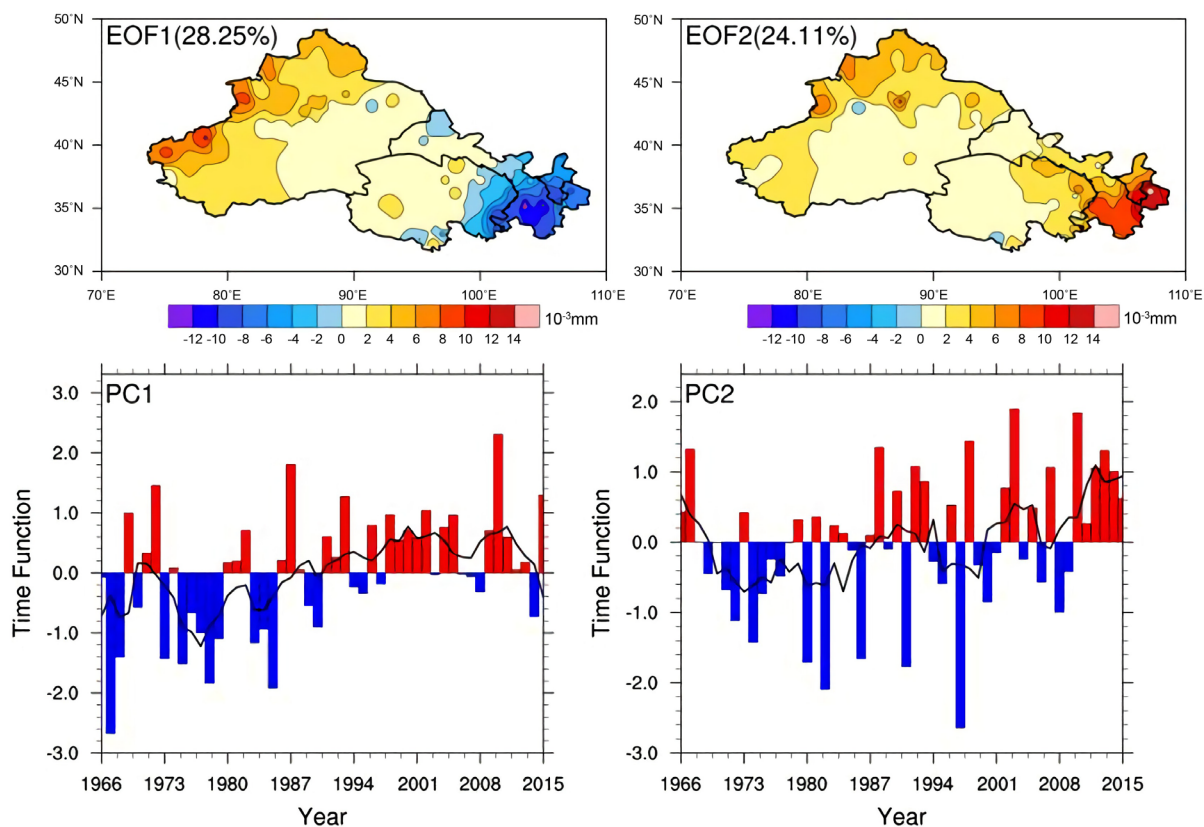


Figure 3. M-K test in northwest area

图 3. 西北地区 M-K 检验

图 4 给出了西北地区近 50 年降水 EOF 分解的前两个模态及对应时间序列, 累积方差分别为 28.25% 和 24.41%, 都通过了 North 准则检验。从降水特征向量第一模态图(图 4 EOF1)可以看出西北地区东部降水为负异常, 异常中心位于甘肃南部, 而西北地区西部降水为正异常, 异常中心位于新疆西部。这一现象说明了降水在东西方向上存在东多西少或东少西多的特点, 两边为负相关, 类似于跷跷板现象。结合时间序列图(图 4 PC1)可以看到, 年代际变化的转折点在 1987 年, 在 1987 年之前西北地区的东部降水偏多, 在 1987 年之后其西部降水偏多。降水特征向量第二模态图(图 4 EOF2)可以看出降水正异常占较大区域, 在青海和新疆小部分地区降水为负异常, 区域太小可以忽略, 由此分析出西北地区降水存在整体增加的特点。结合时间序列图(图 4 PC2)可以分析出同样是在 1987 年出现了明显的年代际变化转折, 近 50 年有明显的增长趋势, 与近几年 PC2 持续为正距平有关。



**Figure 4.** The first and second modes of precipitation EOF in northwest China from 1966 to 2015 (unit:  $10^{-3}$  mm) and their corresponding time series

**图 4.** 1966~2015 年中国西北地区降水 EOF 第一、二模态(单位:  $10^{-3}$  mm)及对应的时间序列

#### 4. 结论

本文利用 1966~2015 年的月平均降水资料, 运用线性趋势分析等方法, 从年和季节两个时间尺度对西北地区空间分布和时间变化趋势等方面进行了分析, 得出以下结论:

1) 西北地区年和季节的平均降水量在空间上都呈现出从西北向东南递增的特征, 夏季降水量约占全年的一半; 整体降水量以及四季降水量也都呈现出增加趋势; 甘肃、宁夏整年呈现弱的减少趋势, 线性趋势在  $-0.2$  mm/年左右, 春夏呈减少趋势, 线性趋势在  $-0.3$  mm/年左右, 秋冬呈弱的增加趋势; 而新疆和青海有相对较强的增加趋势, 线性趋势分别为  $0.836$  mm/年和  $0.655$  mm/年, 四季都呈增加趋势, 春夏两季增加较明显。

2) 降水序列的 M-K 检验的结果表明西北地区降水量整体呈增加趋势, 没有明显突变发生, 新疆、青海、甘肃同样没有明显突变发生, 而宁夏在 1967 年前后和 2014 年前后降水量发生了小的突变, 四个省(区)趋势变化与距平分析一致。

3) EOF 分析结果表明第一特征向量反映了在空间上西北地区第一时段即 1987 年以前, 呈现出东部降水偏多而西部降水偏少的现象, 第二时段则相反, 东部降水偏少而西部降水偏多, 整体降水呈东西分布。

#### 基金项目

成都信息工程大学本科教学工程项目(BKJX2019007, BKJX2019013, BKJX2019042, BKJX2019056,

BKJX2019062, BKJX2019081, BKJX2019089, BKJX2019120 和 JY2018012)支持。

## 参考文献

- [1] 韦志刚, 董文杰, 惠小英. 中国西北地区降水的演变趋势和年际变化[J]. 气象学报, 2000, 58(2): 234-243.
- [2] 李耀辉, 李栋梁, 赵庆云, 等. 中国西北春季降水与太平洋秋季海温的异常特征相关分析[J]. 高原气象, 2000, 19(1): 100-110.
- [3] 李栋梁, 谢金南, 王蕾, 等. 甘肃河东年降水量的周期变化[J]. 高原气象, 2000, 19(3): 295-303.
- [4] 李栋梁, 谢金南, 王文. 中国西北夏季降水特征及其异常研究[J]. 大气科学, 1997, 21(3): 331-340.
- [5] 蔡晓军, 李栋梁, 姚辉. 国西北地区春末夏初降水异常的时空变化特征[J]. 高原气象, 1998, 17(2): 170-181.
- [6] 俞亚勋, 王劲松. 西北地区空中水汽分布特征及变化趋势分析[J]. 冰川冻土, 2003, 25(2): 149-156.
- [7] 郭慕萍, 王志伟, 秦爱民, 等. 54年来中国西北地区降水量的变化[J]. 干旱区研究, 2009, 26(1): 120-124.
- [8] 谢金南, 周嘉陵. 西北地区中、东部降水趋势的初步研究[J]. 高原气象, 2001, 20(4): 362-367.
- [9] 陈东东, 戴永久. 近五十年中国西北地区夏季降水场变化特征及影响因素分析[J]. 大气科学, 2009, 33(6): 1247-1257.
- [10] 杨晓丹, 翟盘茂. 我国西北地区降水强度、频率和总量变化[J]. 科技导报, 2005, 23(6): 24-26.
- [11] 陈少勇, 任燕, 乔立, 等. 中国西北地区大雨以上降水日数的时空分布特征[J]. 资源科学, 2011, 33(5): 958-965.
- [12] 刘德祥, 董安祥, 邓振镛. 中国西北地区近 43 年降水资源变化对农业的影响[J]. 干旱地区农业研究, 2005, 23(4): 179-185.
- [13] 白晓平, 靳双龙, 王武功, 等. 中国西北地区东部短时强降水时空特征[J]. 中国沙漠, 2018, 38(2): 410-417.
- [14] 柳媛普, 孙国武, 冯建英, 等. 西北地区东部强降水过程与大气低频振荡关系分析[J]. 高原气象, 2016, 35(1): 86-93.
- [15] 朱晓炜, 杨建玲, 崔洋, 等. 1961-2009 年西北地区东部降水时空分布及成因[J]. 干旱区研究, 2013, 30(6): 1094-1099.