

WMO 关于生成全套国家气候监测既定产品的 指导原则

2017年版

水
气候
天气



世界气象组织

WMO-No. 1204

WMO 关于生成全套国家气候监测既定产品的 指导原则

2017年版



世界气象组织

WMO-No. 1204

编辑说明

《气象术语》是WMO术语数据库，可登录以下网址查询：<https://public.wmo.int/zh-hans/meteoterm>。

请通过选择文本中的超级链接进行复制的读者注意，紧跟：<http://>、<https://>、<ftp://>、<mailto:>后以及斜杠 (/)、破折号 (-)、句号 (。)和连贯字符序列（字母和数字）后会有额外空格。这些空格应从所粘贴的URL中删除。当光标悬停在链接上或点击链接时会显示正确的URL，然后再将其从浏览器复制。

WMO-No. 1204

© 世界气象组织, 2017

WMO对印刷、电子和任何其他格式的出版物，以及用各种语言出版的出版物拥有版权。短幅选摘WMO出版物无须授权，但须清晰完整地注明出处。涉及编辑及要求出版、重印或翻译本出版物全文或部分者，须联系：

Chair, Publications Board

World Meteorological Organization (WMO)

7 bis, avenue de la Paix

P.O. Box 2300

CH-1211 Geneva 2, Switzerland

电话: +41 (0) 22 730 84 03

传真: +41 (0) 22 730 81 17

电邮: publications@wmo.int

ISBN 978-92-63-51204-8

注：

WMO出版物中所用的称号和本出版物中的材料表示方式并不代表WMO秘书处对各国、领土、城市或地区、或其当局的法律地位、或对其边界划分的观点立场。

WMO出版物中的观点是作者的观点并不代表WMO。提及的具体商号或产品与未予提及或未刊登广告的同类相比并不表示前者得到了WMO的赞许或推荐。

目录

	页码
鸣谢.....	vii
引言.....	viii
1. 国家气候监测产品	1
1.1 基期.....	1
1.2 区域平均法.....	1
1.3 NCMP 1: 平均温度距平.....	1
1.3.1 基本定义.....	1
1.3.2 讨论.....	1
1.4 NCMP 2: 总降雨量距平.....	2
1.4.1 基本定义.....	2
1.4.2 讨论.....	2
1.5 NCMP 3: 标准化降水指数.....	2
1.5.1 基本定义.....	2
1.5.2 讨论.....	2
1.6 NCMP 4: 暖日.....	3
1.6.1 基本定义.....	3
1.6.2 讨论.....	3
1.7 NCMP 5: 冷夜.....	3
1.7.1 基本定义.....	3
1.7.2 讨论.....	3
1.8 NCMP 6: 温度和降水记录.....	3
1.8.1 基本定义.....	3
1.8.2 讨论.....	4
1.9 国家气候监测产品的优势、要点和局限性.....	4
2. 国家气候监测产品联络员	4
3. 生成国家气候监测产品	5
3.1 开展质量控制.....	5
3.2 同质化.....	6
3.3 计算台站指数.....	6
3.4 计算变异函数.....	7
3.5 插值数据.....	9
3.6 指数平均.....	10
3.7 只有一个台站或网络有限的国家.....	11
3.8 不毗连国家或有海外属地的国家.....	11
3.9 NCMP 6 温度和降水记录.....	12
3.10 国家级气候监测产品的产出.....	12

	页码
4. 国家级气候监测产品的制作和分发.....	12
4.1 初始制作.....	12
4.2 年度更新.....	12
4.3 月度或季度更新.....	13
4.4 不定期更新.....	13
4.5 待传输数据.....	13
4.6 辅助数据.....	13
4.7 分发.....	14
附件 国家级气候监测产品计算规范.....	15
参考文献.....	24

鸣谢

感谢以下人士对本出版物做出的杰出贡献：

John Kennedy, 大不列颠及北爱尔兰联合王国气象局
Lucie Vincent, 加拿大环境与气候变化部
Ladislav Chang' a, 坦桑尼亚联合共和国气象局
Jessica Blunden, 美利坚合众国国家海洋和大气管理局
Karl Braganza, 澳大利亚气象局
Ayako Takeuchi, 日本气象厅
Kenji Kamiguchi, 日本气象厅
Akihiko Shimpo, 日本气象厅
Andrea Ramos, 巴西国家气象研究所
Fatima Driouech, 摩洛哥国家气象局

以下人士对国家气候监测产品概念的发展做出了贡献，或协助审阅了本出版物：

Derek Arndt, 美利坚合众国
Omar Baddour, WMO
Prithviraj Booneedy, 毛里求斯
Olga Bulygina, 俄罗斯
Mesut Demircan, 土耳其
Peer Hechler, WMO
Thomas Peterson, 美利坚合众国
Stefan Rösner, 德国
Mohamed Semawi, 约旦
Andrew Watkins, 澳大利亚

引言

为应对纷繁且不断变化的气候条件对社会和生态系统造成的影响，世界各国创作了各种不同时空尺度的气候监测产品。国家气候监测产品 (NCMP) 是具体总结国家气候条件、并对比当前与过去条件的产品。

这些 NCMP 是日常提供一致性、可比性气候状况信息的基础。它们在国家级广泛使用，因为能提高人们对气候变异及气候变化影响的意识及理解，彰显国家监测网络与服务的重要性。它们可协助建立气候影响与气候变动 (自然或由人类造成的) 之间的联系，为当前事件提供背景信息，同时让人们温故知新。监测能力是识别长期距平 (如发展过程中的干旱) 的一种手段。气候监测产品对于理解季节性预报也很有价值，因为它们给下一季的展开设置了起点。

在区域和国际层面上，NCMP 有助于综合不同国家的信息，以提供更广泛、区域或全球性的气候变异与变化观点。此类摘要通常发表在高知名度的年度刊物上，如 WMO 关于全球气候状况的声明 (<http://www.wmo.int/pages/prog/wcp/wcdmp/statement.php>) 和美国气象学会公报的气候状况报告 (<https://www.ncdc.noaa.gov/bams>)。标准化的气候变化指数也用于政府间气候变化专门委员会的评估报告 (https://ipcc.ch/publications_and_data/publications_and_data_reports.shtml#1)。日常制作标准气候监测产品的国家已具有完备的平台，用以提高其国家能力、扩展对其国家气候的了解。

世界各地制作的气候监测产品种类繁多，而各国使用的方法多有差异。差异使得产品比对难以进行，甚至毫不可行，国家和地区间的比对亦是如此。这限制了它们的可用性。

为应对差异带来的挑战，并为欠发达国家提供工具，使之能够受益于日常国家气候监测，WMO 气候委员会编制了一份简短、明确界定的关键 NCMP 清单。其界定详见下文第一章。

本出版物旨在为多数国家能以一致和简便方法制作 NCMP 清单提供规范。拥有了明确界定的 NCMP，资源较缺乏的国家应该可以把精力集中在少数可广为适用和有意的产品上。

本指导原则的第一章介绍了各种 NCMP，给出了它们的基本定义，并提供了理解它们所需的背景信息。第二章描述了 NCMP 联络员的重要作用，它们在国家一级负责确保 NCMP 的计算和分发。第三章提供了计算 NCMP 的拟议标准方法。第四章详细说明了 NCMP 的制作和分发方法及形式。附件提供了详细的软件规格，包括传送 NCMP 的格式，并说明了计算 NCMP 所需的各个步骤，以便国家气象和水文部门能够开发自己的软件。

1. 国家气候监测产品

1.1 基期

为确保国家气候监测产品 (NCMP) 在各国之间具有可比性, 要有一个一致的基期。基期还有助于 NCMP 的计算, 并提供一个固定时期, 据以评估气候的变化。

此类基期常被称为气候平均值。为开展业务气候监测, WMO 对计算标准气候平均值的指导建议采用 30 年滚动期, 每 10 年更新一次 (WMO, 2017 年)。本报告撰写时, 最近的时期为 1981-2010 年, 之后将从 2021 年起, 以 1991-2020 年为周期, 以此类推。NCMP 的计算采用标准气候平均值, 下文称为“基期”。

“距平”一词在本指导原则中经常使用。距平是测量值与基期平均值之差。

1.2 区域平均法

下列定义中, 区域平均值将基于与台站算出的指数可比的值。例如, 在第三章概述的方法中, 计算每个台站的指数, 然后将指数值插入一个规则网格, 然后将之用于计算该国该指数的区域平均值。

1.3 NCMP 1: 平均温度距平

1.3.1 基本定义

NCMP 1 是平均温度距平。它是全国平均的月度和年度平均气温距平。单位为摄氏度。

1.3.2 讨论

平均气温距平用于测量相对于正常条件的总体暖度或冷度。它是监测气候变化的标准指标, 广泛用于监测报告。全球平均温度距平是局地 and 区域温度距平的总和, 在气候科学中是应用最广、识别度最高的指数之一。监测国家一级的平均气温距平, 对于理解年际变异和人类活动引发的长期变化的相对重要性非常重要。

WMO 气候委员会国家气候监测产品专家组曾开展了一项调查, 用于评估各国制作 NCMP 的能力 (https://www.metoffice.gov.uk/hadobs/opace2_tt_ncmp/)。大多数国家都对温度数据进行常规测量和质量控制 (QC)。许多国家还制作温度距平图和时间序列, 通常在综合报告中报告, 如美国气象学会公报 (BAMS) 的气候状况报告 (<https://www.ncdc.noaa.gov/bams>)、WMO 关于全球气候状况的声明 (<http://www.wmo.int/pages/prog/wcp/wcdmp/statement.php>) 和政府间气候变化专门委员会的评估报告 (IPCC; https://ipcc.ch/publications_and_data/publications_and_data_reports.shtml#1)。

平均温度的变化不区分最高温度变率和最低温度变率。平均气温距平的变率也因地而异, 并在一些地方因季节而异。例如, 在大不列颠及北爱尔兰联合王国, 冬季月份的温度变率通常高于夏季月份。

1.4 NCMP 2: 总降雨量距平

1.4.1 基本定义

NCMP 2 是以两种方式计算的每月和每年降雨量距平: (a) 与全国平均的基期均值的简单差值; (b) 以全国平均的基期均值的百分比表示的与基期均值的简单差值。单位是毫米和百分比。

1.4.2 讨论

这两类降水距平都是监测气候变异和变化的标准指标。极端降水可能导致干旱或洪水。即使在不太极端的情况下, 降水变化也会影响农业、卫生、旅游业和其他重要部门。降水距平在监测报告中广泛使用。监测国家一级的降水距平, 对于理解年际变异和长期变化的相对重要性非常重要。

大多数国家都对降水数据进行常规测量和质量控制 (https://www.metoffice.gov.uk/hadobs/opace2_tt_ncmp/)。许多国家还制作距平图和时间序列, 通常在综合报告中报告, 如 BAMS 气候状况报告 (<https://www.ncdc.noaa.gov/bams/>)、WMO 关于全球气候状况的声明 (<http://www.wmo.int/pages/prog/wcp/wcdmp/statement.php>) 和 IPCC 评估报告 (https://ipcc.ch/publications_and_data/publications_and_data_reports.shtml#1)。

在平均降雨量较低的地区, 由于降雨非常局部化, 单一台站可以记录到很大的百分比。虽然用于内插数据的技术部分解释了空间取样的不均匀性, 但在测量网络稀疏的国家有可能出现问题。如果在 NCMP 报告中列入以简单差值表示的平均距平, 则可以部分抵消这一问题。

1.5 NCMP 3: 标准化降水指数

1.5.1 基本定义

NCMP 3 是标准化降水指数 (SPI)。它基于百分位数, 测量全国每月和每年平均标准化降雨量距平。NCMP 3 是无量纲的, 所以它没有单位。

1.5.2 讨论

本指数是用于监测降雨量和干旱的标准指标。极端降水可能导致干旱或洪水。即使在不太极端的情况下, 降水变化也会影响农业、卫生、旅游业和其他重要部门。标准化意味着 SPI 适应于特定台站的气候条件。这种方法比较的是一个国家内和不同国家间不同气候带上台站的降雨量“异常值”, 这些地区的降雨量均值和变率可能有很大差异。例如, SPI 为 2 或更高时, 表示无论当地条件如何, 这一降雨量约有 5% 的时间会发生。在《干旱指标和指数手册》(WMO/GWP, 2016 年) 中, 该指数被确定为气象干旱监测的起点, 指示为该地区降雨量异常偏低的时期。

降水量测量用于计算 SPI。大多数国家都对降水数据进行常规测量和质量控制 (https://www.metoffice.gov.uk/hadobs/opace2_tt_ncmp/)。许多国家还制作 SPI 图, 通

常用于综合报告，如 BAMS 气候状况报告 (<https://www.ncdc.noaa.gov/bams>)、WMO 关于全球气候状况的声明 (<http://www.wmo.int/pages/prog/wcp/wcdmp/statement.php>) 和 IPCC 评估报告 (https://ipcc.ch/publications_and_data/publications_and_data_reports.shtml#1)。

1.6 NCMP 4: 暖日

1.6.1 基本定义

NCMP 4 为暖日指数。它测量的是每月和每年超出全国平均最高气温基期分布第 90 个百分点数的天数的百分比。单位是天数的百分比。

1.6.2 讨论

暖日天数对热浪等高影响事件很敏感，并与各站季节性变化的气候条件相关。此方法比较的是国家内和国家间不同气候带上的台站。这一 NCMP 要捕捉的是一个国家相当大部分地区内中等极端温度事件的信息。它是由 RCLIMDEX 软件指数 (由气候变化探测和指数专家组 (ETCCDI) 创建) 制作的标准指数; <http://www.wcrp-climate.org/unifying-themes/unifying-themes-observations/data-etccdi>)。RCLIMDEX 指数已广泛用于科学报告，包括 IPCC 报告。它们为监测中度极值的发生和频率变化提供了一个一致性方法。

1.7 NCMP 5: 冷夜

1.7.1 基本定义

NCMP 5 为冷夜指数。它测量的是每月和每年低于全国平均最低气温基期分布第 10 个百分点数的天数的百分比。单位是天数的百分比。

1.7.2 讨论

冷日天数对寒潮等高影响事件很敏感，并与各站季节性变化的气候条件相关。此方法比较的是国家内和国家间不同气候带上的台站。它是由 RCLIMDEX 软件指数 (由 ETCCDI 创建; <http://www.wcrp-climate.org/unifying-themes/unifying-themes-observations/data-etccdi>) 制作的标准指数。RCLIMDEX 指数已广泛用于科学报告，包括 IPCC 报告。它们为监测中度极值的发生和频率变化提供了一个一致性方法。

1.8 NCMP 6: 温度和降水记录

1.8.1 基本定义

NCMP 6 简单地统计了有 30 年以上记录、报告每月和每年的每日最高温度最高记录、每日最低温度最低记录和每日降水总量最高记录的台站数量。每个要素的记录都单独计算。

1.8.2 讨论

其目的是标记异常事件，即通常具有极端影响的事件。温度极值 - 无论冷热 - 都可能导致一系列健康问题，在最严重的情况下，可导致死亡。高降雨量可导致洪水和相关影响，包括农作物受损、基础设施被毁、人民流离失所和生命损失。此类极端事件可能非常局部化，因此，本 NCMP 以各台站的记录为基础，没有进行汇总。

NCMP 6 无法描述或定义影响世界各国和人民的所有极端事件，包括热带风暴、龙卷风、冰雹、闪电、洪水、沙尘暴、暴风、阵风或热应力。这一选择集中在极端温度和降水，因为它们被广泛测量。

1.9 国家气候监测产品的优势、要点和局限性

通过提供国家级信息，NCMP 有一些明显的局限性和优势。最明显的局限性是很多国家跨越多个气候带。一个国家内的气候可能会有所不同，有时会有很大差异。因此，计算 NCMP 时，特别是在计算大范围地区的平均降雨量时，会失去特定地区的信息。与此对照的事实是，通过对温度和降水的局部变化进行平均，NCMP 将提高检测气候随时间变化的信噪比，尽管这对气温比降水更具相关性。长期历史记录为当前条件提供了背景，对于理解这些变化很重要。此外，在大范围内汇总信息，可以减少测量误差产生的影响（即使是最先进的测量网络也存在这种误差），并为理解长期变化提供可靠基础。

虽然一个国家不一定是一个连贯的气候单位，但它通常是一个连贯的心理单位或行政单位。全社会的人都习惯于在这个层面上考虑许多其他指标；在国家一级，国内生产总值、作物产量、人口变化等都是人们日常热衷于计算和讨论的指标。这里提供的指导原则可以轻松调整，以便为一个国家内的不同气候带提供信息，协助对 NCMP 的理解和制作。

计算小国和小岛屿国家的 NCMP 具有特殊的挑战，因为其台站数量和覆盖范围会很有限。因此，本指导原则专门有针对小国或岛国的具体条文（见第 3.7 节）。

2. 国家气候监测产品联络员

国家 NCMP 联络员负责在国家一级协助 NCMP 计算，并负责分发 NCMP。已邀请 WMO 会员根据以下职责提名一名 NCMP 联络员：

- 协助确定气候监测产品的现有国家来源和相关能力，以及相关的培训和能力建设需求
- 提高国家气象和水文部门工作人员以及其他相关利益相关方对 NCMP 的必要性和重要性的认识
- 协助计算 NCMP，包括通过议定协议进行分发
- 准备并提交关于编制和分发 NCMP 带来的挑战和改进需求的反馈

希望 NCMP 联络员能具备有关国家气候数据和监测活动的知识。具备基本的统计学知识更好,但并不是必要的。联络员最好能熟悉本出版物和以下附件中有关 NCMP 计算的指导原则。

3. 生成国家气候监测产品

本章和附件中详述的程序旨在提供一个一致方法,用以计算第一章中界定的 NCMP。

需要注意的是:这种方法并不是创建符合第一章基本定义的 NCMP 的唯一方法。一些国家可能已具备了计算符合这些定义的 NCMP 的手段,或者可以为此调整现有系统。在此情况下,考虑到采用新系统可能是不必要的负担,或者用替代指数计算同一测量值可能造成混乱,使用现有系统和方法可以提供一个可行的选择。但是,出于报告和分发的目的,在各种情况下都应遵守附件所述的产出格式。

通用于 NCMPs 1-5 的基本程序是计算每个纳入计算的台站的一组每月指数,然后用普通克里金法(地球科学中的标准方法,例如,参见 Cressie, 1993 年)插入逐月站值,以获得常规网格上的完整空间分析。随后,对该完整空间分析根据国家覆盖的面积进行平均,计算出该月的 NCMP。这样就建立了一个逐月的时间序列,可用于检查随时间推移的气候变化,并将每个月置于历史背景之下。

计算 NCMP 1-5 的基本步骤是:

1. 对温度和降水的每日台站数据进行质量控制;
2. 考虑各站数据的同质性;
3. 生成各站逐月和逐年指数;
4. 对各项指标进行逐月和逐年数据插值;
5. 利用内插数据对全国各指数进行平均;
6. 输出 NCMP。

NCMP 6 只报告每日温度和降水记录,要单独描述。

计算指数和进行内插的详细说明见附件。以下各节介绍了必要的预处理,然后以澳大利亚降水为例,对上述步骤 3-6 进行排查。

3.1 开展质量控制

实施质量控制是数据分析中的重要步骤。其目的是确保数据不被有严重错误的值污染,并且满足分析的基本要求。

开展质量控制的一般方法的定义不在本指南的范围内。但是,建议在将数据用于计算 NCMP 之前对其进行质量控制。(更多指导意见实例见 WMO, 1986、1993、2007、2011、2013、2014。)

应当注意的是：没有一个质量控制程序是完美的；某些类型的数据错误在首次处理时不会立即显现。每个实质性处理阶段之后，应对数据和输出进行检查。

3.2 同质化

准确评估长期趋势中有一个关键难题：随着时间的推移，包括降雨量和温度在内的仪器观测可能会受到非气候相关因素的影响。这些非气候相关影响包括：观测站的迁移、观测站周围环境变化导致的暴露偏移，以及新的观测做法，如观测自动化。若不加以考虑，这些变化可能导致数据中的非气候假象，并影响预估的长期趋势。评估并减少非气候变化影响的过程称为同质化。

同质化很复杂，超出了本出版物的范围。（更多指导意见示例见：WMO，2003年）。但是，建议在计算 NCMP 之前对数据同质化。另一种方法是评估各台站的同质性，并只使用那些看来没有不同质的部分。ETCCDI 开发并用于 ETCCDI 学习班的 RH-TEST 软件 (WMO，2003) 可用来评估台站数据的同质性，不过还有许多其他方法。

如果数据已经同质化，则应通过将适当的同质化标示为 1，在 NCMP 的元数据中注明（参见下文 4.5 节）。如果数据尚未同质化，则应将适当的同质化标示为 0。温度和降水量数据应分别设置标志。

3.3 计算台站指数

这些指数构成了随后阶段的基础。需要计算的指标有 6 个（平均气温距平、降水距平百分比、降水距平、SPI、暖日百分比和冷夜百分比）。每个台站的每个指标都要分别计算。在澳大利亚的例子中，用于说明计算 NCMP 各步骤的台站如图 1 所示。这些台站的数据已经进行了质量控制，并进行了同质化。

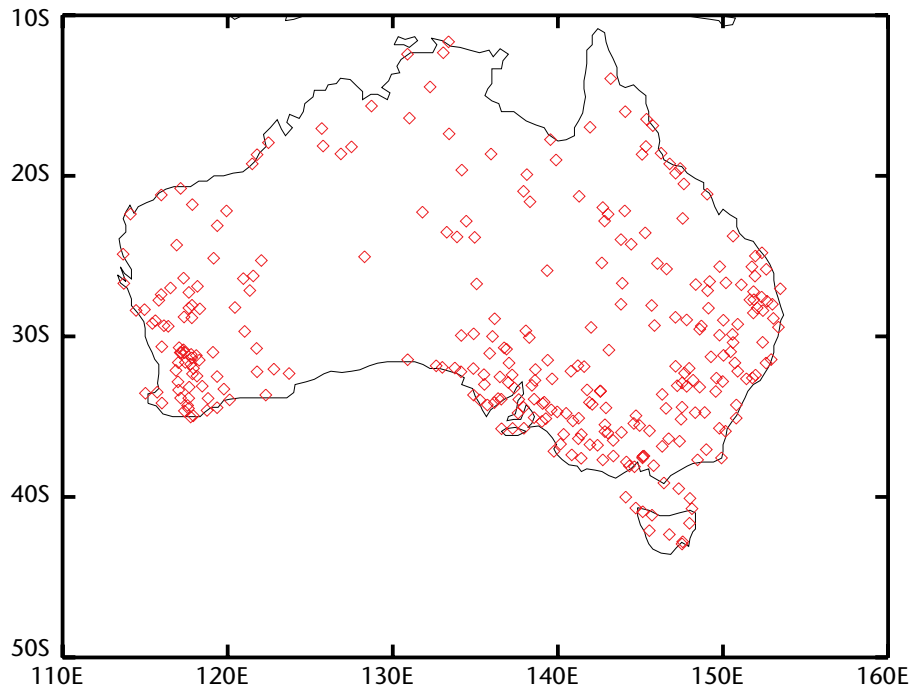


图 1 用于说明澳大利亚 NCMP 计算的台站位置 (红色菱形)

来源: 英国气象局, 使用从澳大利亚气象局获得的数据

3.4 计算变异函数

变异函数描述一个指数 (例如平均温度距平) 在离开某一地点时的预期变化程度 (Cressie, 1993 年)。它概括了这样一种直观判断: 比邻地点的天气条件比相距较远地点的条件更密切相关。

变异函数是通过将所有成对站点的指数平方差的一半作为它们之间距离的函数绘制, 然后将这些差值平均到常规柱条中而获得的。这叫做经验变异函数。它总是正值, 通常间隔小则小, 间隔大则大。图 2 是一个示意性的例子。

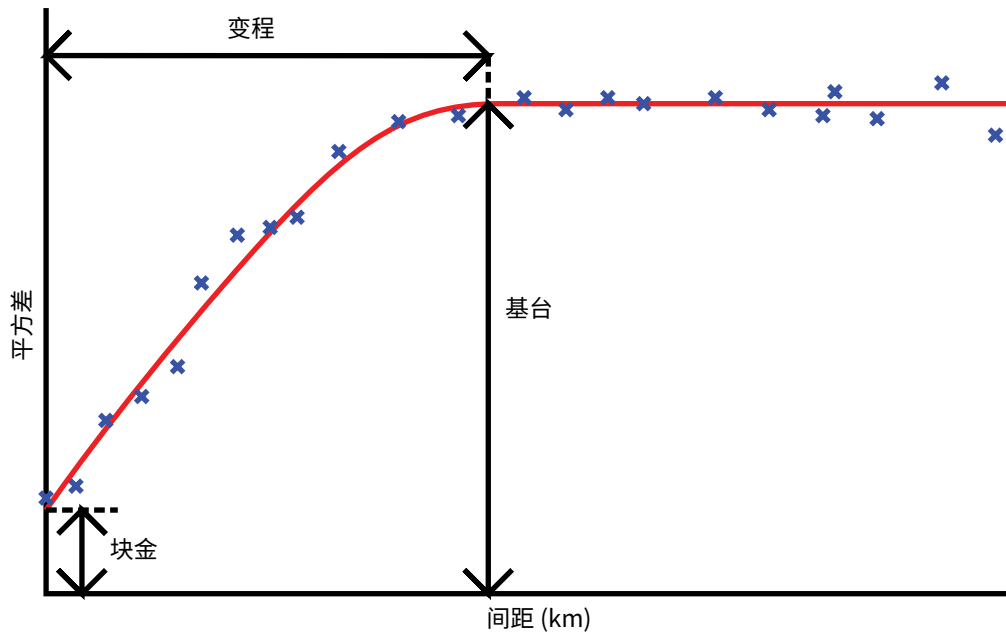


图 2 指示变程、块金和基台的示意性变异函数

来源：英国气象局

经验变异函数通常用三个参数解析：块金、变程和基台。块金是变异函数在零间距处的值。它代表测量误差对各站值间差异的贡献。基台表示在间距足够大处，各站值之间差异的方差，这些值实际上是无关或不相关的。变程是平方差首先达到基台值的间距的量度，与相关长度尺度有关。图 1 中台站的经验变异函数示例在图 3 中用黑色表示。

要执行插值，需要一个函数来估计任意间距的变异函数。这是通过将特定函数的变异函数模型拟合到经验变异函数中来实现的。图 3 中红线所示为与数据拟合的泛函变异函数。必须单独计算每个指数、每个日历月和全年的变异函数模型。图 3 中的 12 块小图对应 12 个日历月。12 个月的变异函数显示，降水变率会随季节变化。经验变异函数（黑色）往往在较大间距处开始下降，例如示例中在 4 月和 11 月之间。这是正常的，它只有变异函数的第一部分 -- 上升和平稳 -- 正在用泛函变异函数（红色）建模。

通常只有在有 10 个以上台站的情况下才能计算出可靠的变异函数模型。大多数情况下，观测台站少于 10 个的国家要么必须使用预先计算的变异函数，要么使用邻国的共享数据（有的话）。对于只有一个台站或网络有限的国家，见 3.7 节。即使有 10 个以上的台站，变异函数中也可能没有清晰的格局。当数据中存在异常值，或各站相距太远，各站的气候条件不相关时，就可能出现这种情况。在这些情况下，最好也使用预先计算的变异函数。

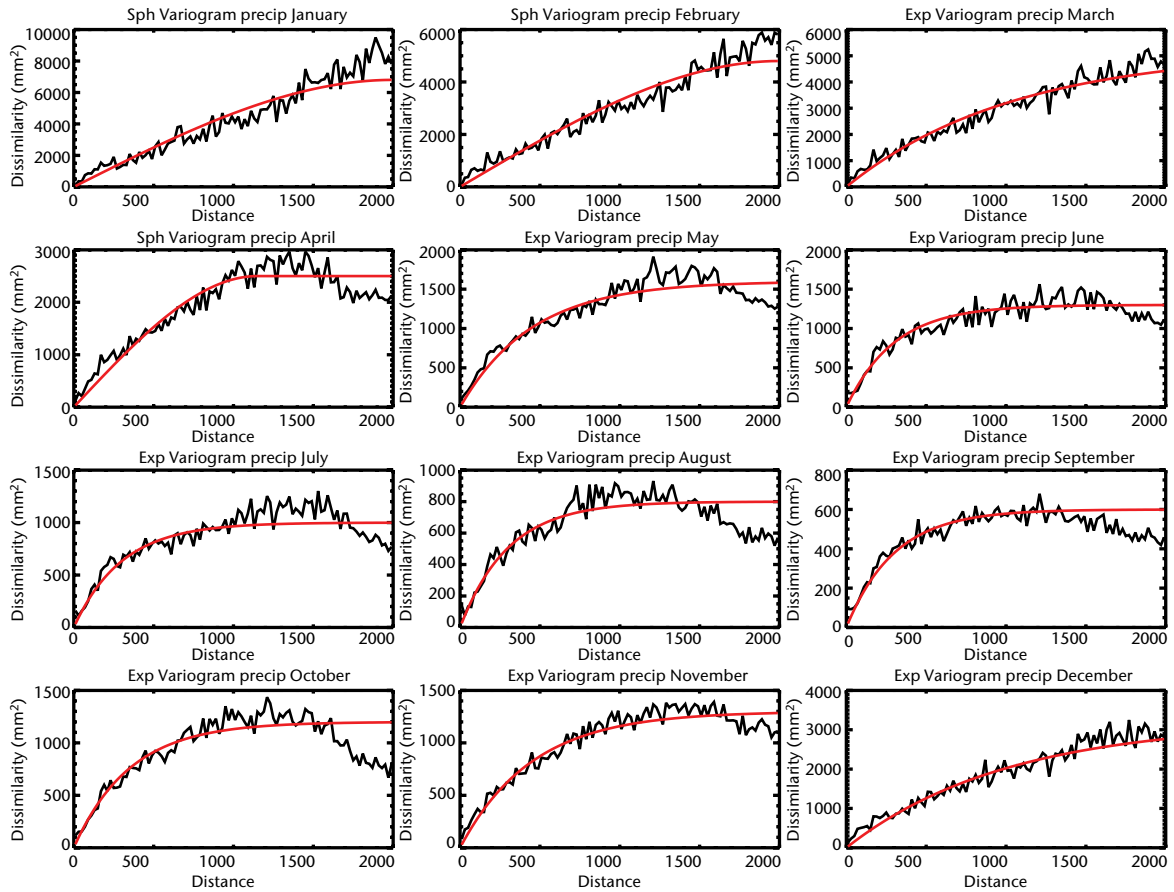


图 3 从 1 月 (左上) 到 12 月 (右下) 各月澳大利亚降水量变异函数样本。黑线为经验变异函数。红线为泛函变异函数。对于小间距, 均差值通常很小, 随着台站间距加大会增加。

来源: 英国气象局, 使用来自澳大利亚气象局的数据

3.5 插值数据

估算某个指数 (如平均气温距平) 的全国均值的一个方法是对全国范围内基于台站的指数进行空间插值。指数的插值图也有助于理解地方和国家层面的变化是如何相关的, 并有助于确定国内条件比较极端的地区。例如可将之用于绘制受热浪或暴雨影响的区域范围。

本指导原则中推荐的插值法称为普通克里金法 (Cressie, 1993), 广泛用于地质统计学。此方法很自然地考虑到了站点的不均匀分布, 并对中间地点的指数提供了一个合理的 (虽然并不完美) 估计。在此, 普通克里格法用于估计覆盖全国的常规经纬度网格上各点的指数值。网格的分辨率应该足够高, 使该国的边界和海岸线都可合理分辨。

图 4 是 2010 年 1 月澳大利亚降水距平场的插值示例。插值的场通常比基于单一台站记录的预期更平滑。这里采用的网格分辨率为纬度 $0.1 \times$ 经度 0.1 。请注意网格是如何紧贴海岸线的。使用过粗的网格会导致面积平均估值误差, 因为很难决定一个网格单元应该落在陆地还是海洋, 或者落在国家边界内还是边界外。

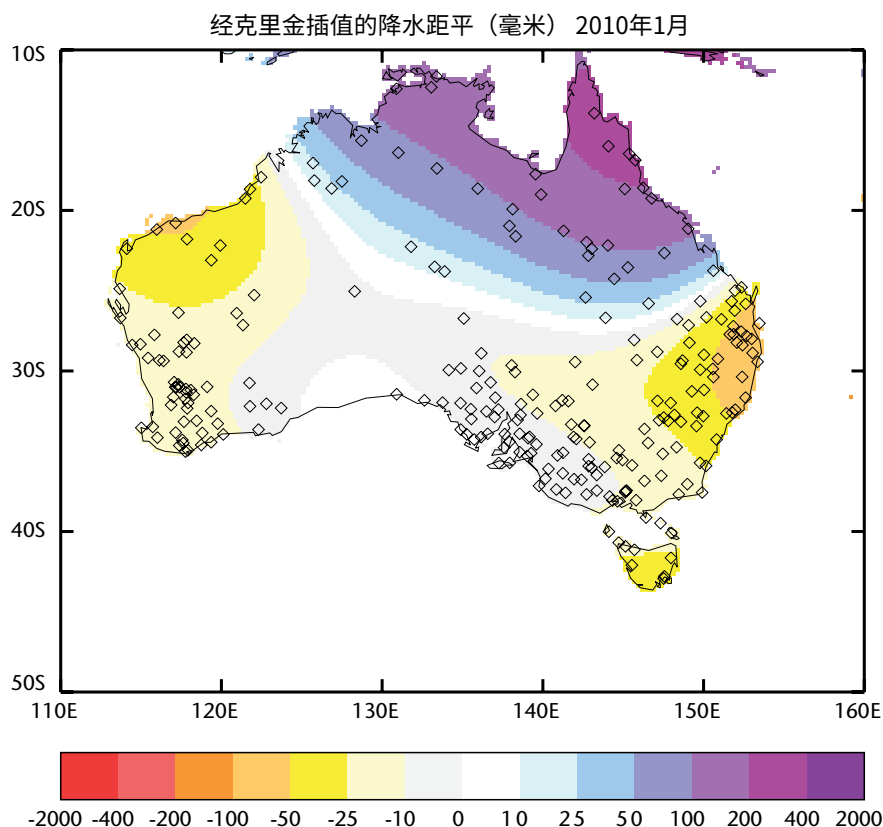


图 4 2010 年 1 月澳大利亚, 台站位置 (黑色菱形块) 和经插值的降水距平 (毫米)

来源: 英国气象局, 使用来自澳大利亚气象局的数据

3.6 指数平均

计算 NCMP 的最后一步是计算面积平均值。这是通过排除国家边界外的所有网格单元, 然后计算剩余单元的面积加权平均值来实现的。在图 4 的示例中, 澳大利亚以北的一些区域原本计算了插值, 而在计算澳大利亚 NCMP 之前, 则排除了这些插值。对至少可从一个台站获得数据的月份和年份, 应重复该插值和平均步骤。如此可建立 NCMP 的时间序列, 如图 5 所示。

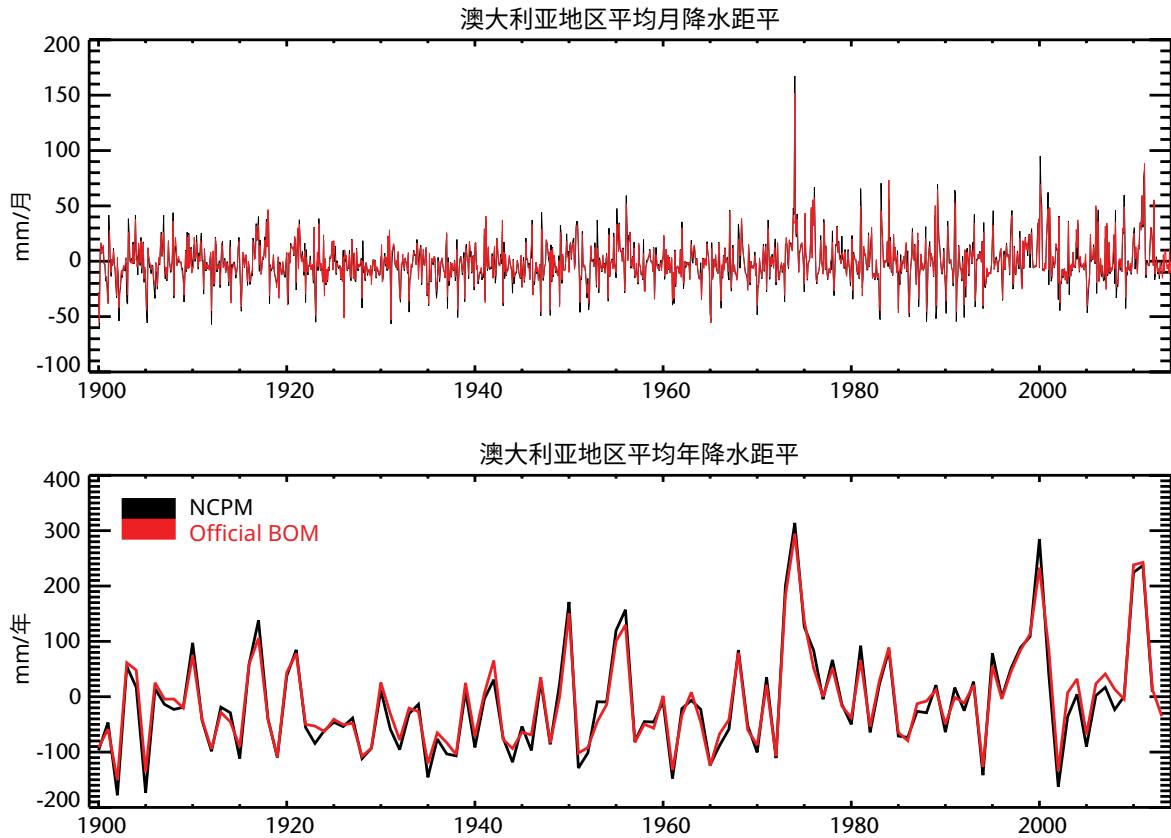


图5 澳大利亚 NCMP 2 全国平均降水距平 (毫米) 的时间序列示例。月度序列在上图中以黑色显示, 年度序列在下图中以黑色显示。澳大利亚气象局 (BOM) 的官方序列以红色显示, 以便比较。

来源: 英国气象局, 使用来自澳大利亚气象局的数据

3.7 只有一个台站或网络有限的国家

对于台站网络有限的国家, 计算 NCMP 有几种可行方法。如果有邻国的台站数据, 可以利用, 以补充国内的台站网络。(甚至台站网络密集的国家, 也可从利用邻国的台站中获益。使用邻国的数据有助于改进边界沿线的插值场。) 随后, 如上所述计算变异函数和插值。另一种方法是使用标准形式的泛函变异函数。

若一个国家只有一个观测站, 且无法使用邻国台站的数据, 该国特定月份 (季节或年份) 的面积平均值则等于该站同期的指数值。

3.8 不毗连国家或有海外属地的国家

有些国家, 如美利坚合众国, 是不毗连的。即该国不由单一、连续的陆地组成。就美国而言, 该国包括被加拿大与美国其他地区分隔的阿拉斯加, 以及夏威夷等岛屿。在此情况下, 不可能有明确的指导意见, 只能由 NCMP 联络员判断并决定用哪种陆地要素的组合来构成有意义的平均值。就美国而言, 通常分别引用该国毗连地区和阿拉斯加的统计数据。

3.9 NCMP 6 温度和降水记录

NCMP 6 意在捕捉特定月份或年份内发生的极端事件。NCMP 6 包括三项内容：

1. 记录时长超过 30 年、记录了该期间的每日最高气温 (最高温度, Tmax) 并与所有以前同期做了比较的台站数；
2. 记录时长超过 30 年、记录了该期间的每日最低气温 (最低温度, Tmin) 并与所有以前同期做了比较的台站数；
3. 记录时长超过 30 年、记录了该期间的每日最高总降水量并与所有以前同期做了比较的台站数。

NCMP 6 意在表明发生了特别的极端事件，但它本身并不能全面地说明发生了什么。协调员应能为此类事件提供更多背景信息。联络员尤其应能获得报告温度或降水创纪录的台站的名称和位置，以及破纪录的日期和最新纪录。

3.10 国家级气候监测产品的产出

计算了 NCMP 1-5 后，需要以标准格式输出结果。具体格式见附件。

4. 国家级气候监测产品的制作和分发

在国家和国际尺度上，NCMP 的设计都是为了进行比较，并打造现行气候监测活动的基础。

4.1 初始制作

首次计算 NCMP 时，有必要计算具有台站数据的每个月份的 NCMP。计算了 NCMP 后，应可省略处理过程的某些部分 (如变异函数)，以加快定期更新的制作过程。变异函数只需要计算一次，然后可重复使用，除非用于其计算的历史数据有重大更改，包括基期的更新。

4.2 年度更新

最初 NCMP 可以每年更新一次，随着专业水平和程序效率的提高，应转向更及时的更新进度 - 每月或每季。除非基期内台站数据或网络发生了重大变化，否则对于常规更新，没有必要重复计算变异函数。

进行年度更新时，要检查基期是否已有改动。本文撰写时，基期是 1981-2010 年，但若基期移至 1991-2020 年，需要从头开始重新计算 NCMP。

4.3 月度或季度更新

进行月度或季度更新时，要进行质控并仅处理有限的月份 - 一般是自上次更新以来添加的月份。通常，这将是单一月份或季度，但在数据处理（如进行质控）需要较长时间的情况下，可能需要一次再处理几个月。除非基期内台站数据发生了重大变化，否则对于常规更新，没有必要重复计算变异函数。

4.4 不定期更新

在上述以外的时间也有可能需要更新。例如对台站数据或网络做重大更改（修订、补充或删除）时，或在改进均质化或质控方式时，建议重新计算 NCMP。应定期复查均质性。这些指南或由其衍生的软件偶尔也可能更新，这就需要重新计算 NCMP。

4.5 待传输数据

各 NCMP 的确切格式见附件。它包含以下对于理解 NCMP 所需的信息：

- 年
- 月
- 国家
- 单位恰当的 NCMP 值
- 对于 NCMP 6，超过每日记录的台站数
- 报告当月用于计算 NCMP 的各要素的台站数
- 标示 [0, 1]，表示所用的台站数据是否已均质化
- 标示 [0, 1]，表示所用的台站数据是否已进行质控
- 基期（撰写本文时，均为 1981-2010）
- 用于计算 NCMP 的软件或指南的版本

4.6 辅助数据

除主要数据外，上述方法还将产生许多中间产品，可能对 NCMP 联络员和 NCMP 其他用户有用。也许可以考虑将上述方法当作提供编制 NCMP 的通用工具，但也可适用于更广泛的用途。

最新的台站指数集可能是气候科学、服务或其他部门的工作人员会关注的简单输出。插值步骤会生成这些指数的空间图。它们可用于评估插值场的质量，并可保存为统一格式（如 NetCDF），或输出为标准格式（PNG、EPS 或 PDF）的图像。台站位置也值得关注。结合指数图，台站位置将能提示出台站覆盖范围的空间偏差、异常值和潜在错误数据的位置，以及异常事件的空间范围。

4.7 分发

经计算的 NCMP 应及时以电子邮件附件形式发送至 WMO(wcdmp@wmo.int), 以便纳入 WMO 关于全球气候状况的年度声明。截止日期通常是每年 1 月下旬。为能更频繁高效地分发, 将开发一种编码讯息。

附件 国家级气候监测产品计算规范

以下规范将详细说明计算六个国家级气候监测产品 (NCMP) 所需的数学步骤。

规范分四个部分：第一是单站指标的计算；第二是使用这些指数计算构成 NCMP 的面积平均值；第三部分介绍 NCMP 6 的计算；第四部分解释输出格式，一旦计算完毕应将其发送至 WMO。

1. 计算制作六项国家级气候监测产品所需的台站级指数

设 T_{xij} 和 T_{nij} 分别为第 i 天和第 j 周期的每日最高气温和最低气温， T_{mij} 为每日平均气温，以及当这两个值都可用时 T_{xij} 和 T_{nij} 的平均值， Pr_{ij} 是第 i 天和第 j 周期的每日降水量。温度以摄氏度为单位，总降雨量以毫米为单位。

使用基期的 5 日运行均值计算每天的百分位数。指数是按每个日历月和全年计算的。

1.1 输入数据

输入数据的格式为：

- ASCII 文本文件，每个台站一份文件
- 列：年、月、日、 Pr_{ij} 、 T_{xij} 、 T_{nij}
- 示例：1950 07 15 2.5 25.0 10.2
- 缺失值应设置为 -99.9
- 记录必须遵循日历日期顺序

1.2 NCMP 1: 平均温度距平

计算以下内容：

- 月均和年均气温 (TM_j): 月 (年) T_{mij} 平均值
- 气候 (CT_j): 基期 TM_j 平均值
- 月均和年均气温距平 (TMA_j): $TM_j - CT_j$

1.3 NCMP 2: 降雨量距平百分比

计算以下内容：

- 月和年总降水量 (PR_j): 月 (年) Pr_{ij} 之和
- 气候 (CP_j): 1981-2010 年 PR_j 均值
- 月和年降水量归一化距平 ($PRNA_j$): $100 \times (PR_j - CP_j) / CP_j$
- 月和年降水距平 (PRA_j): $(PR_j - CP_j)$

1.4 **NCMP 3: 标准化降水指数**

进行以下操作:

- 准备 13 个降水系列 (每月一个, 每年一个)
- 计算基期内零雨量月份的分数和基期内非零雨量月份的分
- 将伽马分布分别拟合到每个系列的基期内非零值
- 计算根据观测值计算出的每个非零月 (年) 值的累积概率
- 计算调整后的累积概率, 即累积概率乘以非零雨量月份的分
- 数
- 转换调整后的累积概率从月 (年) 值, 以得到平均值为 0, 标准差为 1 的正态分布的
- 等效降水量偏差

1.5 **NCMP 4: 暖日**

计算以下内容:

- 日历日第 90 个百分位数, 以基期 $T_{x_{ij}}$ 的 5 日窗口为中心 ($T_{x_{in}90}$)
- $T_{x_{ij}} > T_{x_{in}90}$ 时的月度和年度天数百分比 (T_{x90p})

1.6 **NCMP 5: 寒夜**

计算以下内容:

- 日历日第 10 个百分位数, 以基期 $T_{n_{ij}}$ 的 5 日窗口为中心 ($T_{n_{in}10}$)
- $T_{n_{ij}} < T_{n_{in}10}$ 时的月度和年度天数百分比 (T_{n10p})

1.7 **NCMP 6: 极端温度和降水量**

计算以下内容:

- 月度和年度最高 $T_{x_{ij}}$ (TXx_j)
- 月度和年度最低 $T_{n_{ij}}$ (TNn_j)
- 月度和年度最高 Pr_{ij} ($RX1day_j$)
- 每月和整个期间最高 TXx_j 的日期和值
- 每月和整个期间最低 TNn_j 的日期和值
- 每月和整个期间最高 $RX1day_j$ 的日期和值

1.8 **用于索引计算的输出数据**

输出数据的格式为:

- csv 文件, 每个台站一个文件和 NCMP 组合
- 文件名格式: [站名]_[索引名].csv

- 索引名: TMA、PrA、PrAN、SPI、TX90p、TN10p
- 文件名示例: Toronto_TX90p.csv
- 文件第一行应读为: -
“年”、“一月”、“二月”、“三月”、“四月”、“五月”、“六月”、“七月”、“八月”、“九月”、“十月”、“十一月”、“十二月”、“年度”
- 列: 年份、一月索引值、二月索引值、..., 十二月索引值, 年度索引值
- 各列应用单个逗号分隔
- 数值应酌情至少给出两位小数点
- 输出中行的示例: 1950, - 5.62, 0.33, 2.53, 8.41, 12.27, 19.91, 19.01, 13.0, 11.0, 0.01, - 10.21, - 3.01, 8.40
- 缺失值应设置为 - 99.9
- 输出中带缺失值的行示例: 1950, - 99.9, 0.33, 2.53, 8.41, 12.27, 19.91, 19.01, 13.0, 11.0, 0.01, - 99.9, - 3.01, 8.40

2. 编制全国平均数的计算程序

NCMP1-5 定义为各项指数在全国平均值。本节介绍如何根据以往计算的台站指数计算全国平均值。

设 N 为在 y 年和 m 月具有台站索引的国家的台站数, 其中 $1 \leq m \leq 12$, 且 $m=1$ 对应于一月, $m=2$ 对应于二月, 依此类推。

在站点 i 、 y 年 m 月 NCMP k 的索引值为 I_{kiym} :

- 对于 NCMP 1, I_1 是平均温度距平
- 对于 NCMP 2, I_2 是归一化降水距平 (以百分比表示)
- 对于 NCMP 3, I_3 是标准化降水指数。
- 对于 NCMP 4, I_4 是暖日的百分比
- 对于 NCMP 5, I_5 是冷日的百分比

i 和 j 两站之间的指数差是 Δ_{ijym} , 站间的间隔是 D_{ij} 。假设该间隔在时间上是恒定的。

2.1 输入数据

输入数据是来自前述台站索引计算的输出。

2.2 计算变异函数

第一步是计算变异函数, 它联系着两站间的间隔与预期差值。每个 NCMP 和每个日历月 m 都计算一次变异函数。每个 NCMP 只需要计算一次变异函数。可将它们保存并在未来所有 NCMP 计算中重复使用。但若因改善质量控制、均质化、新的基期或观测站数量有巨大变化, 需要对现有台站数据进行重大修改, 则应重新计算变异函数。

m 月的变异函数计算如下。对于每一对 i 和 j 站 (其中 $j > i$) 以及气候期内的每一年 y , 计算:

$$\Delta_{ijym} = I_{kiym} - I_{kjym}$$

选择一个最大间隔, D_{\max} , 即以下两个距离中较小的一个: 站间最大间隔 ($\max(D_{ij})$), 以及降水指数为 2 000 公里, 温度指数为 3 000 公里。

根据它们的间隔度 D_{ij} , 将 Δ_{ijym} 分成宽度为 w 的组。通常, 组距设置为 20 公里。组 l 包含 Δ_{ijym} , 其中:

$$lw D_{ij} < (l + 1)w, \text{ 其中 } (l + 1)w < D_{\max}$$

在每个组 l 中, 通过取组中 $(\Delta_{ijym})^2$ 的算术平均数来计算组平均值 B_l :

$$B_l = \left[\frac{\sum (\Delta_{ijym})^2}{n_l} \right]$$

其中 n_l 是组 l 中 Δ_{ijym} 的数量。组间距 D_l 为:

$$D_l = lw - w / 2$$

绘制所有 l 的 B_l 与 D_l 的对比图。该图显示作为两站间间隔的函数, 指数差是如何变化的。接下来的目标是找到一个近似于这种关系的函数。该函数称为泛函变差函数 $V_m(D, n, r, s)$ 。

通过找出函数 V 和使均方误差 (E) 最小化的参数 n 、 r 和 s , 即可找到泛函变异函数:

$$E = \sum_l [B_l - V_m(D_l, n, r, s)]^2$$

V 所用的典型函数示例如下所示。用目测来完成这一拟合是可能的, 但一般不建议。最好始终检查拟合是否合理。如果只有几个台站, 则将平均绝对误差 (MAE) 降至最低会更好:

$$MAE = \sum_l |B_l - V_m(D_l, n, r, s)|$$

应重复这个过程, 以找出 12 个日历月中每个月和每个 NCMP 的泛函变异函数 V_m 和参数 n 、 r 和 s 。

变异函数示例

在每个案例中, n 、 r 和 s 都是函数的参数: n 对应于零间距时的方差, r 是控制方差随间距而变速的极差参数, s 对应于大间距时的方差。

指数:

$$V(D, n, r, s) = (s - n)[1 - \exp(-D / r)] + n$$

球型:

$$V(D, n, r, s) = (s - n)(3D / 2r - D^3 / 2r^3) + n, \text{ for } D < r$$

$$V(D, n, r, s) = s, \text{ for } D > r$$

高斯:

$$V(D, n, r, s) = (s - n) \left[1 - \exp(-D^2 / r^2 a) \right] + n$$

2.3 变量函数的输出数据

输出数据格式为：

- csv 文件
- 文件名格式：[国家名]_[索引名]_ 变异函数 .csv
- 文件名示例：Canada_PRA_Variogram.csv
- 文件第一行应为：“月”、“函数”、“n”、“r”、“s”、“均方差”
- 列：月、函数、n、r、s、均方差
- 月份应将月份名放入双引号或“年度”
- 函数名应放入双引号，如“球型”
- 各列应以逗号分隔
- 数值应至少到小数点后两位
- 输出行示例：“二月”，“高斯”，1078.61,966.35,4347.32,10443102.33

还可以提供一个显示经验变异函数和最佳拟合泛函变异函数的曲线图。

2.4 规则网格上的插值

下一步是估计规则网格上所有点的索引值。完成它要使用普通克里金法，这是地统计学中的标准方法。

定义一个跨全国的规则网格。网格应该有规则的纬度和经度间距，使国界内至少有 100 个格子。特定的格子用字母 o 表示，共有 M 个格子。国界内的格子 o 的面积是 A_o 。

y 年和 m 月的格子 o 中的插入值如下所示。

创建一个数据矢量 d，内含台站索引：

$$d_i = I_{kiym} \text{ for } 1 \leq i \leq N \text{ (where } N \text{ is the total number of stations)}$$

$$d_{N+1} = 1$$

下一步，创建一个 N+1 乘 N+1 元素的矩阵 C：

$$C_{ij} = V_m(D_{ij}, n, r, s) \text{ for } 1 \leq i \leq N$$

$$C_{i, N+1} = 1 \text{ for } 1 \leq i \leq N$$

$$C_{N+1, j} = 1 \text{ for } 1 \leq j \leq N$$

$$C_{N+1, j} = 0$$

以及具 N+1×1 元素的矩阵 F：

$$F_{io} = V_m(D_{io}, n, r, s) \text{ for } 1 \leq i \leq N,$$

$$F_{N+1, o} = 1,$$

其中 D_{io} 是台站 i 和格子 o 中心点之间的间距。随后，格子 o 的索引插入值由以下公式给出：

$$I_{koym} = d^T C^{-1} F.$$

对每个格子重复此过程。

2.5 规则网格上的输出数据

输出数据格式为：

- csv 文件，包含参与 y 年和 m 月平均值的每个格子的索引值
- 文件名格式：NCMP_[索引名][年][月].csv
- 文件名示例：NCMP_TMA2015September.csv
- 文件第一行应为：“网格”、“纬度”、“经度”、“面积”、“索引”
- 列：网格号、纬度(度)、经度(度)、面积(平方公里)、索引(相应单位)
- 各列应以逗号分隔
- 数值应至少到小数点后两位
- 西半球经度应为负，东半球经度应为正；经度应在 [- 180.00,180.00] 范围内
- 输出行示例：9,58.50, - 136.00,26203.23,2.95
- 文件中落入国界内的每个网格单元都应有一行
- 不应有缺失数据

2.6 全国均值的计算

y 年和 m 月的全国平均值是通过取该国境内所有网格框的面积加权平均值来计算的。全国平均值是 y 年和 m 月的 NCMP：

$$NCMP_{kym} = (\sum_{o=1,M} A_o I_{koym}) / (\sum_{o=1,M} A_o)$$

2.7 全国平均值的输出数据

输出数据格式为：

- csv 文件
- 文件名格式：[国家名]_[索引名]_区域_Avg.csv
- 文件名示例：Canada_TN10p_Region_Avg.csv
- 文件第一行应为：“年”、“月”、“索引”、“台站数”
- 列：年、月、NCMP、台站数
- 月份是该月的数字：1 表示 1 月，2 表示 2 月，依此类推；年度值用第 13 月表示。
- 各列间应用一个逗号分隔
- 适当情况下，数值应至少有两位小数
- 输出行示例：1952, 8, 81.578, 15
- 从可计算 NCMP 的第一个月到可计算 NCMP 的最近一个月，文件中每年和每月都应该有一行；年度值应在 12 个月值之后给出，以第 13 个月表示
- 缺失值应设置为 - 99.9
- 带缺失值的输出行示例：1950, 1, - 99.9, 0

3. NCMP6

NCMP 6 包括在特定时期内破其每日气温和降水量记录的台站数。

3.1 输入数据

输入数据是从之前所述的台站索引计算出的输出值：

- csv 文件，每个台站一个文件，每个 NCMP 一个文件
- 列：年份、1 月、2 月、…，12 月，年度
- 文件名示例：Toronto_TMA.csv
- 格式示例：1950 – 10.2 – 5.6 0.3…8.4
- 缺失值应设置为 – 99.9

3.2 记录台站数

对于每个变量 k (包括 TXx、TNn、Pr)，将计数 C_k 设置为 0，将合格站点数 E_k 设置为 0。

对于每个台站 i 和变量 k ，确定该站记录 L_{ik} 的年份。

若该记录年份大于 30 年，则 E_k 加 1。

若记录年份大于 30 年，且对于 y 年和 m 月，变量为 V ， V_{ikym} 是最高记录 (TXx，降水)，或最低记录 (TNn)，

$$V_{ikym} \geq \max(V_{ikm})$$

$$V_{ikym} \leq \min(V_{ikm})$$

则 C_k 加 1。

3.3 NCMP 6 的输出数据

输出数据格式为：

- csv 文件
- 文件名格式：[国家名]_NCMP6.csv
- 文件名示例：Canada_NCMP6.csv
- 文件第一行应为：年、月、TXx 记录数、报告 Tmax 的台站数、TNn 记录数、报告 Tmin 的台站数、Pr 记录数、报告 Pr 的台站数。
- 列：(TXx, TNn, Pr) 中每个 k 值 (按此顺序) 的年、月、 C_k 、 E_k
- 各列间应用一个逗号分隔
- 输出行示例：1950,12,3,170,12,170,0,250
- 文件中，计算 NCMP 6 的每个月份都应该有一行

- 缺失值应设置为 - 99.9
- 带缺失值的输出行示例: 1950,12,3,180,12,170, - 99.9, - 99.9

4. 所有国家级气候监测产品的最终格式

结合了区域平均值和 NCMP 6 的文件应连同元数据, 合并成一个文件, 包括用于生成 NCMP 的指南版本、基期起始和结束年份、以及表明数据是否经过质控和均质化的标志:

- csv 文件
- 文件名格式: [国家名]_NCMP_Summary.csv
- 文件名示例: Canada_NCMP_Summary.csv
- 文件第一行应为: “年”、“月”、“NCMP1”、“NCMP1 台站数”、“NCMP2”、“NCMP2 台站数”、“NCMP2b”、“NCMP2b 台站数”、“NCMP3”、“NCMP3 台站数”、“NCMP4”、“NCMP4 台站数”、“NCMP5”、“NCMP5 台站数”、“Tmax 记录”、“报告 Tmax 台站数”、“Tmin 记录”、“报告 Tmin 台站数”、“降水量记录”、“报告降水量台站数”、“温度质控标志”、“Temp 均质化标志”、“降水量质控标志”、“降水量均质化标志”、“基期起始年”、“基期结束年”、“版本”。
- 栏:
 - 年
 - 月
 - TMA 的国家平均值
 - 参与提供 TMA 国家平均值的台站数量
 - PrAn 的国家平均值
 - 参与提供 PrAn 国家平均值的台站数量
 - PrA 的国家平均值
 - 参与提供 PrA 国家平均值的台站数量
 - 标准化降水指数 (SPI) 的国家平均值
 - 参与提供 SPI 国家平均值的台站数量
 - TX90p 的国家平均值
 - 参与提供 TX90p 国家平均值的台站数量
 - TN10p 的国家平均值
 - 参与提供 TN10p 国家平均值的台站数量
 - 报告当月每日最高气温 (最高气温; Tmax) 记录的台站数量
 - 报告当月 Tmax 的台站数量
 - 报告当月每日最低气温 (最低气温; Tmin) 记录的台站数量
 - 报告当月 Tmin 的台站数量
 - 报告当月降水量纪录的台站数量
 - 报告当月降水量的台站数量
 - 若温度数据已经过质控, 则标志为 1, 否则设置为 0
 - 若温度数据已均质化, 则标志为 1, 否则设置为 0
 - 若降水量数据已经过质控, 则标志为 1, 否则设置为 0
 - 若降水量数据已均质化, 则标志为 1, 否则设置为 0
 - 基期起始年, 应为 1981 年
 - 基期结束年, 应该是 2010 年

- 使用的是指南版本
- 各列间应用一个逗号分隔
- 输出行示例: 1999,2,2.32,57,13.42,90,100.21,90,1.51,90,3,57,0,57,2,57,0,57,2,90,1,1,1,0,1981,2010,1.4
- 缺失值应设置为- 99.9
- 带缺失值的输出行示例: 1999,2, - 99.9,0,13.42,90,100.21,90,1.51,90, - 99.9,0, - 99.9,0, - 99.9,0,2,90,1,1,1,0,1981,2010,1.4

参考文献

- Cressie, N., 1993: *Statistics for Spatial Data*. New York, Wiley.
- World Meteorological Organization, 1986: *Guidelines on the Quality Control of Surface Climatological Data* (WMO/TD-No. 111/WCP-85). Geneva.
- , 1993: *Guide on the Global Data-Processing System (GDPS)* (WMO-No. 305). Geneva.
- , 2003: *Guidelines on Climate Metadata and Homogenization* (WMO/TD-No. 1186). Geneva.
- , 2007: *Guidelines on Climate Data Management* (WMO/TD-No. 1376). Geneva.
- , 2011: *Guide to Climatological Practices* (WMO-No. 100). Geneva.
- , 2013: *Guide to the Global Observing System* (WMO-No. 488). Geneva.
- , 2014: *Climate Data Management System Specifications* (WMO-No. 1131). Geneva.
- , 2017: *WMO Guidelines on the Calculation of Climate Normals* (WMO-No. 1203). Geneva.
- World Meteorological Organization/Global Water Partnership, 2016: *Handbook of Drought Indicators and Indices* (WMO-No. 1173). Geneva.
-

欲了解更多信息, 请联系:

世界气象组织

7 bis, avenue de la Paix – P.O. Box 2300 – CH 1211 Geneva 2 – Switzerland

战略传播办公室

电话: +41 (0) 22 730 87 40/83 14 – 传真: +41 (0) 22 730 80 27

电邮: communications@wmo.int

public.wmo.int