

2009–2018 年间尼泊尔地区 OLR 异常信号数据集的内容与研发

林 岭^{1*}, 孔祥增¹, 李 南², 江晓英¹

1. 福建师范大学数学与信息学院, 福州 350022;

2. 福建农林大学数学与计算机科学学院, 福州 350007

摘 要: 研究表明大地震之前由于地表温度的变化会引起长波辐射 OLR (Outgoing Longwave Radiation) 数据异常, 但目前缺乏有效的技术来提取异常。我们提出了一种基于随机传感器和鞅理论的异常数据挖掘算法 ADRM (Abnormality Detection based on Randomized Transducer and Power Martingales), 经过实验对比能有效挖掘异常。本数据集记录了尼泊尔地区 2009–2018 年 10 年间的 NOAA 卫星的 OLR 数据和经过异常数据挖掘后的相应数据序列。数据集在地域上, 以尼泊尔地震震中为中心的周边地域划分为同样经纬度 $2.5^{\circ} \times 2.5^{\circ}$ 为单位的 25 个网格; 时间上, 定义每个年度是从上一年的 9 月 28 日到下一年的 9 月 28 日, 共计 366 天, 2009–2018 年 10 年的数据。数据集存储为 1 个.xls 文件, 数据量为 3.92 MB。基于该数据集的研究成果分别发表在《地球信息科学学报》(2018 年 20 卷 8 期) 和《IEEE Journal of Selected Topics in Applied Earth Observations and Remote Sensing》(2018 年 11 卷 8 期)。

关键词: OLR; 尼泊尔; 数据挖掘; 异常信号; 地球信息科学学报; IEEE Journal of Selected Topics in Applied Earth Observations and Remote Sensing

DOI: 10.3974/geodp.2020.01.06

1 前言

地震的发生常常伴随有地热辐射增强的现象, 而这些震前在孕震区出现的地表温度增高的数据可以被热红外遥感卫星所监测^[1]。长波辐射数据(Outgoing Longwave Radiation, OLR)指地气系统向外层空间发射的电磁波能量密度, 震前的岩石圈的压力增加导致地表岩石温度及其环境温度的上升, 经过大气层会受到云层、温室效应的影响, 这样大面积的地表温度的变化引起 OLR 辐射的波动情况, 可以被热红外遥感卫星所捕获^[2]。美国极轨式 NOAA 卫星与太阳轨道同步捕获 OLR 数据后, 对该遥测数据进行多次空间平均, 最后提供按经纬网格 2.5×2.5 间距的全球逐日平均和逐月平均的 OLR 数据。人为生产活动、气候变化和温室效应等都可能产生这种温度的变化, 再加上地表温度、大气温度、水

收稿日期: 2020-01-15; 修订日期: 2020-03-07; 出版日期: 2020-03-25

基金项目: 福建省(2019Y0008); 国家自然科学基金(61772004, 41601477)

*通讯作者: 林岭 AAB-6198-2019, 福建师范大学数学与信息学院, 18788479@qq.com

数据引用方式: [1] 林岭, 孔祥增, 李南等. 2009–2018 年间尼泊尔地区 OLR 异常信号数据集的内容与研发[J]. 全球变化数据学报, 2020, 4(1): 38–45. DOI: 10.3974/geodp.2020.01.06.

[2] 林岭, 孔祥增, 李南. 2009–2018 年间尼泊尔地区 OLR 异常信号数据集[DB/OL]. 全球变化数据仓储, 2019. DOI: 10.3974/geodb.2019.05.11.V1.

汽、云量等的影响，因此 OLR 数据是有噪声、非结构化和鲁棒性的，需要通过统计学原理和数据挖掘技术，提取数据中隐含的异常信号和震前的征兆。许多国内外的学者在此项研究中提出了许多方法进行研究，例如小波变换、贝叶斯估计方法、模糊神经算法和基于误差和关键点的地震前兆观测数据异常挖掘等，但这些技术大多缺乏有效的技术来提取与地震相关的异常变化趋势等信息，且大多数的遥感数据并没有被充分利用^[3-9]。我们提出一种基于随机传感器和幂鞅的 OLR 数据异常信号分析算法 ADRM(Abnormality Detection based on Randomized Transducer and Power Martingales) 对 OLR 源数据进行异常信号数据挖掘技术，可以有效获取异常信号的变化，并形成新的异常捕获后的数据序列。本数据集进行主要针对 2009–2018 年期间的 OLR 数据，地域范围是以尼泊尔 2015 年 4 月 25 日 7.8 级大地震震中（28.23 N，84.73 E）为中心的矩形区域，经纬度坐标是从（28.23 N，84.73 E）到（28.23 N，84.73 E）的地区 10 年数据 OLR 数据进行 ADRM 异常信号提取后的结果形成的数据集。

2 数据集元数据简介

《2009–2018 年间尼泊尔地区 OLR 异常信号数据集》^[10]的名称、作者、地理区域、数据年代、时间分辨率、空间分辨率、数据集组成、数据出版与共享平台、数据共享政策等信息见表 1。

表 1 《2009–2018 年间尼泊尔地区 OLR 异常信号数据集》元数据简表

条目	描述
数据集名称	2009–2018 年间尼泊尔地区 OLR 异常信号数据集
数据集短名	OLRAbnormalSignalNepal_2009-2018
作者信息	林岭 AAB-6198-2019, 福建师范大学数学与信息学院, linling@fjnu.edu.cn 孔祥增 AAI-1869-2019, 福建师范大学数学与信息学院, xzkong_fjnu@163.com 李南 AAB-3416-2020, 福建农林大学数学与计算机科学学院, 13509338919@qq.com
地理区域	尼泊尔地区
数据年代	2009–2018
时间分辨率	日
空间分辨率	2.5 °×2.5 °
数据格式	.xls
数据量	3.92 MB
数据集组成	尼泊尔 2015 年 4 月 25 日的 Mw7.8 地震震中为中心的 25 个网格覆盖的 10 年数据。相对网格坐标为（23，32）到（27，36），是 2009–2108 年的 OLR 源数据，及其异常获取后的结果数据构成，主要包括：10 个 Sheet 分别是 10 年的数据；每个 Sheet 由 25 个网格的数据构成，每个网格的数据分成源数据(OLR_raw)、经过预处理数据(OLR_prep)和经过异常信息提取后的结果数据（CD_value）
基金项目	福建省（2019Y0008）；国家自然科学基金（61772004, 41601477）
数据计算环境	Matlab
出版与共享服务平台	全球变化科学研究数据出版系统 http://www.geodoi.ac.cn
地址	北京市朝阳区大屯路甲 11 号 100101，中国科学院地理科学与资源研究所

续表

条目	描述
数据共享政策	全球变化科学研究数据出版系统的“数据”包括元数据（中英文）、实体数据（中英文）和通过《全球变化数据学报》（中英文）发表的数据论文 ^[11] 。其共享政策如下：（1）“数据”以最便利的方式通过互联网系统免费向全社会开放，用户免费浏览、免费下载；（2）最终用户使用“数据”需要按照引用格式在参考文献或适当的位置标注数据来源；（3）增值服务用户或以任何形式散发和传播（包括通过计算机服务器）“数据”的用户需要与《全球变化数据学报》（中英文）编辑部签署书面协议，获得许可；（4）摘取“数据”中的部分记录创作新数据的作者需要遵循 10% 引用原则，即从本数据集中摘取的数据记录少于新数据集总记录量的 10%，同时需要对摘取的数据记录标注数据来源 ^[11]
数据和论文检索系统	DOI, DCI, CSCD, WDS/ISC, GEOSS, China GEOSS, Crossref

3 数据研发方法

3.1 算法原理

对于 OLR 数据源我们进行了 3 步骤的处理：地域网格化划分、数据预处理和异常信号捕获 ADRM 算法的数据分析。

首先,地域网格化的划分^[13]是根据 OLR 数据特征，以经纬度 2.5°×2.5°的网格方式记录数据,并以此为单位对全球地域进行网格化划分。例如，尼泊尔地震震中(28.23°N, 84.73°E)，其相对坐标值为 (25, 34)，以此坐标值为中心的 25 个网格为 OLR 数据研究对象，从左上相对坐标值为 (23, 32)，依据行优先的原则从 1 到 25 对网格进行标记顺序号。与数据集的列名相对应，左上角的 1 号网格相对坐标是 (23, 32)，对应数据集列名是 Grid No.1 (23, 32)。

其次，是对源数据进行预处理。源数据（对应数据集中的 OLR_raw 列）采用 NOAA-14 卫星所捕获的 OLR 数据序列的“下午”（Afternoon Satellite，1430–0230 LST）的数据，之所以采用下午数据是考虑可以减少因白天的人类活动、噪声和气候等因素造成对数据扰动。

源数据获取后，对数据的预处理如下：

（1）填充缺失数据。缺失 1–2 天的数据，取前一天数据向后填充；缺失 3 天（含）以上的数据，则全年的平均值作为该数值。

（2）数据的年统一化，即 2 月份统一保留为 28 天，29 日的数据删除处理，这样每年的数据就是 365 天。

（3）噪音的去除。遥感卫星所采集的数据，有时候会出现个别的“小值”或“尖点”等异常数据，当数据小于某一个很小的值或者尖点数据（即不合理数据），则设置该值为年平均值。

经过以上的预处理后，数据集对应的是 OLR_prep 列的值。

最后，对 OLR_prep 数据进行的异常信号挖掘，是运用基于鞅理论的 ADRM 算法对 OLR_prep 数据变化特征和趋势进行数据挖掘^[12–14]，生成新的异常信息数据集（CD-value Change Detection）。ADRM 算法的原理如下：

定义 OLR 数据集， $DH_t = \{D_i : 1 \leq i \leq t-1\}$ 为已知的历史数据， D_t 则表示当前要检测异常的 OLR 数值。当地质活动平稳的时候，OLR 数据应该表现为相对稳定，样本数据之

间表现为某种相似的特征^[15]。

给出 OLR 数据信号的异常度量, 设 D_i 的偏移值为 $S_i(DH_i, D_i) = \|D_i - m\|$, 其中 m 是通过聚类算法得到的 DH 的聚类中心, $\|\cdot\|$ 表示距离度量函数, 得到初始异常值序列 $S = \{S_i : 1 \leq i \leq n\}$ 。然后通过对序列 S 进行置信随机传感器 \hat{p} 映射^[16],

$$\hat{p}_i(S_1, \theta_1, L, S_i, \theta_i) = \frac{\#\{j|D_j > D_i\} + \theta_j \times \#\{j|D_j = D_i\}}{i}, j = 1, 2L, i \quad (1)$$

将其映射到 $\hat{p}_i \in (0, 1]$ 的置信空间, 其中随机值 $\theta_j \in [0, 1], j = 1, 2, \dots, i$, $\#\{\text{给定条件}\}$ 是返回满足给定条件的样本的数量。从式(1)可见 \hat{p}_i 值越大, 表明 D_i 越符合历史样本的分布情况, 当天数据出现 D_i 异常的可能性越小。然而, OLR 数据中会存在“噪声”, 某天相对较小的 \hat{p}_i 值并不足以说明当前 OLR 数据整体出现了异常, 需要通过使用幂鞅 (Power Martingale) 理论, 综合考虑整个时间序列数据的变化趋势, 也就是分析的每个数据 D_i 所对应的随机化的幂鞅值^[17], 将其命名为 M 值, 公式如下:

$$M_n^{(\varepsilon)} = \prod_{i=1}^n (\varepsilon \hat{p}_i^{\varepsilon-1}) \quad (2)$$

式中, $\varepsilon = 0.82$, 初始化 $M_0^{(\varepsilon)} = 1$, 并设置 ADRM 算法数据序列的前 50 个点作为聚类中心的样本初始中心 (数据集^[10]中前 50 个 CD_value 数据值均为 1)。为能平滑 OLR 数据中可能出现的“噪音”, 减少变化趋势数据的误判, 对 M 值进行了 $loopnum$ 次的均化平滑处理, 最后生成 CD 序列值:

$$CD_n^{(\varepsilon)} = \frac{\sum_{k=1}^{loopnum} M_n^{(\varepsilon)}}{loopnum} \quad (3)$$

由于大地震发生前后地壳运动相对剧烈, 表现为 OLR 数据有可能在短时间内出现较大波动, 反应波动情况的 $CD_n^{(\varepsilon)}$ 值虽然经过了平滑处理, 但是还是可能发生增大到不可控的程度^[18]。为避免这种情况的发生, 设置一个停止阈值 h , 当 $M_n^{(\varepsilon)} > h$, 则停止运算, 并在当前的位置重新初始化。

3.2 技术线路

美国国家海洋和大气管理局 (NOAA)^[12] 提供了 NOAA 卫星的 OLR 遥感数据, 本文选择 2009 年到 2018 年 10 年的 OLR 数据, 对地震地区进行地域数据网格划分数字化之后, 形成 25 个网格分别进行分析。将源数据 OLR-raw 经过缺失数据处理、规整化和去噪音等预处理之后得到 OLR-prep 序列, 再运用 ADRM 算法的异常变化趋势的分析得到 CD_value 数据序列, 最后生成数据集的流程和数据情况如图 1 所示。

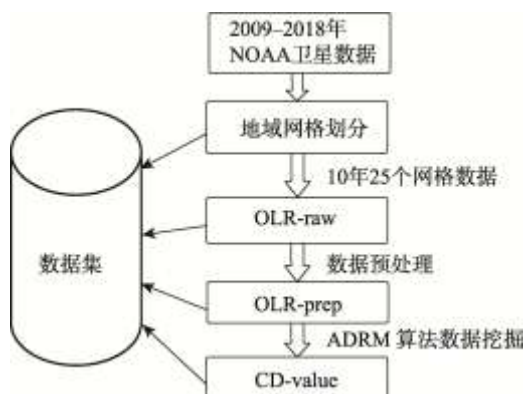


图 1 OLR 数据异常获取线路图

4 数据分布与说明

4.1 数据集组成

数据集保存为 Excel 表, 由 10 张 Sheet 表构成, 每张 Sheet 表的表名代表数据的年份。每张 Sheet 表是由 25 组数据构成, 每组数据表示相应网格里的 OLR 源数据、OLR 预处理数据和 CD-value。列名“Grid No. * (**, **)”的格式, 分别表示网格号和相应坐标。例如 1 号网格的坐标是 (23, 32), 表中的列名为“Grid No.1 (23, 32)”, 每组数据分为 4 列, 第 1 列是“YYYYMMDD”8 位的日期, 其他说明如表 2 所示。

表 2 数据集每组数据的属性说明

属性	说明	备注
OLR_raw	表示来自 NOAA 的源数据	NCAR and NOAA. Available: ftp ftp.cpc.ncep.noaa.gov; cd precip/ noaa18_olr for OLR data
OLR_prep	表示对 NOAA 源数据进行一些无效数据和去噪音等预处理后的数据	
CD-value	异常信息数据集	采用 ADRM 算法进行数据分析后的结果

4.2 数据结果

本数据集从地域和时间两个角度组织数据。时间上, 定义每个年度是从上一年的 9 月 28 日到下一年的 9 月 28 日, 共计 366 天 (预处理后), 对应数据集数据一共 366 行, 存放在一张 sheet 表中。

地域上, 以尼泊尔地震震中 (28.23°N, 84.73°E) 为中心, 以经纬度 2.5°×2.5°的单位网格化后的邻近地域进行网格划分, 震中网格坐标为 (25, 34), 沿着经度纬度方向各外延 2 个网格形成网格方阵。例如: 数据集中 Grid No.1 编号 (23, 32) 的对应经纬度范围是 (31.98 N–34.48 N, 78.48 E–80.98 E)。

4.3 数据结果验证

本数据集包含了 10 年的 25 个网格的 OLR 异常数据, 这里以 13 号网格为例进行算法有效性的说明。图 2 表示一年 (2014 年 9 月 28 日到 2015 年 7 月 25 日) 数据对比, 图 2(a) 表示 NOAA 卫星的 OLR 原始数据的波动图, 肉眼或简单的数据分析很难发现数据的异常变化, 通过 ADRM 算法计算后的 CD_value 波形图 (图 2(b)), 有效提取异常信息后的数据变化趋势, 图中的三条竖线分别表示 2014 年 12 月 18 日、2015 年 4 月 25 日和 2015 年 5 月 12 日发生在尼泊尔的震级分别为 5.0、7.8 和 7.3 的三次地震。地震信息来源为美国地质调查局 (USGS) 所提供的网络数据资料^[19]。

从图中可以看出, 三次地震在时间上和震级大小与事件上都与 CD 值的变化相吻合, 其中 2015 年 5 月 12 日的地震震级变小, 但是图中变化曲线突增也就是 CD 值突然变大, 这是由于 2014 年 4 月 25 日数据剧烈变化, 使得后续数据挖掘变化会更“敏感”而造成的。OLR 异常变化发生在地震前的一个月左右, 图 2(b) 中 12 月 18 日的地震, 在 11 月 20 日开始有 OLR 的异常变化, 4 月 25 日的地震则早在 2 月 25 日附近就开始出现 CD 异常值的变化, 并随着时间的推移, CD 值呈现“爬坡”, 总的趋势是不断波动并上扬, 并在 4 月 25 日 7.9 级地震的当天 CD 值达到了顶峰。之后虽然曲线有一些下滑, 但是震荡后又开始上扬, 直到 5 月 12 日尼泊尔又遭遇了一次大的余震, 在图 2(b) 中显示 CD 值开始陡然走高,

在 5 月 12 日地震（图中第 3 条竖线所标示）前夕出现峰值，第二天则发生了震级为 7.3 级的地震，给当地造成了巨大的损失。之后 CD 值则迅速滑落，而从实际情况来看尼泊尔虽然不断有小的余震，的确没有再遭遇更大的地震了。这说明通过研究 OLR 异常信息而捕获到的 CD 值序列，可以为地震的预测提供参考。

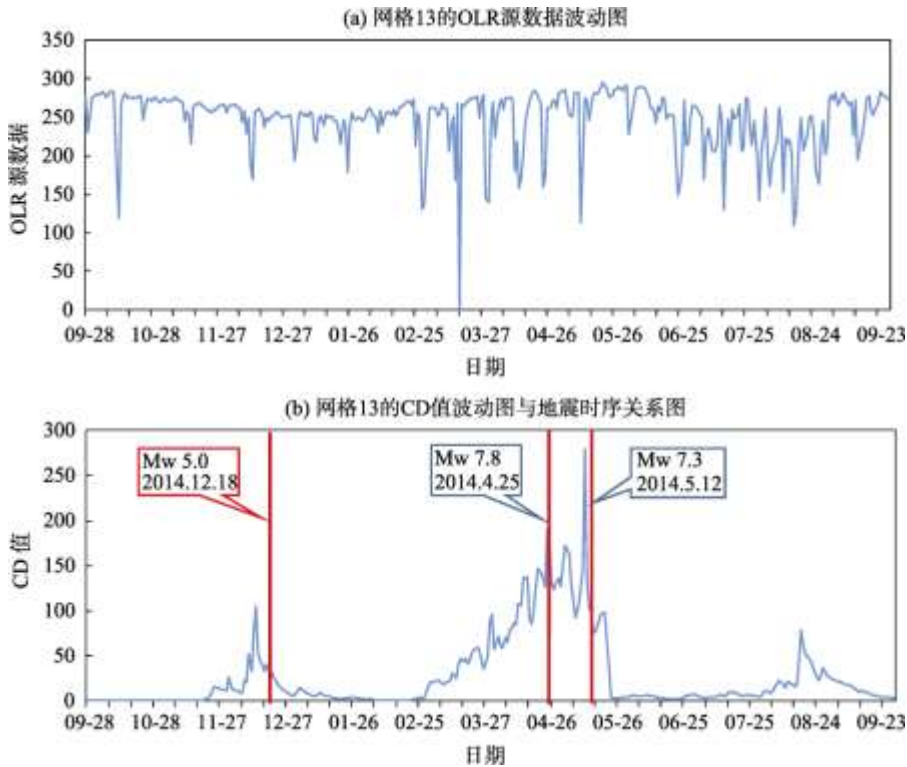


图 2 OLR 源数据 (a) 与 CD 值 (b) 的对比图 (2014.9.28–2015.9.28)

通过 10 年 CD 值的均值与 2015 年的 CD 波动图对比，也可以对震前异常进行分析。图 3 所示红色三角分别表示 3 次地震发生的时间，黄色波动曲线表示 2015 年的 CD 值变化，蓝色曲线表示 2009–2018 年 10 年间在网格 13 的 CD 均值。通过与均值对比可以发现三次地震发生之前 CD 值的波动都征兆性的超越了均值。类似地，在地震发生之前的 11 月 20 日左右开始 CD 值超过了均值并地震前两天的 12 月 16 日到达顶峰。同样地，震级分别为 7.8 和 7.3 的随后两次地震，CD 值都捕获到了异常，其值大大的超越了均值并上扬，地震结束后 CD 值下落，与地震的发生时间比较吻合。

在地域研究上，可以利用 CD 值进一步研究 OLR 异常信号与地域之间的关系。首先对 2015 年 25 个网格的 CD 值分别统计震前 30 天与震后 15 天的每 5 天为单元的均值，最后得到如图 4 所示的均值柱状图，每个柱体对应 CD 均值，红色竖线是 2014 年 5 月 12 日地震发生时间。通过分析发现，在震中（网格 13）的西部临近区域的 11、12、16 和 17 网格都呈现了明显的异常，而且均在震前一个月左右有较大 CD 值数据变化，在震中网格 13 更是呈现变化极值的态势。

将网格和相应的地理位置对照，图 4 网格的中间横线位于地中海-喜马拉雅地震带上，这一地震带是欧亚板块与非洲板块、印度洋板块的交界区。图 4 中沿着地震带的中间横轴呈现明显的信号变化趋势，明显在下半部分的信号特征明显，与处于印度板块的挤压情形相

符合。与其他行网格的 CD 均值走势相比较，地震带上的 CD 均值到达或超过 200 的柱状体数量最多，尤其是网格 11、12、13 的 CD 均值大多在 200 上下，呈现出异常变化比较大的态势，网格 12 和 13 异常特征尤为明显，也符合了其所在的震中和地震带上的地域特点^[13]。

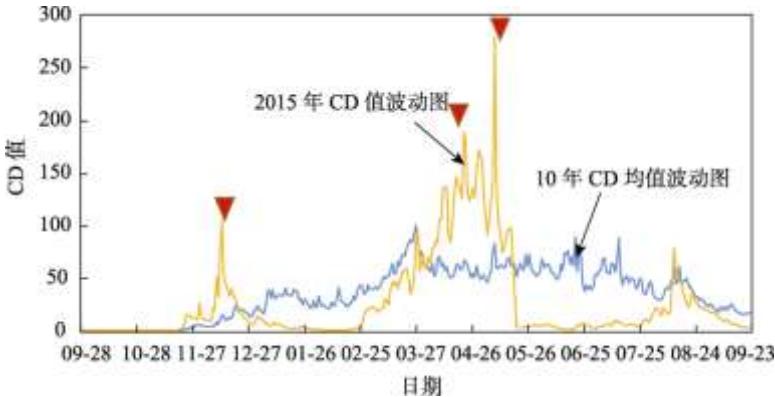


图 3 CD 值 10 年的均值波动曲线与 2015 年 CD 值波动曲线的对比图（2014.9.28–2015.9.28）

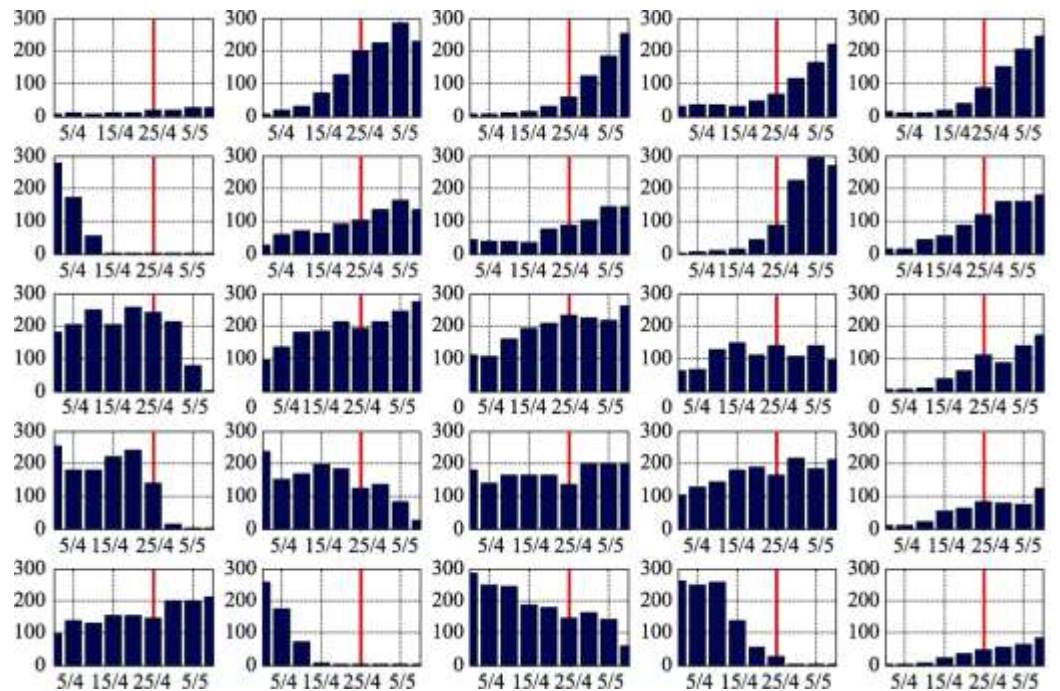


图 4 地域相关性震前异常的 CD 值分析

5 讨论和总结

本数据集罗列了尼泊尔地区经纬度从（28.23°N，84.73°E）到（28.23°N，84.73°E）的矩形区域内 2009–2018 年的 OLR 源数据和经过 ADRM 算法异常信号挖掘后的数据序列，地域划分为 25 个网格，形成[366，25，10]的三维矩阵序列数据集。尼泊尔位于地中海-喜马拉雅地震带，是欧亚板块与非洲板块、印度洋板块的交界区，其地震活动释放的能量占

全球地震释放总能量的 24%, 以尼泊尔为震例从事地震与信号之间的关系研究是具有重要的探索价值的。

本数据集旨在为 OLR 数据与大地震发生关联研究提供数据依据。用数据挖掘的方法提取出信号中的有用成分, 为后续相关的地震预测研究和其他地震相关信号的分析与异常提取, 提供进一步的研究思路和数据基础库。

作者分工: 林岭对数据集的开发做了总体设计并撰写了数据论文; 江晓英采集和处理了 OLR 数据; 孔祥增设计了模型和算法; 李南对数据进行验证。

参考文献

- [1] 刘德富, 康春丽. 地球长波辐射(OLR)遥感与重大自然灾害预测[J]. 地学前缘, 2003, 10(2): 427–435.
- [2] Kong, X. Z., Bi, Y. X., Glass, D. Detecting seismic anomalies in outgoing long-wave radiation data [J]. *IEEE Journal of Selected Topics in Applied Earth Observations and Remote Sensing*, 2014, 8(2): 649–660.
- [3] 郭晓, 张元生, 魏从信等. 汶川 8.0 级和仲巴 6.8 级地震中波红外热辐射异常[J]. 地球学报, 2014, 35(3): 338–344.
- [4] Lin, L., Kong, X., Li, N. A martingale-based temporal analysis of pre-earthquake anomalies at Jiuzhaigou, China, in the period of 2009–2018 [C]. In *E3S Web of Conferences*, EDP Sciences, 2019, 131: 01072.
- [5] Saraf, A. K., Choudhury, S. Cover: NOAA-AVHRR detects thermal anomaly associated with the 26 January 2001 Bhuj earthquake, Gujarat, India [J]. *International Journal of Remote Sensing*, 2005, 26(6): 1065–1073.
- [6] Ouzounov, D., Bryant, N., Logan, T., et al. Satellite thermal IR phenomena associated with some of the major earthquakes in 1999–2003 [J]. *Physics and Chemistry of the Earth*, 2006, 31(4): 154–163.
- [7] Tramutoli, V., Cuomo, V., Filizzola, C., et al. Assessing the potential of thermal infrared satellite surveys for monitoring seismically active areas: The case of Kocaeli (İzmit) earthquake, August 17, 1999 [J]. *Remote Sensing of Environment*, 2005, 96(3): 409–426.
- [8] Selva, J., Marzocchi, W., Papale, P., et al. Operational eruption forecasting at high-risk volcanoes: the case of Campi Flegrei, Naples [J]. *Journal of Applied Volcanology*, 2012, 1(1): 5.
- [9] Xiong, P., Bi, Y. X., Shen, X. H. Study of Outgoing Long-wave radiation anomalies associated with two earthquakes in China using wavelet maxima [C]. *HAIS'09 Proceedings of the 4th International Conference on Hybrid Artificial Intelligence Systems*, 2009: 77–87.
- [10] 林岭, 孔祥增, 李南. 2009–2018 年间尼泊尔地区 OLR 异常信号数据集[DB/OL]. 全球变化数据仓储, 2019. DOI: 10.3974/geodb.2019.05.11.V1.
- [11] 全球变化科学研究数据出版系统. 全球变化科学研究数据共享政策[OL]. DOI:10.3974/dp.policy.2014.05 (2017 年更新) .
- [12] U. S. Department of Commerce. National oceanic and atmospheric administration [DB/OL]. ftp://ftp.cpc.ncep.noaa.gov/precip/noaa18_olr.
- [13] 林岭, 孔祥增, 李南等. 尼泊尔地震的 NOAA 卫星数据震前异常分析[J]. 地球信息科学学报, 2018, 20(8): 1169–1177.
- [14] Intelligence, M., Wechsler, H. A martingale framework for detecting changes in data streams by testing exchangeability [J]. *IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence*, 2010, 32(12): 2113–2127.
- [15] Kong, X., Li, N., Lin, L., et al. Relationship of stress changes and anomalies in OLR data of the Wenchuan and Lushan earthquakes [J]. *IEEE Journal of Selected Topics in Applied Earth Observations and Remote Sensing*, 2018, 11(8): 2966–2976. DOI: 10.1109/JSTARS.2018.2839089.
- [16] Kong, X., Bi, Y., Glass, D. H. Detecting seismic anomalies in outgoing long-wave radiation data [J]. *IEEE Journal of Selected Topics in Applied Earth Observations and Remote Sensing*, 2015, 8(2): 649–660. DOI: 10.1109/JSTARS.2014.2363473.
- [17] Molchan, G., Romashkova, L., Peresan, A. On some methods for assessing earthquake predictions [J]. *Geophysical Journal International*, 2017, 210(3): 1474–1480.
- [18] Li, N., Kong, X., Lin, L. Anomalies in continuous GPS data as precursors of 15 large earthquakes in Western North America during 2007–2016 [J]. *Earth Science Informatics*, 2019, 12: 1–12.
- [19] USGS [Z]. <https://earthquake.usgs.gov/earthquakes/>.