

doi: 10.6046/gtzyyg.2018.01.15

引用格式: 彭秋志, 秦国玲, 吕乐婷, 等. 基于 MODIS 数据的东江流域云干扰时空特征分析[J]. 国土资源遥感, 2018, 30(1): 109-115. (Peng Q Z, Qin G L, Lyu L T, et al. Spatio-temporal patterns of cloud interference in Dongjiang River basin from MODIS data[J]. Remote Sensing for Land and Resources, 2018, 30(1): 109-115.)

基于 MODIS 数据的东江流域云干扰时空特征分析

彭秋志¹, 秦国玲¹, 吕乐婷², 吴亚玲¹

(1. 昆明理工大学国土资源工程学院, 昆明 650093; 2. 辽宁师范大学城市与环境学院, 大连 116029)

摘要: 为在更高精度水平上分析植被指数时空变化特征, 增强去云降噪环节的针对性和科学性, 以东江流域 2001—2015 年间 MOD13Q1 产品中的云标记信息为数据源, 利用地理信息系统空间分析方法, 分别从云干扰概率及其空间分布、云干扰像元消除率及其空间分布和云干扰持续时长季节差异 3 个方面分析了东江流域云干扰时空特征。结果表明, 该流域整体云干扰概率随合成时段加长而迅速降低; 新增云干扰像元消除率随合成时段加长而先增加后减少; 空间上南部城市化区域的云干扰持续时段相对更长, 时间上夏季和春季的云干扰持续时段相对更长。该研究结果可为优选或开发更具时空适应性的植被指数时间序列数据去云降噪方法提供科学依据。

关键词: 东江流域; MODIS; 云标记; 云干扰

中图分类号: TP 751.1 **文献标志码:** A **文章编号:** 1001-070X(2018)01-0109-07

0 引言

云干扰又可称为云污染、云噪声、云遮挡和云覆盖等, 是制约遥感影像可用性的重要因素之一^[1-2]。由中空间分辨率成像光谱仪 (moderate resolution imaging spectroradiometer, MODIS) 获取并制作的 MOD13Q1 植被指数产品, 以其 250 m 空间分辨率、16 d 时间分辨率、覆盖全球长达 16 a 并仍在持续更新且可免费获取等综合优势, 在复种指数分析^[3]、作物长势监测^[4] 和植被覆盖度估算^[5] 等方面得到了广泛应用。然而, 以云干扰为主要表现形式之一的数据“噪声”问题, 明显制约了该产品的可用性。虽然该产品已经采用了 16 d 最大值合成法 (maximum-value composite procedure, MVC) 以尽量减轻云干扰的影响^[6], 但云干扰问题仍然不同程度地存在着, 特别是在多阴雨地区。以东江流域为例, 经统计, 近 15 a 来该流域无云像元归一化植被指数 (normalized difference vegetation index, NDVI) 均值约为 0.65, 而有云像元 NDVI 均值仅约为 0.36, 且 MOD13Q1 产品原始数据中的整体云干扰概率 (云干扰像元数占全部像元数的百分比) 接近 15%, 可见云干扰已经明显影响到了该区域 NDVI 的数据质

量。因此, 选择或开发适宜的方法来尽量减轻或消除云干扰影响, 同时尽量少影响到或不影响到未受云干扰的那些数据, 是十分必要的。

实际应用中, 人们常使用 2 类方法试图减轻或消除云干扰的影响: ①统称为更长时段最大值合成法, 例如月最大值合成法^[7] 和年最大值合成法^[8] 等; ②各种自动或半自动的数据平滑方法, 例如最佳指数斜率提取法 (best index slope extraction, BISE)^[9]、修正最佳指数斜率提取法 (modified BISE, M-BISE)^[10]、时间序列谐波分析法 (harmonic analysis of time series, HANTS)^[11]、非对称高斯模型法 (asymmetric Gaussian model function, A-G)^[12]、双逻辑斯蒂法 (double logistic function, D-L)^[13-14]、最小二乘滑动拟合法 (Savitzky-Golay filtering, S-G)^[15]、均值迭代滤波法 (mean-value iteration filter, MVI)^[16]、Whittaker 平滑法 (Whittaker smoother, WT)^[17] 等。然而, 第①类方法是以降低时间分辨率为代价, 且不能消除更长时期连续云干扰的影响; 第②类方法的主要功能是对随机噪声 (或小概率异常值) 进行平滑, 若不事先进行云识别和云去除, 一旦遇到连续多期云干扰情形, 则同样可能导致误判^[18-19]。总之, 以上方法虽各有侧重, 但若想成功运用, 均离不开对云干扰本身特征的研究。

收稿日期: 2016-07-11; 修订日期: 2017-01-23

基金项目: 昆明理工大学自然科学研究基金省级人培项目“土地利用坡谱分布特征与演变规律研究”(编号: 14118815)资助。

第一作者: 彭秋志 (1982-), 男, 博士, 讲师, 主要从事基于 3S 技术的土地生态学研究。Email: pqz20002@163.com。

通信作者: 秦国玲 (1992-), 女, 硕士研究生, 主要从事基于 3S 技术的空间分析方法研究。Email: 924540372@qq.com。

不同区域的云干扰情况客观存在,且具有明显差异,例如出现概率差异、持续时长差异和季节分配差异等。为确保所选数据处理方法的地区适宜性,研究人员应首先掌握目标研究区域的云干扰时空特征,以便结合不同方法的特点确定更为合适的数据处理流程及其相关参数,从而增强研究结果的可靠性。研究云干扰时空特征的前提是存在一个用于判断是否有云的标准,并依据该标准获得云的时空位置信息。虽然已存在多种云检测方法^[20-22],但从实用角度考虑,直接使用 MOD13Q1 产品中自带的云标记信息无疑更为便捷。并且,该产品从第 5 版开始,增加了像元可靠度图层,相较于该产品原先自带的质量保证图层,研究人员无需进行数据类型转换便可直接提取云标记信息,这大大降低了利用云标记信息的技术门槛。然而,以往以 MOD13Q1 产品为数据源的相关研究大多未利用或未充分利用该产品自带的云标记信息,而有关对云标记本身时空特征的研究更为少见,这在某种程度上对厘清云干扰机理和优选去云、降噪方法造成了阻碍。

基于以上考虑,以近 15 a 来东江流域 MOD13Q1 产品中的云标记信息为数据源,从云干扰概率与合成时长时空关系的角度,探究该区域云干扰时空特征,尝试分析研究云干扰概率与合成时段长度之间的关系、云干扰像元消除率与合成时段长度之间的关系、云干扰持续时长有何季节性分异特征。本文中所用方法及其分析结果,可为后续优选或开发更符合东江流域特点的植被指数时间序列重建方法提供支撑,并可为类似研究提供借鉴。

1 研究区概况及数据源

1.1 研究区概况

东江流域位于 $N22^{\circ}35' \sim 25^{\circ}12'$, $E113^{\circ}25' \sim 115^{\circ}52'$ 之间,干流自东北向西南从江西省流入广东省,于东莞市注入狮子洋,经虎门出海,流域总面积约为 $3.5 \times 10^4 \text{ km}^2$ 。该流域地处亚热带季风气候区,降水丰富,植被四季常青,相对内陆干旱地区而言,云干扰对植被指数的影响更为明显;中部和北部流域中上游地段为低山丘陵地貌,以林业和农业活动为主,而南部流域中下游地段则是我国东南沿海地区快速城市化的代表性区域之一。

1.2 数据来源及其预处理

利用 DEM 数据进行水文分析,提取东江流域边界,并转换成矢量数据,作为研究区范围(图 1)。其中,DEM 数据为 90 m 空间分辨率 SRTM3 v4.1 数据,下载自 <http://www.giscloud.cn/>。

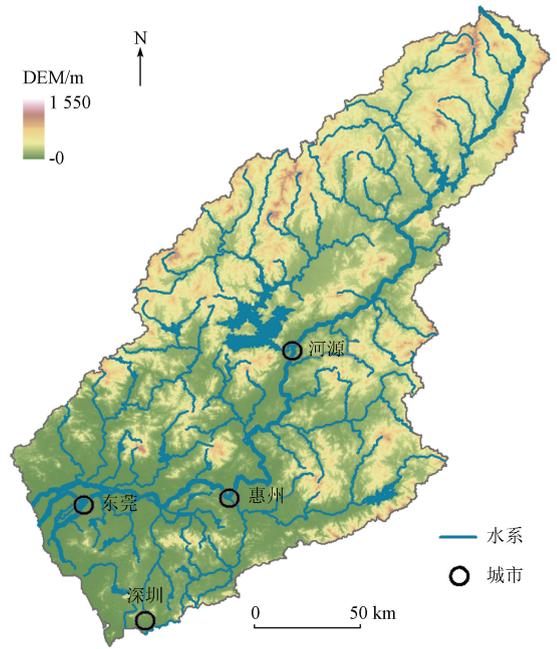


图 1 研究区域位置

Fig. 1 Location of the study area

选择 2001—2015 年间共 345 期 MOD13Q1 数据产品作为研究对象,另外加入该产品 2000 年的后 3 期和 2016 年的前 3 期数据作辅助提取相关信息。该数据下载自 <http://reverb.echo.nasa.gov/reverb/>,数据集版本号为 005,分片标识为 h28v06,原始数据投影格式是 Sinusoidal 投影,空间分辨率为 250 m,时间分辨率为 16 d。每期数据被封装为一个 HDF 格式文件,内含 12 层数据子集,层号从“0”起编,最后一层即第 11 层便为像元可靠度图层,云标记信息在该图层中的像元值为“3”。

数据预处理步骤为:①提取像元可靠度图层;②生成“0”“1”值云标记图层,其中“1”表示有云,即像元可靠度图层中的“3”,“0”表示无云,即像元可靠度图层中的其他值;③裁剪出研究区,最终形成共 351 幅云标记图层,其中 345 幅为研究对象,6 幅为辅助数据。

2 研究方法

2.1 云干扰概率

设给定的连续时间序列内共 n 期影像,合成时段长度(即滑动窗口宽度)为 m 期,并且 $1 \leq m \leq n$ 。从第 1 期开始,顺时间序列滑动 $(n - m + 1)$ 次,进行逐期逐像元判断:如果某像元连续 m 期有云,则认定该像元在此合成时段内为连续有云像元。如果某像元被判定为连续有云像元,则意味着在相应合成时段内利用 MVC 法不能消除该像元的云干扰。连续有云次数与滑动次数之比即为该像元在相应合

成时段内的云干扰概率。

求取任意合成时段内云干扰概率的具体实现步骤: ①滑动平均,从第 1 期开始,依次求取第 1 期至第 m 期平均值,获得第 1 幅新图层,求取第 2 期至第 $(m+1)$ 期平均值,获得第 2 幅新图层,直到求取第 $(n-m+1)$ 期至第 n 期平均值,获得第 $(n-m+1)$ 幅新图层,由此共获得 $(n-m+1)$ 幅滑动平均值图层,其中,只有值为“1”的像元才属于连续 m 期均受到云干扰的像元,其余取值均表示对应像元至少有 1 期不受云干扰; ②“0”“1”值转换,对上一步运算所获新图层进行赋值运算,仅保持平均值为“1”的像元值不变,其余像元均赋值为“0”,由此得到 $(n-m+1)$ 幅“0”“1”值图层; ③求取云干扰概率,对上一步运算所获全部新图层进行求取平均值运算,由此得到 1 幅合成时段长度为 m 期的云干扰概率图层,该图层内每个像元的取值即为该像元的云干扰概率,而该图层内所有像元的平均值则为研究区的整体云干扰概率。

2.2 云干扰像元消除率

将云干扰像元消除率定义为特定合成时段内可消除云干扰的像元数占研究区像元总数的百分比。设给定连续时间序列内某像元位置上出现的连续最长云干扰时段长度为 m 期,则消除该像元云干扰所需的最短合成时长为 $(m+1)$ 期。这是因为,当合成时段长度超过某像元的最长连续云干扰时段长度时,便能获取该合成时段内至少 1 期未受云干扰的数据,此时该像元的云干扰可被消除。求取云干扰像元消除率实质上与求取不同合成时段内云干扰概率是同一过程,区别仅在于观察角度不同,故此不再赘述其具体实现步骤。

2.3 剩余云干扰概率

为表达云干扰概率的季节性分异特征,针对多年平均情况,设计了一种算法,用于求取 1 a 内每一期影像在不同合成时段内仍然存在云干扰的概率,即剩余云干扰概率。在不同合成时段内,该概率越大,表示该期影像在此合成时段内连续有云的概率越大。以合成时段为 3 期时判断是否仍存在云干扰为例,介绍该算法的原理。设给定的连续时间序列内共有 n 期影像,按时间序列进行逐期逐像元判断。如果某期某像元有云,则需要针对该像元依次判断以下 3 种情形是否发生: ①此前 2 期均有云; ②此前 1 期和此后 1 期均有云; ③此后 2 期均有云,如果其中至少有一种情形发生,则认定该像元在此合成时段内仍然存在云干扰。将每年同一期在不同合成时段内仍然存在云干扰的概率取平均,即得到此概率的多年平均状态。经过试验和综合权衡,本研

究中该算法所取合成时段长度范围为 1~4 期。虽然理论上可以继续加长合成时段长度,但 1~4 期的变化已经足以体现其变化规律。

以上数据预处理及相关空间分析均在 ArcGIS10.2 环境中完成,其中大部分操作利用 Python 语言编写批处理脚本,并调用 ArcToolbox 中的相关工具加以实现。

3 结果与分析

3.1 云干扰概率及其空间分布

2001—2015 年间东江流域整体云干扰概率随合成时段加长的变化情况如图 2 所示。

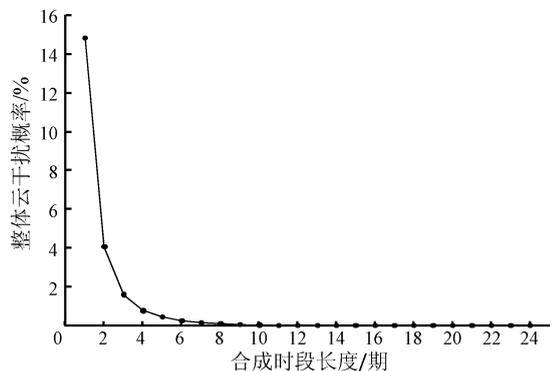


图 2 不同合成时段内整体云干扰概率

Fig. 2 Whole probability of cloud interference under different compositing period

从图 2 可以看出,随合成时段加长,该流域整体云干扰概率迅速降低并趋于 0。具体地说,当合成时段长度为 1 期(相当于未对该产品数据进行加工)时,该流域整体云干扰概率高达 14.833%。若将合成时段加长为 2 期(相当于 32 d 最大值合成),该流域整体云干扰概率将迅速降至 4.055%,降幅高达 10% 以上。依照统计学中经常用以判定小概率事件的“5%”标准(如无说明,后文中均以此标准探讨数据可用性),在使用东江流域 MOD13Q1 产品中的植被指数数据时,应至少先进行 2 期合成,方能从整体上使该数据达到可用性要求。依此外推,若要使该流域整体云干扰概率降至 1% 以下,需要至少 4 期合成;降至 0.1% 以下需要至少 8 期合成;而完全降至 0 则需要至少 24 期合成。

虽然只需 2 期合成便可使东江流域整体云干扰概率由约 15% 降至 5% 以下,但若云干扰概率在空间上存在明显差别,则意味着一些地区或许无需合成便能达到数据可用性要求,而另一些地区却可能需要更长时段合成才能达到相同要求。为进一步探求云干扰概率随合成时段长度加长而表现出的空间分异规律,从像元级别绘制了不同合成时段长度下

的云干扰概率分布,并选择其中几个有代表性的合 成时段进行展示(图 3)。

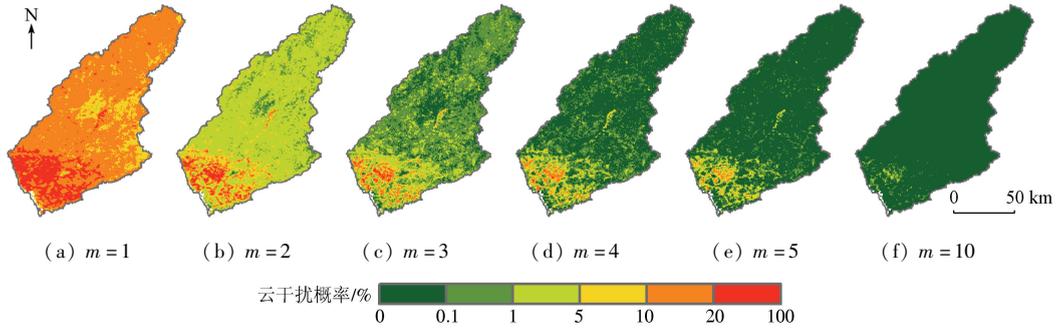


图 3 不同合成时段内云干扰概率空间分布

Fig. 3 Spatial distribution of cloud interference probability under different compositing period

从图 3 可以看出,随着合成时段的加长,不同区域的云干扰概率均在下降;另一方面,南部城市化区域的云干扰概率明显高于其他区域,该特征在合成时段长度较短时表现得尤为突出。具体地,当合成时段为 1 期时,大多数区域均无法满足数据可用性要求。若将合成时段加长为 2 期,则除南部城市化区域以外的绝大部分区域均满足了数据可用性要求。若欲使大部分南部城市化区域也达到数据可用性要求,则需要 5 期甚至更长的合成时段。

3.2 云干扰像元消除率及其空间分布

2001—2015 年间东江流域新增云干扰像元消除率随合成时段加长的变化情况如图 4 所示。

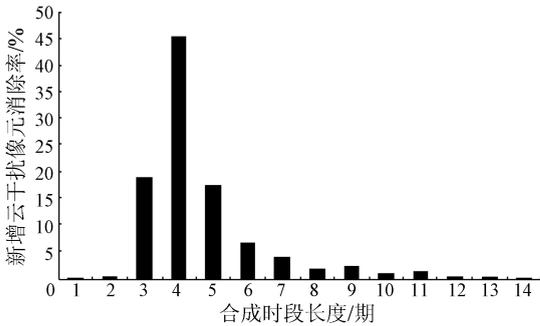


图 4 不同合成时段内新增云干扰像元消除率

Fig. 4 New added elimination rate of cloud interference under different compositing period

从图 4 可以看出,随着合成时段的加长,新增云干扰像元消除率先迅速上升,而后迅速下降。具体地,当合成时段长度为 1 期时,没有受到云干扰的像元不足总像元数的 0.1%,当合成时段加长到 2 期,新增云干扰像元消除率也仅为 0.27%。这说明当合成时段长度小于等于 2 期时,从消除东江流域云干扰的角度看,其效果基本无法被察觉到。当合成时段继续加长到 3 期,新增云干扰像元消除率猛增至 18.953%,当合成时段继续加长到 4 期时,新增云干扰像元消除率达到峰值 45.315%。当合成时段继续加长,新增云干扰像元消除率迅速降低,7 期

合成时段时不足 5%,12 期合成时段时不足 1%,14 期合成时段时已不足 0.1%。

每一像元都有其对应的消除该像元云干扰所需的最短合成时段长度。2001—2015 年间东江流域消除云干扰所需最短合成时段长度的空间分布情况如图 5 所示。

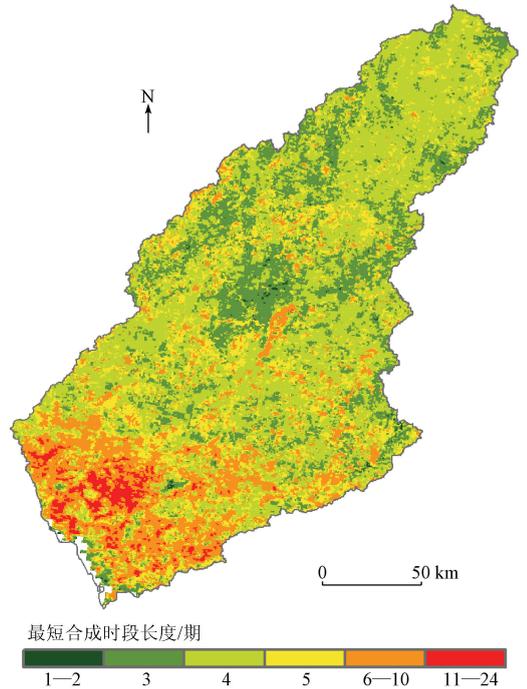


图 5 消除云干扰所需最短合成时段长度的空间分布

Fig. 5 Spatial distribution of shortest compositing period length to eliminate the cloud interference

从图 5 可明显看出,消除南部平原城市化区域的云干扰需要相对更长的合成时段。在流域北部和中部区域,只需 4 期合成便可得到较为理想的云干扰消除效果;而如果要使大部分南部城市化区域的云干扰得到消除,却需要 12 期甚至更长的合成时段。

3.3 云干扰持续时长季节差异

多年平均状态下,该流域每一期影像处于连续 m 期(m 分别取 1,2,3 和 4)云干扰时段内的概率如

图 6 所示,即合成时段长度为 m 期时仍存在云干扰的概率。

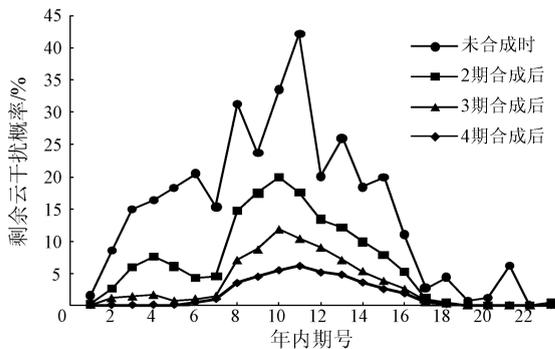


图 6 不同合成时段内剩余云干扰概率的年内分配

Fig. 6 Annual distribution of the rest cloud interference probability under different compositing period

从图 6 可以看出,一方面,随着 m 取值逐渐增大,年内各期影像仍存在云干扰的概率均在降低;另一方面,年中仍存在云干扰的概率明显高于年末和年初。具体地说,当合成时段长度为 1 期(即未合成)时,除年内第 1, 17—20, 22 和 23 期外,年内各期仍存在云干扰的概率均大于 5%,整体呈现夏季最高、春季次之、秋冬季最低的分布特征,且在年内时间序列内表现出频率高低的突然转折。当合成时段长度为 2 期时,在年内第 3—5 期(大致相当于 2 月上旬—3 月上旬,即初春季节)和 8—16 期(大致相当于 4 月上旬—8 月下旬,即春季后期和整个夏季)仍存在云干扰的概率大于 5%,呈现双峰型分布特征,且后者整体明显高于前者,同时年内时间序列折线已变得较为平滑。当合成时段长度为 3 期甚至 4 期时,初春季节仍存在的云干扰概率已降至很低,仅剩下夏季仍存在相对较高的云干扰概率。虽然本文仅给出了 $m \leq 4$ 时的情形,但不难推知,随着 m 取值继续增大,年内各期仍存在云干扰的概率将继续下降,并逐渐趋于 0。

4 结论与讨论

本文分别从云干扰概率及其空间分布、云干扰像元消除率及其空间分布和云干扰持续时长季节差异这 3 个方面,分析了东江流域云干扰时空特征,得出以下结论:整体云干扰概率随合成时段加长而迅速降低;新增云干扰像元消除率随合成时段加长而先增后减;在该流域南部城市化区域需要相对更长的合成时段方能有效消除云干扰;相比秋冬季,夏季和春季需要相对更长的合成时段方能有效消除云干扰。

间序列重建过程中注意以下问题:①从降低云干扰概率的角度,整体上建议至少进行 2 期合成;②从消除云干扰的角度,整体上建议至少进行 4 期合成;③若将南部城市化区域与其他区域分开处理,将会更加合理和高效;④如有需要,可考虑将不同季节分开处理;⑤可考虑开发基于云标记信息特征的参数动态可调的自适应植被指数时间序列重建方法。

从上述研究结论中可以发现,东江流域内部的云干扰存在十分明显的时空分异特征。若不加区别,简单套用现有的各类植被指数时间序列重建方法,很可能导致在去云、降噪过程中引入更多未知干扰因素,甚至可能诱导研究人员得出不可靠的研究结论。类似的问题在其他区域同样可能出现。一些时间序列数据平滑方法简单将云干扰视为小概率异常值的假设是欠妥的,因为至少在东江流域的某些区域和某些时段,云干扰已经居于主导地位,并非小概率异常现象。既然云干扰是如此常见,并且也可以被识别,那么在决定选择何种数据平滑方法之前,不妨先将研究区域云干扰本身的时空特征弄清楚,方能在后续分析过程中做到更有把握。既然要用到云标记信息,那么该信息的准确与否将变得很重要。在本研究过程中发现,MOD13Q1 植被指数产品中个别期的云标记信息空间分布格局显然与实际不符(如出现大范围方块状云标记),这也是值得进一步深究的问题。另外,本研究所得结论仅适用于此次所研究的数据版本及区域,其他数据版本及其他区域是否适用,还有待后续研究。鉴于东江流域面积相对较小,此次研究所发现的云干扰时空特征是否具有更大范围的推广性,未来拟考虑在类似区域以及更大范围开展此项研究,以期总结出更具普遍性的结论。

参考文献 (References):

- [1] 赵敏,张荣,尹东,等.一种新的可见光遥感图像云判别算法[J].遥感技术与应用,2012,27(1):106-110.
Zhao M, Zhang R, Yin D, et al. Cloud classification algorithm for optical remote sensing image[J]. Remote Sensing Technology and Application, 2012, 27(1): 106-110.
- [2] 陈阳,范建容,文学虎,等.基于时空数据融合模型的 TM 影像云去除方法研究[J].遥感技术与应用,2015,30(2):312-320.
Chen Y, Fan J R, Wen X H, et al. Research on cloud removal from Landsat TM image based on spatial and temporal data fusion model [J]. Remote Sensing Technology and Application, 2015, 30(2): 312-320.
- [3] 徐昔保,杨桂山.太湖流域 1995—2010 年耕地复种指数时空变化遥感分析[J].农业工程学报,2013,29(3):148-155.
Xu X B, Yang G S. Spatial and temporal changes of multiple crop-

- ping index in 1995—2010 in Taihu Lake basin, China[J]. Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering, 2013, 29 (3): 148—155.
- [4] 蒙继华, 杜鑫, 张森, 等. 物候信息在大范围作物长势遥感监测中的应用[J]. 遥感技术与应用, 2014, 29(2): 278—285.
Meng J H, Du X, Zhang M, et al. Integrating crop phenophase information in large-area crop condition evaluation with remote sensing[J]. Remote Sensing Technology and Application, 2014, 29 (2): 278—285.
- [5] 张喜旺, 吴炳方. 基于中高分辨率遥感的植被覆盖度时相变换方法[J]. 生态学报, 2015, 35(4): 1155—1164.
Zhang X W, Wu B F. A temporal transformation method of fractional vegetation cover derived from high and moderate resolution remote sensing data[J]. Acta Ecologica Sinica, 2015, 35(4): 1155—1164.
- [6] Holben B N. Characteristics of maximum-value composite images from temporal AVHRR data[J]. International Journal of Remote Sensing, 1986, 7(11): 1417—1434.
- [7] 武正丽, 贾文雄, 刘亚荣, 等. 近 10a 来祁连山植被覆盖变化研究[J]. 干旱区研究, 2014, 31(1): 80—87.
Wu Z L, Jia W X, Liu Y R, et al. Change of vegetation coverage in the Qilian Mountains in recent 10 years[J]. Arid Zone Research, 2014, 31(1): 80—87.
- [8] 宋富强, 邢开雄, 刘阳, 等. 基于 MODIS/NDVI 的陕北地区植被动态监测与评价[J]. 生态学报, 2011, 31(2): 354—363.
Song F Q, Xing K X, Liu Y, et al. Monitoring and assessment of vegetation variation in northern Shaanxi based on MODIS/NDVI[J]. Acta Ecologica Sinica, 2011, 31(2): 354—363.
- [9] Viovy N, Arino O, Belward A S. The best index slope extraction (BISE): A method for reducing noise in NDVI time-series[J]. International Journal of Remote Sensing, 1992, 13(8): 1585—1590.
- [10] Lovell J L, Graetz R D. Filtering pathfinder AVHRR land NDVI data for Australia[J]. International Journal of Remote Sensing, 2001, 22(13): 2649—2654.
- [11] Roerink G J, Menenti M, Verhoef W. Reconstructing cloudfree NDVI composites using Fourier analysis of time series[J]. International Journal of Remote Sensing, 2000, 21(9): 1911—1917.
- [12] Jonsson P, Eklundh L. Seasonality extraction by function fitting to time-series of satellite sensor data[J]. IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing, 2002, 40(8): 1824—1832.
- [13] Beck P S A, Atzberger C, Högda K A, et al. Improved monitoring of vegetation dynamics at very high latitudes: A new method using MODIS NDVI[J]. Remote Sensing of Environment, 2006, 100 (3): 321—334.
- [14] Zhang X Y, Friedl M A, Schaaf C B, et al. Monitoring vegetation phenology using MODIS[J]. Remote Sensing of Environment, 2003, 84(3): 471—475.
- [15] Chen J, Jönsson P, Tamura M, et al. A Simple method for reconstructing a high-quality NDVI time-series data set based on the Savitzky-Golay filter[J]. Remote Sensing of Environment, 2004, 91(3/4): 332—344.
- [16] Ma M G, Veroustraete F. Reconstructing pathfinder AVHRR land NDVI time-series data for the northwest of China[J]. Advances in Space Research, 2006, 37(4): 835—840.
- [17] Atzberger C, Eilers P H C. Evaluating the effectiveness of smoothing algorithms in the absence of ground reference measurements[J]. International Journal of Remote Sensing, 2011, 32(13): 3689—3709.
- [18] 王坚, 张继贤, 刘正军, 等. 基于 NDVI 序列影像精化结果的植被覆盖变化研究[J]. 测绘科学, 2005, 30(6): 43—44.
Wang J, Zhang J X, Liu Z J, et al. Vegetation cover changes based on refined NDVI image sequences[J]. Science of Surveying and Mapping, 2005, 30(6): 43—44.
- [19] 边金虎, 李爱农, 宋孟强, 等. MODIS 植被指数时间序列 Savitzky-Golay 滤波算法重构[J]. 遥感学报, 2010, 14(4): 725—741.
Bian J H, Li A N, Song M Q, et al. Reconstruction of NDVI time-series datasets of MODIS based on Savitzky-Golay filter[J]. Journal of Remote Sensing, 2010, 14(4): 725—741.
- [20] 宋小宁, 赵英时. MODIS 图象的云检测及分析[J]. 中国图象图形学报, 2003, 8(9): 1079—1083.
Song X N, Zhao Y S. Cloud detection and analysis of MODIS image[J]. Journal of Image and Graphics, 2003, 8(9): 1079—1083.
- [21] 李微, 方圣辉, 佘袁勇, 等. 基于光谱分析的 MODIS 云检测算法研究[J]. 武汉大学学报(信息科学版), 2005, 30(5): 435—438, 443.
Li W, Fang S H, Dian Y Y, et al. Cloud detection in MODIS data based on spectrum analysis[J]. Geomatics and Information Science of Wuhan University, 2005, 30(5): 435—438, 443.
- [22] 单娜, 郑天垚, 王贞松. 快速高准确度云检测算法及其应用[J]. 遥感学报, 2009, 13(6): 1138—1155.
Shan N, Zheng T Y, Wang Z S. High-speed and high-accuracy algorithm for cloud detection and its application[J]. Journal of Remote Sensing, 2009, 13(6): 1138—1155.

Spatio-temporal patterns of cloud interference in Dongjiang River basin from MODIS data

PENG Qiuzhi¹, QIN Guoling¹, LYU Leting², WU Yaling¹

(1. Faculty of Land Resource Engineering, Kunming University of Science and Technology, Kunming 650093, China;

2. College of Urban and Environmental Science, Liaoning Normal University, Dalian 116029, China)

Abstract: In this paper, the authors aim to clarify the spatio-temporal patterns of cloud interference in Dongjiang

River basin and then provide scientific basis for vegetation index studies at the level of higher precision in this area. Cloud flag information of MOD13Q1 product data sets within the range of Dongjiang River basin from 2001 to 2015 were analyzed using the GIS approach. Three aspects were analyzed, i. e. , the probability of cloud interference and its spatial distribution, the elimination rate of cloud interference and its spatial distribution and the seasonal differences of cloud interference duration period length. The results show that the whole probability of cloud interference was reduced rapidly with the increase of compounding period length, the new added elimination rate of cloud interference firstly increased and then decreased with the increase of compounding period length. The duration period length of cloud interference was relatively longer in southern urbanized region, and in summer and spring. The results of this study can provide scientific basis for choosing or developing better methods of removing clouds for vegetation index time - series data.

Keywords: Dongjiang River basin; MODIS; cloud flag; cloud interference

(责任编辑: 陈 理)