

# 莆田市 1998—2018 年植被覆盖变化分析

郑 禹

(莆田市环境监测站,福建 莆田 351100)

**摘要:**为了探明莆田市植被覆盖变化的空间分布特征,基于最大值合成法生成的植被覆盖指数 (SPOT/VEGETATION NDVI) 数据集,结合土地利用遥感监测数据,采用一元线性回归分析、Theil-Sen median 趋势分析和 Mann-Kendall 显著性检验耦合的方法,系统地分析了莆田市 1998—2018 年 21 a 来植被覆盖的时空变化情况。结果表明:(1)莆田市植被覆盖及其变化趋势存在明显的城乡二元结构空间分布特征,植被覆盖指数值高且显著改善的区域主要分布在西北山区,而植被指数值低且显著退化的区域主要分布在东南城区;(2)植被覆盖指数提高的区域占研究区总面积的 72.6%,而植被覆盖指数值降低的区域占研究区总面积的 27.4%,各种变化类型占研究区总面积的比例由大到小依次为显著改善 (64.9%)>显著退化 (18.7%)>轻微退化 (9.2%)>轻微改善 (7.2%);(3)90% 以上的林地植被覆盖状况得到了显著的改善,其显著改善的面积占研究区总面积的 43.6%;耕地和建设用地是植被覆盖显著退化的主要景观类型,2 者合计显著退化的面积占研究区总面积的 16.6%。

**关键词:**植被覆盖;归一化植被指数;时空分布特征;莆田市

**中图分类号:**F301.24;S157.1

**文献标志码:**A

**doi:**10.3969/j.issn.1001-7380.2022.04.002

## Analysis on the change trend of vegetation cover in Putian City from 1998 to 2018

Zheng Yu

(Putian Environmental Monitoring Station, Putian 351100, China)

**Abstract:**To find out the spatio-temporal characteristics of vegetation cover in Putian City, with the vegetation cover index dataset (1998—2018) generated from the SPOT/VEGETATION NDVI based on the method of the maximum value synthesis, and the remote sensing monitoring data of the land use and land cover, we employed the coupling method of the univariate linear regression, Theil-Sen median trend analysis and Mann-Kendall test to analyze the spatio-temporal distribution of the vegetation cover. The results showed that: (1) there were obvious spatial distribution characteristics of urban-rural dual structure in vegetaion coverage and its change trend in Putian City. The areas with high vegetation coverage index values and significant improvements were mainly distributed in the northwest mountainous area, while areas with low vegetation index values and significant degradation were mainly distributed in the southeast urban areas; (2) the areas with improved vegetation coverage index accounted for 72.6% of the study area, while the area with decreased vegetation coverage index value accounted for 27.4%. The proportion of various types of change ranked, from large to small, as significantly improved (64.9%), significantly degraded (18.7%), slightly degraded (9.2%), and slightly improved (7.2%); (3) more than 90% of the forestland cover was improved, its significantly improved area accounted for 43.6% of the total study area. The cultivated land and the construction land were the main landscape types with significantly degraded vegetation cover, which accounted for 16.6% of the total study area.

**Key words:**Vegetation cover;Normalized difference vegetation index (NDVI);Spatio-temporal characteristic;Putian City

植被是地表最关键的生态系统之一,是连接大气圈、水圈和土壤圈碳、氮、水和大气等循环的组

带<sup>[1]</sup>,在缓解全球气候变化、生物多样性维持等方面发挥了重要作用<sup>[2]</sup>。植被覆盖的时空变化不仅

收稿日期:2022-05-29;修回日期:2022-06-28

作者简介:郑 禹 (1989-),男,福建莆田人,工程师,大学本科毕业。主要研究方向为环境监测。Tel:15080356090。

可以指示区域生态环境状况的变化,而且也是自然和人为因素对生态系统干扰格局的体现<sup>[3]</sup>。随着遥感和地理信息系统的发展,归一化植被指数(Normalized Difference Vegetation Index, NDVI)已被广泛应用于大时空尺度的植被覆盖变化的评价研究中。如杜加强等<sup>[4]</sup>应用NDVI对新疆1982—2012年期间的植被覆盖动态变化进行了研究,发现新疆植被生长变化趋势存在2个阶段且存在明显的空间分异特征;贺振等<sup>[1]</sup>采用NDVI对黄河流域32 a间的植被覆盖时空变化进行了探讨,识别出该流域植被覆盖退化的区域,为植被覆盖的恢复提供了科学依据。这些研究均表明NDVI数据集能够有效地、客观地刻画不同区域植被的生长状况及其时空过程,对植被覆盖变化的监测和生态环境质量的监测具有十分重要的意义。

然而,当前大多研究均采用几个时期的NDVI数据集进行对比分析,从而探讨某一区域的植被覆盖变化特征。结果受所选时期的NDVI数据质量影响较大,如果某个时期正好受干旱、雪灾或台风等自然灾害的影响,那么得到的结论可能无法正常客观反映所研究区域真正的植被覆盖变化趋势。鉴于此,本文采用1998—2018年长时间序列NDVI数据集,运用一元线性回归分析、Theil-Sen median趋势分析和Mann-Kendall显著性检验耦合的方法客观地分析了莆田市21 a植被覆盖的变化趋势及空间分异特征。研究结果对该区域植被覆盖修复和保护策略的制订具有重要的参考意义。

## 1 研究地概况

莆田市(北纬24°59′—25°46′,东经118°27′—119°56′)是位于福建省中部的地级市,现辖4区(荔城区、城厢区、涵江区、秀屿区)1县(仙游县),陆域面积4 200 km<sup>2</sup>,海域面积1.1万 km<sup>2</sup>。根据第7次人口普查结果显示,2020年常住人口为321万多人。境内地势西北高,多为中低山,东南低,多为平原。莆田市属典型的亚热带海洋性季风气候。植被类型有天然林、人工林、经济林、果树林、草地和海岸植被等。

## 2 研究方法

### 2.1 数据来源

莆田市1998—2018年年度植被覆盖指数(NDVI)空间分布数据集(空间分辨率:1 km)来源于资源环境科学数据注册与出版系统<sup>[5]</sup>。该数据

集是基于连续时间序列的SPOT/VEGETATION NDVI卫星遥感数据,采用最大值合成法生成的。

莆田市土地利用类型遥感监测空间分布数据(空间分辨率:30 m)也是来源于资源环境科学数据注册与出版系统<sup>[6]</sup>。该数据集是基于Landsat系列影像,通过人工目视解译生成。土地利用类型包括耕地、林地、草地、水域、建设用地和未利用土地6个一级类型。

### 2.2 一元线性回归趋势分析

采用一元线性回归分析法分析1998—2018年植被覆盖变化趋势<sup>[7]</sup>,建立变量 $NDVI_i$ 与时间变量 $t_i$ 的线性回归关系,回归系数 $\theta$ 表示变量 $NDVI_i$ 的变化趋势。

$$\theta = \frac{21 \times \sum_{i=1}^{21} t_i \times NDVI_i - \sum_{i=1}^{21} t_i \sum_{i=1}^{21} NDVI_i}{21 \times \sum_{i=1}^{21} t_i^2 - \left( \sum_{i=1}^{21} t_i \right)^2}$$

式中, $NDVI_i$ 为时间 $t_i$ 上的植被覆盖指数值; $t_i$ 为年序数1,2,3...21。当 $\theta > 0$ 时,表明变量 $NDVI_i$ 随着时间变化呈增长的趋势;当 $\theta < 0$ 时,表明变量 $NDVI_i$ 随着时间变化呈下降的趋势;当 $\theta = 0$ 时, $NDVI_i$ 随着时间未发生变化。

### 2.3 Theil-Sen median趋势分析和Mann-Kendall检验

为了减少噪声的干扰,进一步采用一种稳健的非参数统计法——Theil-Sen median趋势分析法对研究区植被覆盖的变化趋势显著性进行检验<sup>[8]</sup>。但Theil-Sen median趋势分析法本身不能实现植被覆盖变化趋势的显著性判断,因此需要结合下列Mann-Kendall方法进行综合判断<sup>[9]</sup>。Theil-Sen median趋势分析法的计算式如下:

$$\beta = \text{Median} \left( \frac{NDVI_j - NDVI_i}{j - i} \right), 1 \leq i < j \leq 21$$

式中, $\beta$ 指21(21-1)/2个数据组合的斜率 $\theta$ 的中位数。当 $\beta > 0$ 时,表明植被覆盖时间序列增强趋势;反之,则为退化趋势<sup>[10]</sup>。

Mann-Kendall统计检验对样本要求较低,样本无需服从正态分布,也不受异常值干扰<sup>[10]</sup>,计算式如下:

$$Z = \begin{cases} \frac{S-1}{\sqrt{Var}}, & S > 0 \\ 0, & S = 0 \\ \frac{S+1}{\sqrt{Var}}, & S < 0 \end{cases}$$

其中,

$$S = \sum_{i=1}^{20} \sum_{j=i+1}^{21} \text{sgn}(NDVI_j - NDVI_i)$$

$$Var(S) = \frac{21(21 - 1)(2 \times 21 + 5)}{18}$$
$$\text{sgn}(NDVI_j - NDVI_i) = \begin{cases} 1, & NDVI_j - NDVI_i > 0 \\ 0, & NDVI_j - NDVI_i = 0 \\ -1, & NDVI_j - NDVI_i < 0 \end{cases}$$

式中,以置信水平  $\alpha = 0.05$  时统计量  $|Z| = 1.96$  为临界阈值,判断覆盖变化趋势是否显著。当  $|Z| > 1.96$  时,表示变化显著;当  $|Z| \leq 1.96$  时,表示变化不显著。以此将植被覆盖变化趋势细分为 5 种类型。即,当  $\theta > 0$ ,且  $|Z| > 1.96$ ,表示植被覆盖显著改善;当  $\theta < 0$ ,且  $|Z| > 1.96$ ,表示植被覆盖显著退化;当  $\theta > 0$ ,且  $|Z| \leq 1.96$ ,表示植被覆盖轻微改善;当  $\theta < 0$ ,且  $|Z| \leq 1.96$ ,表示植被覆盖轻微退化;其他情况表示植被覆盖变化不明显。

3 结果与分析

3.1 植被覆盖空间分布特征

对莆田市 21 a 期间的年最大植被覆盖指数(NDVI)取平均值,并采用自然断点法将 NDVI 值划分为 5 个等级,制作研究区植被覆盖空间分布图(见图 1)。总体上,植被覆盖指数值呈现由西北向东南逐渐降低的趋势,莆田市西北地势较高,主要为山区林地,植被覆盖指数值较高,最大值高达 0.979;而东南部为平原,主要为建设用地和耕地,植被覆盖指数值较低。由植被覆盖指数值的等级比例分布看,NDVI 值大于 0.791 的区域面积占比最高,比例为 45.7%;NDVI 值在 0.702—0.790 之间的区域面积占比次之,比例为 25.2%,2 者合计占研究区总面积的比例高达 70.9%,表明莆田市的植被覆盖状况良好。

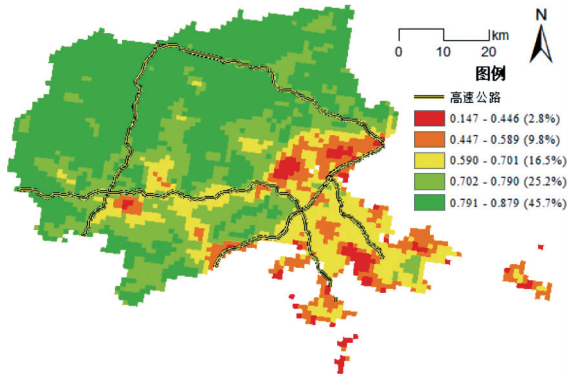


图 1 莆田市 1998—2018 年平均植被覆盖空间分布

3.2 植被覆盖时间变化趋势

研究采用一元线性回归趋势分析法,得到莆田

市 21 a 植被覆盖指数值线性变化趋势图(见图 2),其中像元值为正表示植被覆盖指数值随时间推移呈现增加的趋势;反之,像元值为负表示植被覆盖指数值随时间推移呈现降低的趋势。

由图 2 可知,莆田市 1998—2018 年植被覆盖指数值变化斜率  $\theta$  范围在  $-0.0216 \sim 0.0155$  之间,平均值为 0.002,植被覆盖指数 NDVI 值总体上保持相对稳定增长的趋势。植被覆盖指数值提高( $\theta > 0$ )的区域占研究区总面积的 72.6%,而植被覆盖指数值降低  $\theta < 0$  的区域占研究区总面积的 27.4%。

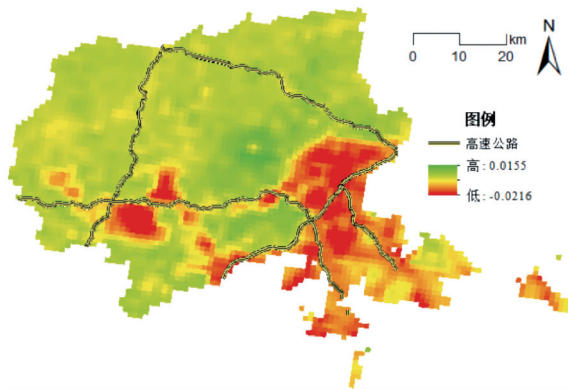


图 2 莆田市 2000—2018 年植被覆盖变化趋势

进一步采用 Theil-Sen median 趋势分析和 Mann-Kendall 显著性检验耦合的方法对研究区植被覆盖指数值的变化趋势进行显著性检验(见图 3)。由图 3 可知,大部分研究区在 1998—2018 年期间植被覆盖指数值呈现改善的趋势,各种变化类型所占的比例从大到小依次是:显著改善(64.9%)>显著退化(18.7%)>轻微退化(9.2%)>轻微改善(7.2%)。与植被覆盖指数的空间分布特征类似,植被覆盖指数的变化趋势也具有明显的城乡二元结构空间分布特征,植被显著改善的区域主要分布在西北山区林地,而植被显著退化的区域主要分布在东南城区。显著退化区域(主要为城市区域)和部分高速公路路域 2 侧的植被带状覆盖的轻微改善特征尤其值得注意。这主要是由于这些区域受城市化和交通基础设施建设的影响,植被覆盖指数值相对较低,随着植被保护政策的实施,这些受人为干扰相对较大的区域的植被覆盖也逐渐得到恢复。

利用 ArcGIS 的面积制表工具计算不同土地利用类型中各植被覆盖变化类型的占比(见图 4)。由图 4 可知,植被覆盖变化在不同土地利用类型之间具有明显的差异:①90%以上林地植被覆盖状况得到了显著



的改善,其显著改善面积占研究区总面积的 43.6%,占全部显著改善面积的 70%左右;②近80%草地植被覆盖状况也得到了显著的改善,其显著改善的面积占研究区总面积的 10.3%,占全部显著改善面积的 16%左右;③耕地和建设用地是植被覆盖显著退化的主要景观类型,2者显著退化面积合计占研究区总面积的 16.6%,占全部显著退化面积的 90%左右;④同时,耕地具有明显的两极分化的特征,一方面具有 40.2%耕地植被覆盖显著退化,另一方面也有 34.1%耕地植被覆盖得到显著改善。这主要是由于大部分耕地分布在城市周边的平原区域,受人为干扰较大,一方面受开发建设和工农业生产的影响导致植被覆盖退化,另一方面由于农户进城务工,耕地荒芜或退耕植树促进植被生长。

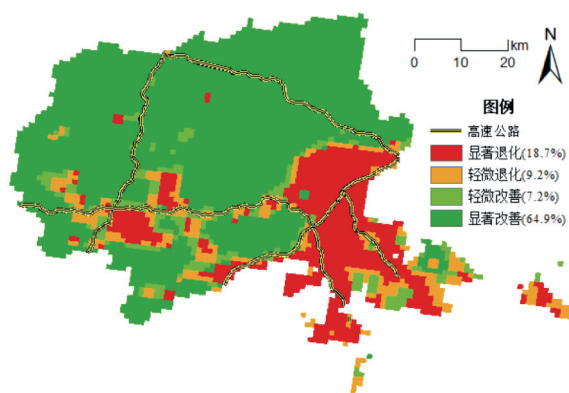


图3 莆田市 1998—2018 年植被覆盖变化趋势显著性检验

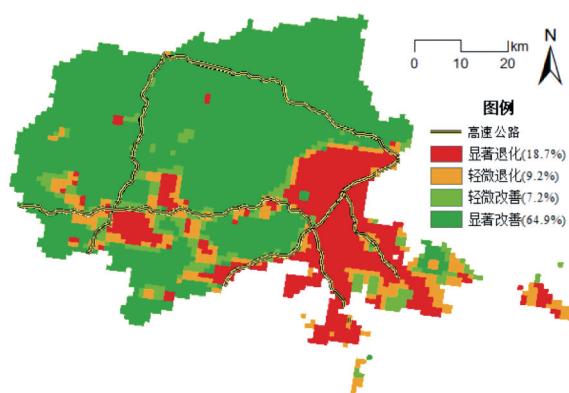


图4 莆田市 1998—2018 年不同土地利用类型的植被覆盖变化类型占比

## 4 结论

基于 SPOT/VEGETATION NDVI 最大值合成法生成的 1998—2018 年植被覆盖指数数据集,结合土地利用遥感监测数据,采用一元线性回归分析、Theil-Sen median 趋势分析和 Mann-Kendall 显著性

检验耦合的方法,系统地分析了莆田市植被覆盖指数 21 a 的变化趋势特征及其在不同土地利用类型的分布情况。结果表明:(1)莆田市植被覆盖及其变化趋势存在明显的城乡二元结构空间分布特征,植被覆盖指数值高且显著改善的区域主要分布在西北山区林地,而植被指数值低且显著退化的区域主要分布在东南城区;(2)1998—2018 年植被覆盖指数提高的区域占研究区总面积 72.6%,而植被覆盖指数值降低的区域占研究区总面积 27.4%。各种变化类型所占比例从大到小依次是:显著改善(64.9%)>显著退化(18.7%)>轻微退化(9.2%)>轻微改善(7.2%);(3)90%以上的林地植被覆盖状况得到了显著改善,其显著改善区域面积占研究区总面积的 43.6%,占全部显著改善区域面积约 70%;耕地和建设用地是植被覆盖显著退化的主要景观类型,2者显著退化区域总面积占研究区总面积的 16.6%,占全部显著退化区域面积的 90%左右。

## 参考文献:

- [1] 贺振,贺俊平.近 32 年黄河流域植被覆盖时空演化遥感监测[J].农业机械学报,2017,48(2):179-185.
- [2] 林玉英,胡喜生,邱荣祖,等.基于 Landsat 影像的 NDVI 对植被与影响因子交互耦合的响应[J].农业机械学报,2018,49(10):212-219.
- [3] 罗文玮,赖日文,陈思雨,等.基于 NDVI 的福建省植被变化特征分析[J].森林与环境学报,2016,36(2):141-147.
- [4] 杜加强,贾尔恒·阿哈提,赵晨曦,等.1982-2012 年新疆植被 NDVI 的动态变化及其对气候变化和人类活动的响应[J].应用生态学报,2015,26(12):3567-3578.
- [5] 徐新良.中国年度植被指数(NDVI)空间分布数据集[EB/OL].北京:中国科学院地理科学与资源研究所.2018.资源环境科学数据注册与出版系统(<http://www.resdc.cn/DOI>),2018. DOI:10.12078/2018060601.
- [6] 徐新良,刘纪远,张树文,等.中国多时期土地利用土地覆被遥感监测数据集(CNLUCC)[EB/OL].北京:中国科学院地理科学与资源研究所.2018.资源环境科学数据中心数据注册与出版系统(<http://www.resdc.cn/DOI>),DOI:10.12078/2018070201.
- [7] 韩秀珍,李三妹,罗敬宁,等.近 20 年中国植被时空变化研究[J].干旱区研究,2008,25(6):753-759.
- [8] 方利,王文杰,蒋卫国,等.2000—2014 年黑龙江流域(中国)植被覆盖时空变化及其对气候变化的响应[J].地理科学,2017,37(11):1745-1754.
- [9] 王佃来,刘文萍,黄心渊.基于 Sen+Mann-Kendall 的北京植被变化趋势分析[J].计算机工程与应用,2013,49(5):13-17.
- [10] 邓兴耀,姚俊强,刘志辉.基于 GIMMS NDVI 的中亚干旱区植被覆盖时空变化[J].干旱区研究,2017,34(1):10-19.