

# 1975–2014年福建省植被覆盖变化及其驱动因素

李超 赵淑清 方精云\*

北京大学城市与环境学院, 北京大学地表过程分析与模拟教育部重点实验室, 北京 100871

**摘要** 福建省土壤易被侵蚀, 水土流失严重, 近年各类生态工程使其植被覆盖发生了较大变化。该文利用1975–2014年7期Landsat MSS/TM/OLI数据和监督分类方法研究了福建省1975–2014年的植被覆盖变化, 并基于人工林、耕地和城镇面积的统计数据分析这些变化的可能驱动因素。结果表明: 1975–2014年, 福建省植被覆盖经历了增加—减少—增加的过程, 但总体上呈增加趋势, 由1975年的69.0%增加到2014年的77.8%, 其中1995–2005年植被覆盖略有减少。森林主要分布在西北部, 其间少量农田和居民地沿河/海分布, 灌丛、草丛及裸地呈斑块化分布; 西南裸地面积减少, 沿河/海城镇化发展迅速, 灌丛和草丛面积以及农田面积略有减少, 森林面积增加。人工林面积增加和裸地面积减少导致植被覆盖面积增加, 快速城镇化导致植被覆盖面积减少。

**关键词** 土地覆被; Landsat TM/MSS/OLI; 长期变化; 驱动因素; 植被生态

**引用格式:** 李超, 赵淑清, 方精云 (2017). 1975–2014年福建省植被覆盖变化及其驱动因素. 植物生态学报, 41, 157–164. doi: 10.17521/cjpe.2016.0223

## Vegetation cover change and driving factors in Fujian Province between 1975 and 2014

LI Chao, ZHAO Shu-Qing, and FANG Jing-Yun\*

College of Urban and Environmental Sciences, and Key Laboratory for Earth Surface Processes of the Ministry of Education, Peking University, Beijing 100871, China

### Abstract

**Aims** Fujian Province has been one of the most severe soil erosion regions since Ming and Qing Dynasty in China. Recently, several ecological restoration projects have been implemented and they have significantly changed vegetation cover in this region.

**Methods** We analyzed the four-decade vegetation cover change in Fujian Province using seven time-series data of Landsat Multispectral Scanner (MSS), Thematic Mapper (TM), and Operational Land Imager (OLI) between 1975 and 2014. We further explored the possible drivers on vegetation cover change by incorporating statistical data of plantation, cropland and urbanized area.

**Important findings** Vegetation coverage in Fujian Province has increased from 69.0% to 77.8% between 1975 and 2014. However, a slight decrease was observed between 1995 and 2005. Spatially, forest was the primary vegetation type in the northwest, where croplands and human settlements were scattered along rivers or oceans. Shrubs and bare lands were also scattered across the northwest. In southwest, the areas of bare land, shrub land and cropland decreased, while areas of forest and human settlements expanded. The vegetation coverage and urbanized area increased at the cost of cropland and bare land.

**Key words** land coverage; Landsat TM/MSS/OLI; long-term vegetation dynamics; driving factors; vegetation ecology

**Citation:** Li C, Zhao SQ, Fang JY (2017). Vegetation cover change and driving factors in Fujian Province between 1975 and 2014. *Chinese Journal of Plant Ecology*, 41, 157–164. doi: 10.17521/cjpe.2016.0223

土地利用/土地覆被变化是全球变化研究的核心内容。植被是土地覆被的最主要部分, 直接影响人类生存环境(曹明奎和李克让, 2000)。植被覆盖作为主要的生态系统指标, 其大区域范围变化体现了

自然和人类活动对生态环境的影响(杨胜天等, 2002)。1975–2014年, 中国实行改革开放, 土地利用/土地覆被发生了很大变化。植树造林、退耕还林/草、水土流失治理、农业集约经营等重大生态工程

收稿日期Received: 2016-07-04 接受日期Accepted: 2016-11-28

\* 通信作者Author for correspondence (E-mail: jyfang@urban.pku.edu.cn)

使植被覆盖面积增加(张新时等, 1998; Zhang *et al.*, 2000); 而城镇化和工业化的快速发展以及森林采伐、过度放牧等人类活动导致植被退化, 使植被覆盖面积减少(刘纪远等, 2002; Houghton, 2002)。因此, 研究区域植被覆盖变化及其驱动因素能够直观地反映该区域植被生态状况及人为活动的影响, 可为区域生态建设的科学评估提供参考。

福建省地处东南沿海, 境内河流纵横, 土壤类型以红壤和黄壤为主, 易被侵蚀, 历史上曾经历过大规模的森林砍伐和农田开垦, 自明、清起就是全国水土流失最严重的地区(林汀水, 2002)。改革开放以来, 福建省政府十分重视植树造林和水土流失治理工作, 几十年来, 福建省植被恢复显著, 森林覆盖率达69%, 居全国第一。福建长汀县在20世纪80年代是水土流失最为严重的地区, 现已成为全国治理水土流失的典范县(王维明等, 2005; 林晨等, 2011; 武国胜等, 2011; 徐涵秋等, 2013; 阮锡桂等, 2014)。因此, 当地经济发展和植被覆盖的关系在福建省的发展实践过程中实现了较好的统一。研究其40年(1975–2014年)来植被覆盖变化及其驱动因素, 可为进一步开展生态文明建设提供科学依据。

植被覆盖是实现生态文明的保障, 也是衡量植树造林和水土流失的重要指标。近年来有关福建省植被覆盖的研究, 侧重于利用分析植被景观空间格局及环境响应、估计森林植被碳储量、利用植被覆盖数据评估植被潜在生产力、利用MERIS数据估计植被季节长势及利用MODIS数据研究植被群落结构和土壤侵蚀之间的关系等, 都没有强调植被覆盖类型和面积的整体变化特征, 而且时间跨度较短, 5–10年不等, 没有考虑植被覆盖变化的驱动因素(洪伟和吴承祯, 1999; 钱乐祥和陈云增, 2000; 江振蓝和沙晋明, 2007; 周小成等, 2007; 雷婉宁和温仲明, 2008; 王开德和邓璐莹, 2014)。因此, 这些研究都不能全面客观地反映40年来福建省植被覆盖的整体变化及可能的驱动因素。

现在应用遥感进行植被覆盖反演的技术已较为成熟, 并得到了广泛应用(方精云等, 2003; Piao *et al.*, 2004; 江洪等, 2006; 周睿等, 2007; Jia *et al.*, 2011; Zhang *et al.*, 2013)。本文针对研究区域中植被覆盖类型较为简单且需要多期数据对比的特点, 选用较简单且能结合先验知识和光谱特征的监督分类方法和通用的遥感土地利用及植被覆盖分类体系

(Loveland & Pierce, 1995), 对1975–2014年7期Landsat MSS/TM/OLI遥感影像进行遥感植被覆盖分类, 研究1975–2014年福建省植被覆盖变化趋势, 结合各类生态工程定量分析其可能的驱动因素。

## 1 数据和方法

### 1.1 数据

本研究主要应用了1975–2014年7期福建省的Landsat MSS/TM/OLI数据和人工林面积、耕地面积的统计数据, 以及城镇居民地面积矢量化数据等3类数据。在遥感数据选取过程中, 因为云覆盖等因素, 往往出现同一年数据不能覆盖全省的情况。因此, 7期遥感数据(1975和1985年的MSS数据和1995、2000、2005、2010年的TM数据和2014年的OLI数据)(表1), 一般选择目标年份前后2年内9–10月的数据完成一次全省覆盖。1975–2014年7期福建省人工林面积数据和耕地面积数据来源于历次全国森林资源清查公布的数据、《中国林业统计年鉴》(国家林业局, 1987, 2014)和《福建统计年鉴》(福建省统计局, 1999, 2015)。因城镇或建筑用地在遥感影像上较易识别, 采用人工矢量化方法确定福建省1975–2014年7期城镇或建筑用地面积数据。

### 1.2 方法

研究中使用的主要方法包括遥感植被覆盖分类方法和遥感数据处理方法。其中, 遥感植被覆盖分类方法是按照国际常用的遥感土地利用分类指标体系(Loveland & Pierce, 1995)并结合实际需要对数据进行简化, 具体如下: 城镇或建筑用地、农田用地、灌丛和草丛占地、森林占地、裸地、其他(水体、湿地、滩涂等)及未分类用地, 其中植被覆盖面积包括森林面积、灌丛和草丛占地面积。遥感图像处理流程见图1, 具体情况如下: 遥感数据预处理, 通过ENVI进行辐射校正、几何校正和FLAASH大气校正, 并结合30 m分辨率的SRTM3 DEM数据进行地形校正, 最后通过1:100万全国县级行政区矢量图对镶嵌图像进行分割, 形成研究区域遥感影像图, 待进一步处理。监督分类模板的建立和评价, 通过在监督分类中建立不同植被覆盖类型的分类度指标来判别分类模板是否合格来控制分类精度。再以1:100万全国植被分类图(侯学煜, 2001)和Google Earth近年高分影像(分辨率为1–2 m)为先验知识, 通过混淆矩阵对分类精度进行评价。其中, 农田与

表1 遥感数据源参数

Table 1 Parameters of data sources of remote sensing

卫星参数 Satellite parameter	卫星高度 Satellite height (km)	倾角 Orbit inclination (°)	覆盖周期 Overlapping period (d)	扫描宽度 Scanning width (km)	波段数 Band number	机载传感器 Borne sensor	空间分辨率 Spatial resolution (m)
LandSat 1	920	99.125	18	185	4	MSS	78
LandSat 2	920	99.125	18	185	4	MSS	78
LandSat 3	920	99.125	18	185	4	MSS	78
LandSat 4	705	98.22	16	185	7	MSS, TM	30, 120
LandSat 5	705	98.22	16	185	7	MSS, TM	30, 120
LandSat 8	705	98.20	16	80	11	OLI, TIRS	15, 30, 100

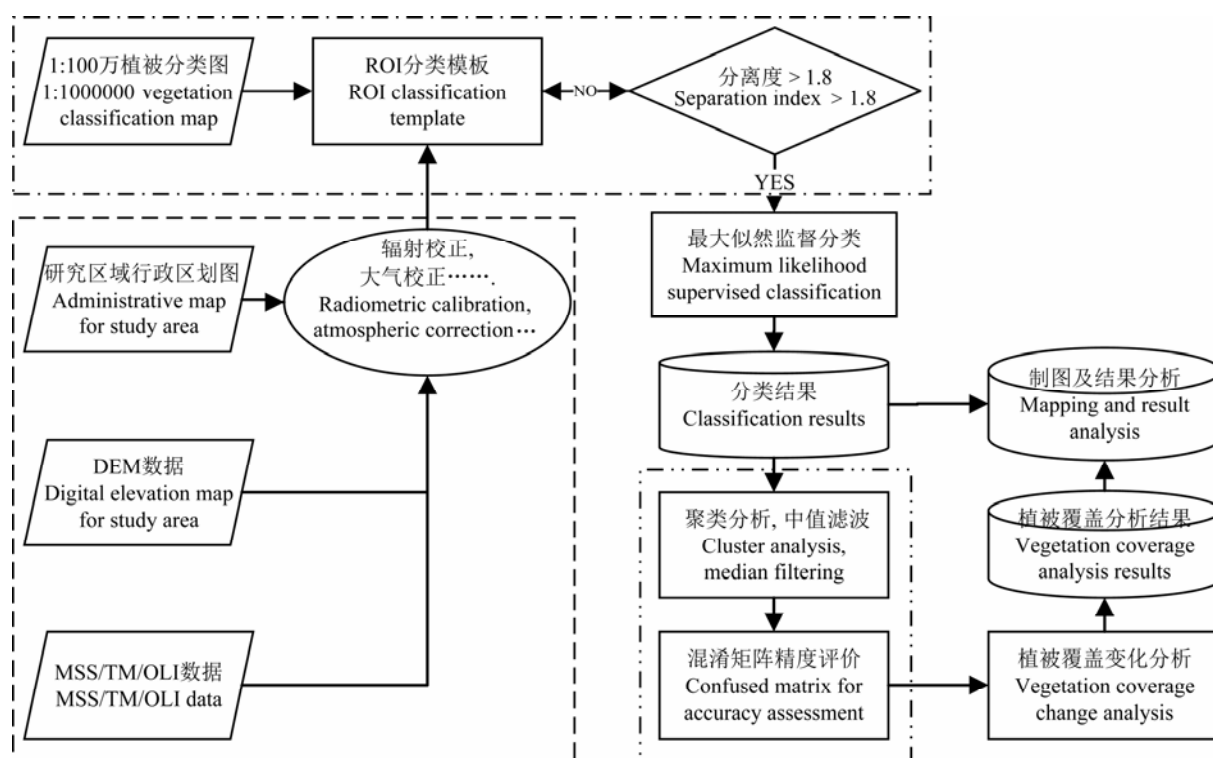


图1 遥感数据处理流程。短线框表示数据预处理；短线单点框表示监督分类模板的建立和评价；短线双点框表示分类后处理及变化检测分析。

Fig. 1 Flow chart of OLI/TM/MSS data processing. The rectangular with dash line means data preprocessing. The rectangular with dash and point line means establishment and assessment of supervised classification model. The rectangular with dash and double points line means post processing and change analysis.

茶园、果园等灌丛和经济林在中等分辨率遥感数据下区分度较差，且研究区域地处亚热带，农作物种类较多，季节性不明显，目视解译及监督分类结果不是很理想，故采用统计数据。分类后处理及变化检测分析，通过监督分类结果的后处理，如聚类分析、中值滤波等输出较为直观准确的监督分类图像，最后通过图像的变化进行检测分析，较直观地给出不同时间序列的图像中各类植被覆盖面积的变化情况。

## 2 结果和讨论

### 2.1 监督分类精度

以监督分类结果、1:100万植被分类图和近期 Google Earth上的高分影像(分辨率为1–2 m)为蓝本和分类参考，每类地物选取100个样本，通过混淆矩阵进行精度检验。结果表明，MSS影像监督分类的总体精度都大于80%，Kappa系数大于0.78；TM影像的监督分类的精度在88%–91%之间，Kappa系数在

0.85–0.87之间, 分类结果(表2)较可靠。

### 2.2 植被覆盖空间分布特征及变化

通过监督分类结果(图2)可知, 福建省自1975年以来植被覆盖面积一直较大, 北部森林分布密集, 南部灌丛、草丛和农田分布广泛; 城镇和裸地、农田主要沿河或沿海分布, 其中农田、裸地呈斑块化分布; 再者, 1985年西部和河流沿岸裸地面积增加, 1995和2000年沿海城镇面积增加, 且2005年后森林面积增加较快, 裸地面积显著减少, 但沿海城市面积持续增加。

通过对监督分类结果的变化检测可得到福建省植被覆盖面积变化图(图3)。图3展示了1975至1985年、1995年、2000年、2005年、2010年和2014年植

被覆盖面积变化特征。其中, 1975–1985年南部灌丛、草丛和农田面积增加, 北部沿海及中北部植被覆盖面积略有减少; 1975–1995年中北部森林、灌丛和草丛得到恢复, 沿海区域植被覆盖面积减少, 城镇面积增加; 1975–2000年北部沿海和中部区域植被覆盖面积都减少, 中南部沿海城镇化面积增加; 1975–2005年南部及沿海植被覆盖面积全面增加, 其他区域增加不显著, 南平、三明等中北部城镇化面积增加; 1975–2010年沿海植被恢复, 中北部城镇化面积增加; 1975–2014年南部、北部和沿海区域植被覆盖面积增加显著, 西南部裸地面积大量减少。

### 2.3 植被覆盖面积变化及其驱动因素

通过上述检测手段得到植被覆盖面积变化检

表2 混淆矩阵精度检验结果

Table 2 Accuracy assessment of the confusion matrix

年份 Year	1975	1985	1995	2000	2005	2010	2014
总体精度 Total accuracy (%)	82.0	81.3	88.2	88.0	91.2	90.8	90.5
Kappa系数 Kappa coefficient	0.784	0.786	0.848	0.846	0.874	0.869	0.867

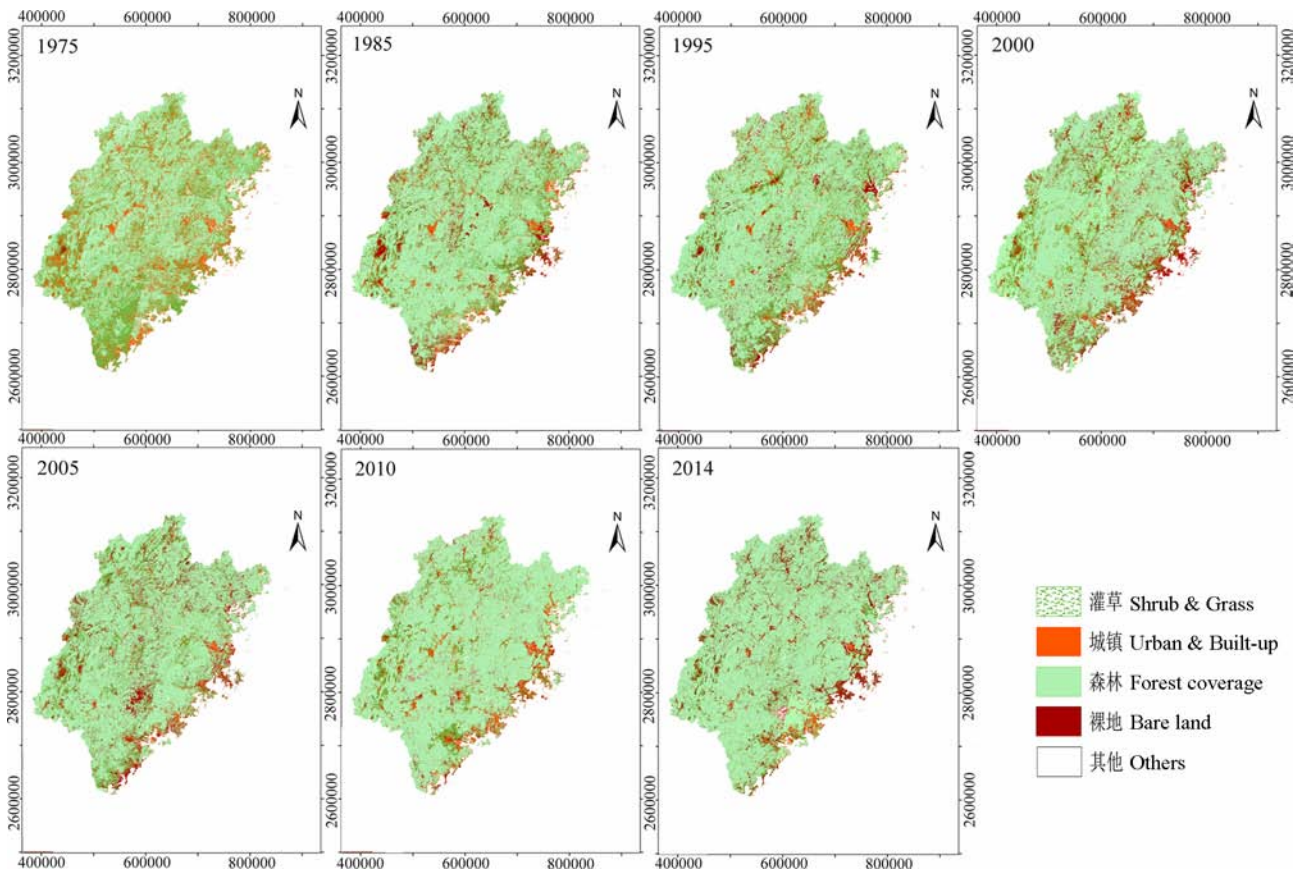


图2 1975–2014年福建省植被覆盖图。坐标系统: 北京-54。单位: m。

Fig. 2 Vegetation coverage of Fujian Province between 1975 and 2014. Project system: Beijing-54. Unit: m.

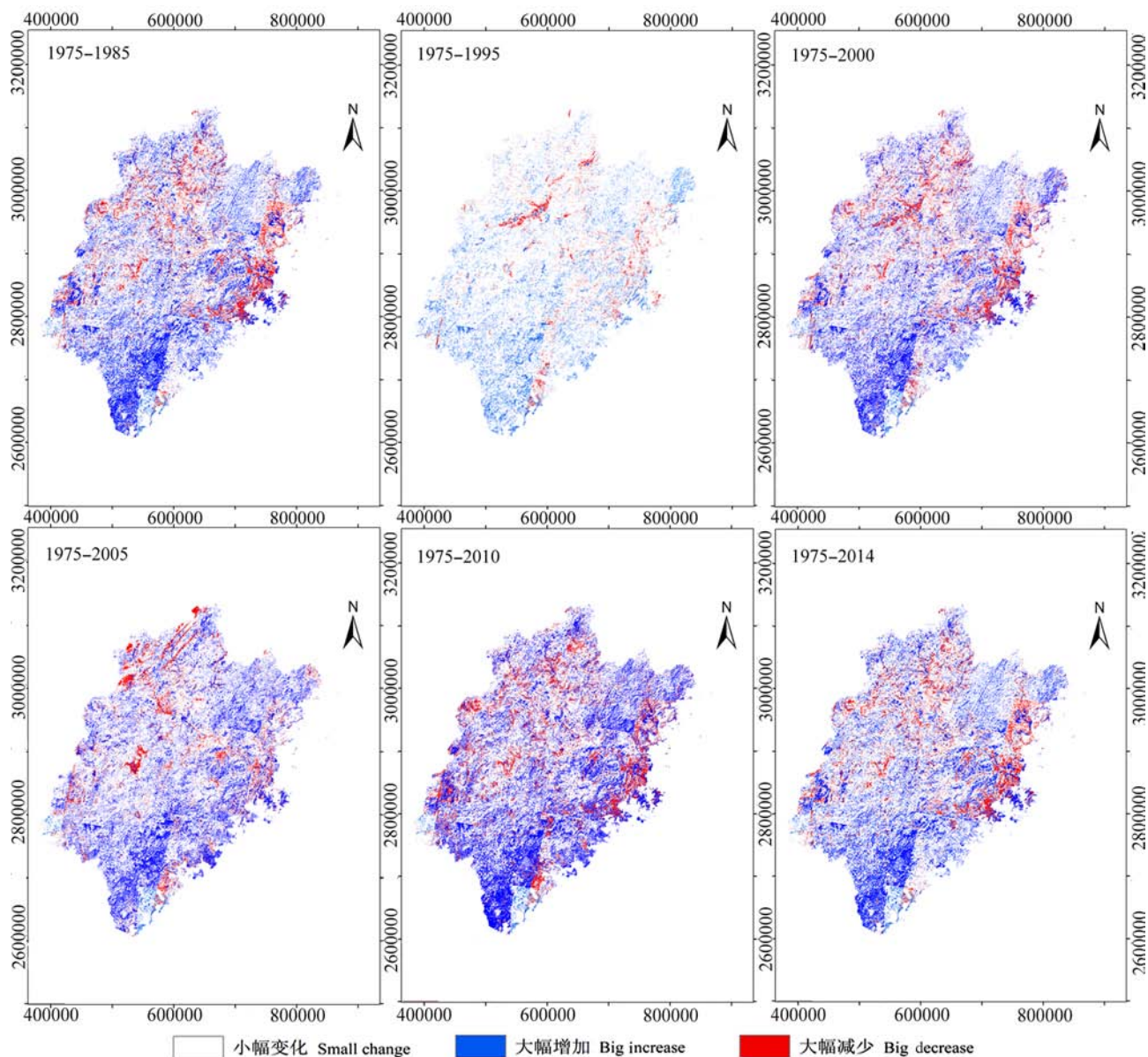


图3 1975–2014年福建省植被覆盖变化。小幅变化为像元值变化小于1%，大幅变化为像元值变化大于等于1%。坐标系统：北京-54。单位：m。

Fig. 3 Vegetation cover change of Fujian Province between 1975 and 2014. Small change means the ratio of changed numbers of pixels is less than 1%, and big change means vice versa. Project system: Beijing-54. Unit: m.

测图和分类变化结果(表3; 图4, 图5)。40年来, 福建省植被覆盖经历了增加—减少—增加的过程, 但总体上增加; 森林面积和城市面积持续增长; 农田面积、灌丛和草丛面积和裸地面积总体上减少。

通过分析监督分类结果及对各植被覆盖类型(森林、灌丛和草丛、农田、裸地和居民地)面积变化的统计分析可知, 1975–2014年间植被覆盖总面积增加 $1.065 \times 10^4 \text{ km}^2$ ; 其中森林面积增加显著, 灌丛和草丛面积显著减少, 农田略有减少; 裸地面积显著减少, 居民地面积显著增加(表3)。人工林面积

增加和裸地面积减少是植被覆盖增加的驱动因素, 贡献率分别为220%和76%; 林木采伐、城镇面积增加和灌丛和草丛面积减少是植被覆盖面积减少的驱动因素, 贡献率分别为58%、21%和62%(表3)。

分析各类植被覆盖面积变化特点并结合研究区域多年来的植树造林及水土流失治理政策, 进一步分析植被覆盖变化的驱动因素可知, 研究区域20世纪80年代末实施的“三五七”造林工程、2000年实施的各类生态工程如“四绿工程——进城、下乡、入村、上路”及2010年后的“生态省”战略, 使得福建省人工

表3 1975–2014年福建省土地利用面积变化及贡献率(面积单位:  $10^4 \text{ km}^2$ )Table 3 Area changes and factor contributions to the changes of land use/cover in Fujian Province between 1975 and 2014 (area unit:  $10^4 \text{ km}^2$ )

	森林 Forest	人工林 Plantation	城镇 Urban	农田 Cropland	灌丛和草丛 Shrub & grass	裸地 Bare land	未分类用地 Unclassified	植被覆盖 Vegetation cover	植被覆盖率 Vegetation cover rate (%)
1975	6.334	1.640	0.047	1.450	2.043	1.889	0.377	8.377	69.0
1985	7.155	1.730	0.067	1.426	1.642	1.602	0.248	8.797	72.5
1995	7.117	3.060	0.154	1.392	1.993	1.403	0.081	9.111	75.0
2000	7.332	3.200	0.178	1.383	1.739	1.456	0.052	9.071	74.7
2005	7.393	3.390	0.212	1.348	1.538	1.493	0.156	8.931	73.6
2010	7.506	3.590	0.244	1.336	1.863	1.107	0.084	9.369	77.2
2014	8.060	3.980	0.268	1.311	1.382	1.079	0.040	9.442	77.8
面积变化 Area change	1.726	2.340	0.221	-0.139	-0.661	-0.810	-0.337	1.065	
贡献率(%) Contribution rate	162.1	219.7	20.8	-13.1	-62.1	-76.1	-31.6	100	

研究区域总面积为 $12.14 \times 10^4 \text{ km}^2$ , 贡献率=各类土地利用面积变化÷植被覆盖总面积变化 $\times 100\%$ 。人工林面积和耕地面积来源于统计数据, 其他土地利用类型数据来源于卫星影像的解译。其中, 人工林面积包含在森林面积之中。

Total area of study region is  $12.14 \times 10^4 \text{ km}^2$ , contribute rate = (area change of various land use) ÷ (area change of total vegetation cover)  $\times 100\%$ . The data of plantation area and cropland area were derived from statistical data, the rest of land use areas were derived from the interpretation of satellite images. Among them, the forest area contained the plantation area.

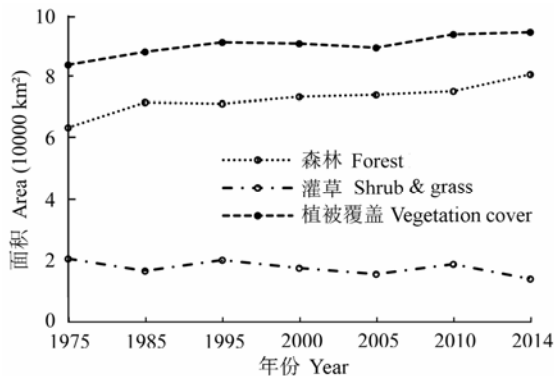


图4 森林灌丛及植被覆盖面积变化。

Fig. 4 Remotely sensed area changes of forest, shrub and vegetation cover.

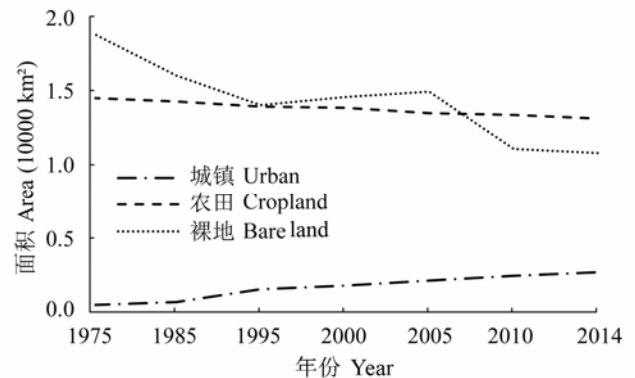


图5 农田、裸地及城镇或建筑用地面积变化。

Fig. 5 Area changes of cropland, bare land and urban or built-up land based on statistics records.

造林面积40年来持续增加, 1976–1985年增加 $0.65 \times 10^4 \text{ km}^2$ , 1986–1995年增加 $1.80 \times 10^4 \text{ km}^2$ , 1996–2000年增加 $0.14 \times 10^4 \text{ km}^2$ , 2001–2005年增加 $0.20 \times 10^4 \text{ km}^2$ , 2006–2010年增加 $0.25 \times 10^4 \text{ km}^2$ , 2011–2014年增加 $0.42 \times 10^4 \text{ km}^2$ , 共增加人工林面积 $3.46 \times 10^4 \text{ km}^2$ 。另外, 森林火灾等因素使森林面积减少, 如2001–2014年福建省森林火场面积为 $0.16 \times 10^4 \text{ km}^2$  (福建省统计局, 2015), 因此除去采伐、森林火灾等因素影响, 人工林面积从1975年的 $1.64 \times 10^4 \text{ km}^2$ 增加到2014年的 $3.98 \times 10^4 \text{ km}^2$  (表3)(国家林业局, 1987, 2014), 40年间人工林面积净增加 $2.34 \times 10^4 \text{ km}^2$ , 是植被覆盖面积净增加值 $1.07 \times 10^4 \text{ km}^2$ 的2.2倍, 因此人工造林是植被覆盖面积增加的主要驱动因素。研究区域多年来水土保持工作成果显著, 水土

流失总面积由1985年的 $2.11 \times 10^4 \text{ km}^2$ 下降到1995年的 $1.51 \times 10^4 \text{ km}^2$ 、2000年的 $1.31 \times 10^4 \text{ km}^2$ , 再降到2012年的 $1.07 \times 10^4 \text{ km}^2$ , 水土流失总面积减少49.3%, 1985–2014年间减少了 $1.04 \times 10^4 \text{ km}^2$  (陈哲锋, 2014), 是福建省1975–2014年间裸地面积减少量 $0.532 \times 10^4 \text{ km}^2$ 的近2倍, 因此水土流失治理是裸地面积减少的主要驱动因素。

综上所述, 人工林面积和森林面积同步增加, 且人工林面积增加速度大于森林面积增加速度, 而人工林面积和森林面积增加的差值部分就是森林消耗(如森林采伐、自然灾害等)。在裸地面积、灌丛和草丛面积和耕地面积减少, 城镇化面积增加的情况下, 人工林面积的增加是植被覆盖增加的一个主要因素, 使得人工林面积大幅增加和裸地面积大量减

少的植树造林和水土流失治理等政策性工程, 是裸地面积减少和植被覆盖增加的主要驱动因素。

### 3 结论

1975–2014年福建省植被覆盖经历了较为复杂的时空变化, 驱动因子在不同阶段的作用不尽相同, 本研究的主要结论如下:

(1) 1975–2014年福建省植被覆盖率一直较高且总体增加, 1975年植被覆盖率为69.0%, 到2014年植被覆盖率为77.8%, 森林主要分布在山区, 灌丛和草丛和裸地呈斑块化分布; 其中森林和城镇化面积持续增加, 裸地面积大量减少;

(2) 20世纪80年代末至今实施的各类植树造林工程、水土流失治理工程及其他生态工程是裸地面积大量减少和植被覆盖持续增加的主要驱动因素; 其中人工造林和裸地面积减少对植被覆盖面积增加贡献最大; 林木采伐、城镇面积增加和灌丛和草丛面积减少是植被覆盖面积减少的主要因素。

综上所述, 福建省40年来植被覆盖率变化超过10%, 其中植树造林及水土流失治理两项工程使得森林面积大幅增长, 裸地面积大量减少, 亦是其植被覆盖变化的主因。同时, 森林采伐、灌丛和草丛的减少和居民用地的增加是植被覆盖减少的主因。

**基金项目** 国家自然科学基金(31321061和31330012)。

### 参考文献

- Cao MK, Li KR (2000). Perspective on terrestrial ecosystem-climate interaction. *Advance in Earth Sciences*, 15, 446–452. (in Chinese with English abstract) [曹明奎, 李克让 (2000). 陆地生态系统与气候相互作用的研究进展. *地球科学进展*, 15, 446–452.]
- Chen ZF (2014). Research of geographical condition monitoring of soil erosion in Fujian Province and its application—Taking 22 key counties as examples. *Environmental Protection Science*, 40(5), 45–50. (in Chinese with English abstract) [陈哲锋 (2014). 福建省水土流失地理国情监测研究与应用——以22个重点县为例. *环境保护科学*, 40(5), 45–50.]
- Fang JY, Piao SL, He JS, Ma WH (2003). Vegetation activity increasing in China over last 20 years. *Science in China (Series C)*, 33, 554–565. (in Chinese) [方精云, 朴世龙, 贺金生, 马文红 (2003). 近20年来中国植被活动在增强. *中国科学(C辑)*, 33, 554–565.]
- Fujian Provincial Bureau of Statistics (1999). *Fujian Statistical*

*Yearbook*. China Statistics Press, Beijing. 142. (in Chinese)[福建省统计局 (1999). 福建统计年鉴. 中国统计出版社, 北京. 142.]

Fujian Provincial Bureau of Statistics (2015). *Fujian Statistical Yearbook*. China Statistics Press, Beijing. 117. (in Chinese) [福建省统计局 (2015). 福建统计年鉴. 中国统计出版社, 北京. 117.]

Hong W, Wu CZ (1999). Evaluation and analysis of forest vegetation potential productivity. *System Sciences and Comprehensive Studies in Agriculture*, 15(1), 48–53. (in Chinese with English abstract) [洪伟, 吴承祯 (1999). 福建省森林植被潜在生产力的估算及其分析. *农业系统科学与综合应用*, 15(1), 48–53.]

Hou XY (2001). *1:1000000 Vegetation Atlas of China*. Science Press, Beijing. (in Chinese) [侯学煜 (2001). 1:100万中国植被图集. 科学出版社, 北京.]

Houghton RA (2002). Temporal patterns of land-use change and carbon storage in China and tropical Asia. *Science in China (Series C)*, 45(Suppl.), 10–17.

Jia K, Wu B, Tian Y, Zeng Y, Li Q (2011). Vegetation classification method with biochemical composition estimated from remote sensing data. *International Journal of Remote Sensing*, 32, 9307–9325.

Jiang H, Wang QM, Wang XQ (2006). Dynamic monitoring of vegetation fraction by remote sensing in Changting County of Fujian Province. *Journal of Natural Resources*, 21, 126–132. (in Chinese with English abstract) [江洪, 王钦敏, 汪小钦 (2006). 福建省长汀县植被覆盖度遥感动态监测研究. *自然资源学报*, 21, 126–132.]

Jiang ZL, Sha JM (2007). Study on the RS background value of vegetation eco-environment based on MODIS in Fujian Province. *Research of Soil and Water Conservation*, 14(4), 11–15. (in Chinese with English abstract) [江振蓝, 沙晋明 (2007). 基于MODIS的福建省植被生态环境遥感本底值研究. *水土保持研究*, 14(4), 11–15.]

Lei WN, Wen ZM (2008). Research on soil erosion vegetation factor index based on community structure. *Journal of Soil and Water Conservation*, 22(5), 68–72. (in Chinese with English abstract) [雷婉宁, 温仲明 (2008). 基于植物群落结构的水土流失植被因子指数研究. *水土保持学报*, 22(5), 68–72.]

Lin C, Zhou SL, Wu SH (2011). Evolution of soil erosion degree in 30 years in granite hills, southeastern of China—A case study of Changting County, Fujian. *Scientia Geographica Sinica*, 31, 1234–1241. (in Chinese with English abstract) [林晨, 周生路, 吴绍华 (2011). 30年来东南红壤丘陵区土壤侵蚀度时空演变研究——以长汀县为例. *地理科学*, 31, 1235–1241.]

Lin TS (2002). Vegetation destruction and soil erosion in Ming and Qing dynasty. *Chinese Social and Economic*

- Research*, (3), 33–39. (in Chinese with English abstract) [林汀水 (2002). 明清福建植被的破坏与水土流失. 中国社会经济史研究, (3), 33–39.]
- Liu JY, Liu ML, Zhuang DF, Zhang ZX, Deng XZ (2002). Spatial pattern analysis of recent land cover change in China. *Science in China (Series D: Earth Science)*, 32, 1031–1042. (in Chinese) [刘纪远, 刘明亮, 庄大方, 张增祥, 邓祥征 (2002). 中国近期土地利用变化的空间格局分析. 中国科学: 地球科学, 32, 1031–1040.]
- Loveland TR, Pierce LL (1995). A remote sensing based vegetation classification logic for global land cover analysis. *Remote Sensing of Environment*, 51, 39–48.
- Piao S, Fang J, Ji W, Guo Q, Ke J, Tao S (2004). Variation in a satellite-based vegetation index in relation to climate in China. *Journal of Vegetation Science*, 15, 219–226.
- Qian LX, Chen YZ (2000). Spatial pattern of vegetation landscape and its responsibility on environment in Fujian. *Journal of Henan University (Natural Science)*, 30(4), 66–73. (in Chinese with English abstract) [钱乐祥, 陈云增 (2000). 福建植被景观空间格局及其环境响应特征. 河南大学学报: 自然科学版, 30(4), 66–73.]
- Ruan XG, Zheng H, Zhang J (2014). Clear water and green mountains are priceless—Documentary of soil erosion control in Changting County concerned by Comrade Xi Jinping. *Soil and Water Conservation in China*, (12), 1–5. (in Chinese with English abstract) [阮锡桂, 郑璜, 张杰 (2014). 绿水青山就是金山银山——习近平同志关心长汀水土流失治理纪实. 中国水土保持, (12), 1–5.]
- State Forestry Administration of the People's Republic of China (1987). *China Forestry Statistical Yearbook*. China Forestry Publishing House, Beijing. 1024. (in Chinese) [国家林业局 (1987). 中国林业统计年鉴. 中国林业出版社, 北京. 1024.]
- State Forestry Administration of the People's Republic of China (2014). *China Forestry Statistical Yearbook*. China Forestry Publishing House, Beijing. 1174. (in Chinese) [国家林业局 (2014). 中国林业统计年鉴. 中国林业出版社, 北京. 1174.]
- Wang KD, Deng LY (2014). Dynamics of forest vegetation carbon stock in Fujian Province based on national forest inventories. *Journal of Fujian College of Forestry*, 34, 145–151. (in Chinese with English abstract) [王开德, 邓璐莹 (2014). 基于森林清查资料的福建森林植被碳储量及其动态变化. 福建林学院学报, 34, 145–151.]
- Wang WM, Chen MH, Lin JL, Wu QQ, Zhong BL, Yue H (2005). Monitoring soil and water loss dynamics and its management measures in Changting County. *Bulletin of Soil and Water Conservation*, 25(4), 73–77. (in Chinese with English abstract) [王维明, 陈明华, 林敬兰, 吴清泉, 钟炳林, 岳辉 (2005). 长汀县水土流失动态变化及防治对策研究. 水土保持通报, 25(4), 73–77.]
- Wu GS, Lin HH, Zhu HJ, Sha JM, Dai WY (2011). Spatial-temporal variation of typical red soil eroded landscape pattern: A case study in Changting County of Fujian Province. *Chinese Journal of Applied Ecology*, 22, 1825–1832. (in Chinese with English abstract) [武国胜, 林惠花, 朱鹤健, 沙晋明, 戴文远 (2011). 典型红壤侵蚀景观的时空变化——以福建长汀为例. 应用生态学报, 22, 1825–1832.]
- Xu HQ, He H, Huang SL (2013). Analysis of fractional vegetation cover change and its impact on thermal environment in the Hetian basin area of County Changting, Fujian Province, China. *Acta Ecologica Sinica*, 33, 2954–2963. (in Chinese with English abstract) [徐涵秋, 何慧, 黄绍霖 (2013). 福建省长汀县河田水土流失区植被覆盖度变化及其热环境效应. 生态学报, 33, 2954–2963.]
- Yang ST, Liu CM, Sun R (2002). The vegetation cover over last 20 years in Yellow River Basin. *Acta Geographica Sinica*, 57, 679–684. (in Chinese with English abstract) [杨胜天, 刘昌明, 孙睿 (2002). 近20年来黄河流域植被覆盖变化分析. 地理学报, 57, 679–684.]
- Zhang P, Shao G, Zhao G, Le Master DC, Parker GR, Dunning JB, Li Q (2000). China's forest policy for the 21st century. *Science*, 288, 2135–2136.
- Zhang X, Liao C, Li J, Sun Q (2013). Fractional vegetation cover estimation in arid and semi-arid environments using HJ-1 satellite hyperspectral data. *International Journal of Applied Earth Observation and Geo-information*, 21, 506–512.
- Zhang XS (1998). Development and utilization of grassland resources in southern China. *Journal of Natural Resources*, 13, 1–7. (in Chinese with English abstract) [张新时 (1998). 南方草地资源开发利用对策研究. 自然资源学报, 13, 1–7.]
- Zhou R, Yang YH, Fang JY (2007). Responses of vegetation activity to precipitation variation on the Tibetan Plateau. *Acta Scientiarum Naturalium Universitatis Pekinensis*, 43, 771–775. (in Chinese with English abstract) [周睿, 杨元合, 方精云 (2007). 青藏高原植被活动对降水变化的响应. 北京大学学报(自然科学版), 43, 771–775.]
- Zhou XC, Li HG, Wang XQ (2007). An analysis about seasonal vegetation variety in Fujian Province using ENVISAT MERIS NDVI. *Journal of Remote Sensing*, 11, 617–624. (in Chinese with English abstract) [周小成, 励惠国, 汪小钦 (2007). 利用MERIS数据植被指数分析福建省植被长势季节变化. 遥感学报, 11, 617–624.]

特邀编委: 代力民 责任编辑: 王 葳





植物生态学报官网



微信订阅号  
期刊及学科  
相关信息发布



微信服务号  
稿件状态查询  
全文检索浏览