

莆田市土地利用格局的地形梯度特征变化及尺度效应

陈 颐, 林毅伟, 朱志鹏, 傅伟聪, 董建文*, 兰思仁

(福建农林大学园林学院, 福州 350002)

摘 要: 以莆田市 1995 年、2005 年和 2015 年 3 期遥感影像和高程数据(DEM)为数据源, 借助 RS 和 GIS 技术, 运用地形位指数、土地利用类型分布指数和景观格局指数, 对莆田市 1995—2015 年间土地利用格局在地形梯度上的分布特征、变化历程及空间尺度效应进行了系统分析。结果表明: (1) 林地主要分布在高地形位区域, 建设用地与水体主要分布在低地形位区域, 农用地与裸露地主要分布在低、中地形位区域。(2) 1995—2015 年间, 建设用地与农用地的主要分布区域逐步向较高的地形位区域扩张; 林地与水体的优势分布区段并未发生变化。(3) 尺度效应研究表明香农多样性指数、香农均匀度指数和蔓延度指数等在不同地形位上均不具尺度效应; 斑块密度、景观形状指数和面积加权分维指数在不同地形位上均随尺度增加而减小。

关键词: 土地利用格局; 地形梯度; 尺度效应; 莆田市

中图分类号: F301.2

文献标识码: A

文章编号: 1672-352X (2017)01-0102-06

Characteristic change and scaling effect of the land use pattern in Putian city based on the terrain gradient

CHEN Yi, LIN Yiwei, ZHU Zhipeng, FU Weicong, DONG Jianwen, LAN Siren

(College of Landscape Architecture, Fujian Agriculture and Forestry University, Fuzhou 350002)

Abstract: Based on a digital elevation model (DEM) and three remote sensing images of Putian city in 1995, 2005 and 2015, and with the help of the Remote Sensing and Geographic Information System technology, the characteristic of temporal and spatial changes of the land use pattern and scaling effect were systematically analyzed using terrain niche index, distribution index and landscape pattern index. Results showed that: (1) Forestland is mainly distributed in the high terrain sections, while construction land and water area, agricultural land and bare land are mainly distributed in the low terrain sections, and the low and middle terrain sections, respectively. (2) From 1995 to 2015, the main distribution area of construction land and agricultural land had been gradually expanded to the high terrain area, and the dominant distribution ranges of forestland and water area had not changed. (3) The landscape indexes that did not show scaling effect in any terrain sections were Shannon's diversity index, Shannon's evenness index and contagion index, while the landscape indexes that decreased with an increase of scale were patch density, landscape shape index and area-weighted mean fractal dimension index.

Key words: land use pattern; terrain gradient; scaling effect; Putian city

自 20 世纪 90 年代以来, 土地利用/覆被变化 (land use/cover change, LUCC) 即成为环境变化研究领域的核心问题^[1-3]。土地利用格局是指不同形状与大小的土地利用类型斑块在空间上的排列状况, 是自然因素和人为因素共同作用的结果, 具有显著的时空特征^[4-5]。地形中的高程与坡度等因子是自然环境中的重要因素, 高程与坡度影响着区域局部的

温度光照条件及土壤水源涵养能力, 在很大程度上决定了区域土地利用的方式与方向^[6]。近年来, 不少学者分别对国内典型区域土地利用/覆盖的地形梯度分异特征进行了研究分析^[7-10], 研究区域多集中在中国内地山区, 涉及沿海低山丘陵区土地利用格局的地形梯度特征变化的研究相对较少, 且以地形为梯度对土地利用格局的尺度效应进行研究的文

收稿日期: 2016-08-01

基金项目: 国家林业公益性行业科研专项“美丽城镇森林景观的构建技术研究与示范”(201404301) 资助。

作者简介: 陈 颐, 硕士研究生。E-mail: 498344136@qq.com

* 通信作者: 董建文, 教授, 博士生导师。E-mail: fjdjw@126.com

章更为少见^[11-13]。莆田市地处闽中沿海低山丘陵区,是福建省重要的生态涵养区。故本研究在 RS 和 GIS 技术的支持下,以莆田市为研究区域,以 30 m×30 m 的 DEM 数据及 1995 年,2005 年和 2015 年 3 期的遥感影像为数据源,研究该区域土地利用格局在地形梯度上的时空变化特征及不同地形梯度下的土地利用景观在不同空间粒度上的变化特征,以期揭示该区域土地利用景观格局在不同地形梯度下的空间分异性及其对尺度变化的响应规律,为指导该区域土地利用布局优化及生态环境保护提供科学的决策依据,为特定区域下景观生态学研究合适尺度的确定提供科学依据。

1 研究区概况与数据来源

1.1 研究区概况

莆田市位于福建省沿海中部,位于 24°59′~25°46′N, 118°07′~119°40′E。莆田市地处闽中沿海低山丘陵区,地势由西北向东南倾斜,其西北部多为中低山,海拔为 500~1 800 m,中部为低山、丘陵、平原与盆谷错综其间,地势较为平坦,平原海拔多在 60 m 以下,东南部为沿海丘陵地带,多半岛、岛屿和海湾。莆田市属典型的亚热带海洋性季风气候,冬、夏季风方向随季节交替而转换明显。

莆田市下辖荔城区、秀屿区、城厢区、涵江区、湄洲湾北岸经济开发区、湄洲岛国家旅游度假区和仙游县,因湄洲岛国家旅游度假区为莆田市离岛,且该区域土地利用情况与莆田市其他区域相差甚远,故研究区域选取除湄洲岛国家旅游度假区以外的莆田市区域。

1.2 数据来源与处理

根据土地利用现状分类标准,结合莆田市区域特点与研究目的,通过监督与非监督混合式分类法(hybrid classification)和目视解译相结合的方法对来源于国家地理空间数据云(<http://www.gscloud.cn>)经系统辐射校正、地面控制点几何校正和地形校正的莆田市 1995 年、2005 年的 Landsat TM 遥感影像和 2015 年的 Landsat OLI_TRIS 遥感影像进行解译,将研究区土地划分为林地、建设用地、农用地、水体和裸露地 5 种土地利用类型,得到莆田市 1995、2005 和 2015 年 3 期土地利用现状图(图 1),并以此作为本研究的基础材料。经监督检验得知,3 期遥感影像的解译精度分别为 94.57%、92.01%和 92.47%。莆田市地区的 DEM 数据(分辨率为 30 m×30 m)亦来源于国家地理空间数据云,并由此生成高程、坡度等数据。

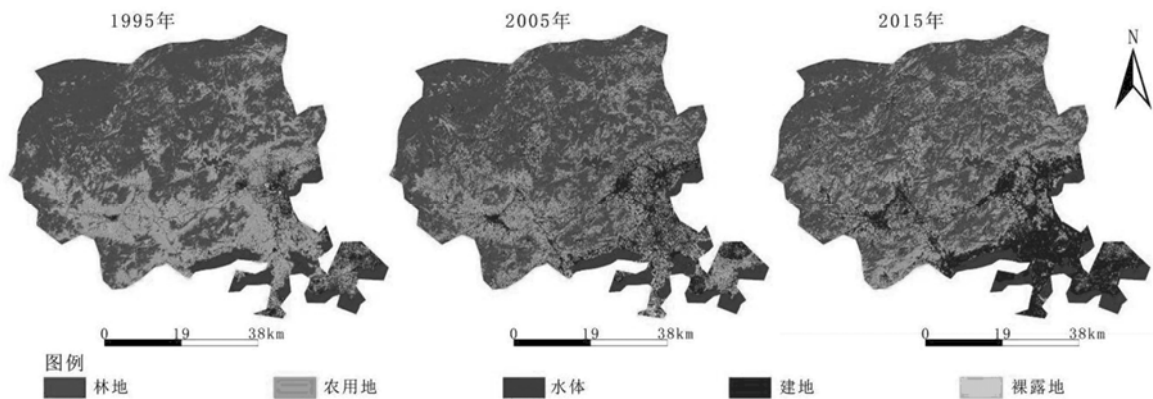


图 1 1995—2015 年莆田市土地利用解译结果

Figure 1 Results of land use categorization of Putian city from 1995 to 2015

2 研究方法

2.1 地形位指数计算

地形位指数是由高程与坡度两个地形因子进行组合而成,通过该指数能够量化某一区域的地形概况,有助于定量分析土地利用格局在地形梯度上的时空变化特征^[14]。其公式如下:

$$T = \log[(E/\bar{E} + 1) \times (S/\bar{S} + 1)] \quad (1)$$

式中 T 为地形位指数; E 和 \bar{E} 分别为空间中

任意一点位置的高程值与该点所在区域的平均高程值; S 和 \bar{S} 分别为空间中任意一点位置的坡度值与该点所在区域的平均坡度值。高程值与坡度值越高, T 值越大,反之越小。

2.2 土地利用类型分布指数计算

土地利用类型分布指数能够定量地体现出在不同地形梯度下土地利用类型的分布概况,且采用该指数能够避免不同地形梯度下土地利用面积比例不同所带来的量纲影响^[1, 15]。其公式如下:

$$P = (S_{ie}/S_i)/(S_e/S) \quad (2)$$

式中 P 为土地利用类型分布指数; S_{ie} 为第 i 种土地利用类型分布于 e 地形区间中的面积; S_i 为研究区域内第 i 种土地利用类型的总面积; S_e 为研究区内 e 地形区间的总面积; S 为研究区域总面积。当 P 值小于 1 时, 表示地形位 e 不是该土地利用类型的优势地形位, 当 P 值大于 1 时, 表示地形位 e 是该土地利用类型分布的优势地形位, P 值越大, 优势越明显。

2.3 景观格局指数的选择与计算

本研究以莆田市 2015 年土地利用型图为基础数据, 通过重采样得到不同空间粒度 (30 m×30 m, 100 m×100 m, 200 m×200 m, 400 m×400 m, 500 m×500 m) 的景观格局图, 进而利用 Fragstats 4.1 软件, 计算多个景观层级的景观指数 (landscape metrics), 然后再根据这些景观指数在不同地形梯度与不同尺度下的变化情况, 探讨莆田市土地利用景观格局在不同地形梯度下对尺度变化的响应规律。该过程中利用的景观指数有面积加权平均旋转半径指数 (GYRATE_AM)、面积加权平均分维指数 (FRAC_AM)、面积加权平均最邻近距离 (ENN_AM)、斑块密度 (PD)、分离度指数 (Division)、蔓延度指数 (Contagion)、景观形状指数 (LSI)、斑块丰富度密度 (PRD)、香农多样性指数 (SHDI) 和香农均匀度指数 (SHEI)。各景观指数计算公式及生态学意义在 Fragstats 软件中均有具体说明^[16]。

3 结果与分析

3.1 不同地形梯度上土地利用结构的分布特征

将由高程图与坡度图进行叠加计算而生成的地形位指数图 (图 2) 进行等分为 50 个级别, 分别赋值为 1~50, 其中 1~10 为低地形位区间, 11~25 为中地形位区间, 26~50 为高地形位区间。在此基础上, 对不同地形位级别区域所在地的 1995、2005 和 2015 年土地利用结构特征进行提取, 得到此 3 个年份不同土地利用类型在不同地形梯度上的分布情况 (图 3)。

由图 3 可知, 1995、2005 和 2015 年 3 个年份各土地利用类型在不同地形位上的总体分布趋势是一致的。其中林地分布指数随地形位指数的增加而增加, 农用地和建设用地分布指数随着地形位指数的增加表现为先增加后减少, 水体分布指数随着地形位指数的增加而减少, 裸露地分布指数随着地形位指数的增加表现为先增加后减少, 而后继续增加。

海较高、坡度较大的地带因地形限制开发, 故林地主要分布中、高地形位区间。建设用地主要分布在低地形位区间, 农用地主要分布在低、中地形位区间。这与人类常集居在海拔较低、坡度较小的平坦地带, 且多在居住地周边发展农耕牧业的情况相符。从图 3-B 可知, 1995—2015 年间农用地的分布区域逐步向更高的地形位区域拓张, 不难猜想这与低海拔区域的原有部分农用地被开发为建地有关, 且该猜想在实地走访调查时已得到证实。莆田市位于沿海地带, 研究区的水域多为自然河流, 多位于低地形位区间。裸露地于地形位的分布情况在 1995—2015 年间相对变化较大, 但主要分布在中、低地形位区间, 且 1995—2015 年间高地形位区间的裸露地分布指数呈大幅度增加趋势。

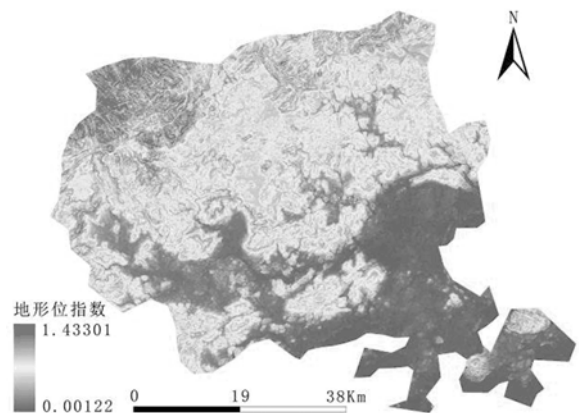


图 2 地形位指数图

Figure 2 Terrain niche index

3.2 不同土地利用结构的时间变化特征

当某种土地利用类型在某一地形位区间的分布指数大于 1 时, 则认定该地形位为该土地利用类型分布的优势地形位。根据土地利用类型分布指数的计算结果, 得到各土地利用类型在地形为梯度上的分布优势区间 (表 1)。

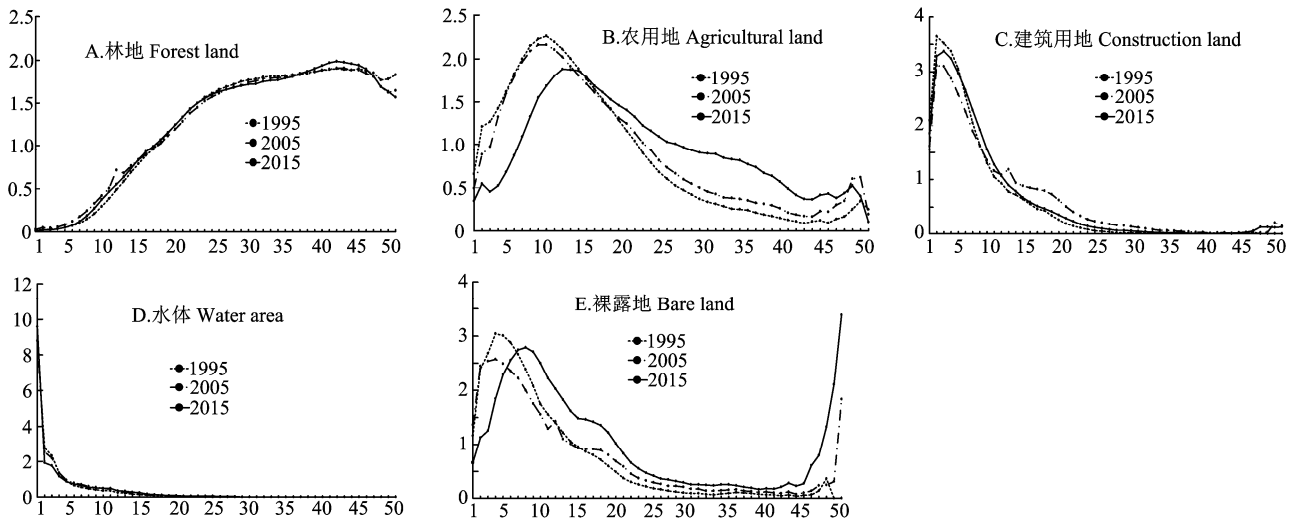
结合表 1 与图 3, 对各土地利用类型 1995—2015 年间的变化规律总结如下:

(1) 林地: 1995—2015 年间, 林地的优势分布区段并没有发生变化, 始终为 18~50。2015 年林地在 1~23, 37~46 区段的分布指数比 1995 年增加, 在 24~36, 47~50 区段比 1995 年减少。这是因为近年国内园林城市的大力推广, 使城市绿地覆盖率逐年提高, 故而在低、中地形区间内, 林地分布指数呈总体增加趋势。而在 37~46 区段林地分布指数增加, 主要是受到国家退耕还林政策的影响。

(2) 农用地: 1995—2015 年间, 农用地的优势分布区段逐步向较高的地形位转移, 具体表现为

由 1995 年的 2~21 变化至 2015 年的 7~26 区段。2015 年农用地在地形位 1~14 区段的分布指数比 1995 年减少, 在 15~50 区段比 1995 年增加。这是

因为人口的增长与原有的农用地被其他类型用地所占据致使农用地向坡度和海拔更高的地方扩张。



横坐标为地形位指数划分级别, 纵坐标为各土地利用类型分布指数

The horizontal axis represents the topographic index gradient, the vertical axis shows distribution index of different land use types

图 3 研究区内各土地利用类型在地形位指数梯度上的分布

Figure 3 Distribution of different land use types on the topographic index gradient in the study area

表 1 各土地利用类型在地形位上的优势分布段区

Table 1 The dominant terrain niche zone of land use types

年份 Year	林地 Forestland	农用地 Agricultural land	建设用地 Construction land	水体 Water area	裸露地 Bare land
1995	18~50	2~21	1~10	1~4	1~14
2005	18~50	4~22	1~12	1~4	1~14, 50
2015	18~50	7~26	1~11	1~4	2~20, 48~50

(3) 建设用地: 建设用地的优势分布地形位由 1995 年的 1~10 变化为 2015 年的 1~11, 但从图 3 可知 2015 年建设用地位于 1~5 区间内的分布指数低于 1995 年, 6~50 区间内的分布指数均高于 1995 年。这说明在 1~5 区段内, 原有较为聚集化的建设用地因城镇人民生活水平提高对绿色空间的需求而致使建设用地面积降低, 而人口增长所带来的对建设用地的需求, 致使其他地形位区间的建设用地分布指数呈现增长趋势。

(4) 水体: 1995—2015 年间, 水体的优势分布段区并没有发生变化, 始终为 1~4, 但结合表 1 和图 3 可发现 2015 年水体在 1~4 区间内的分布指数均低于 1995 年。这说明随着城市化进程的加快和人口的增加等多方面因素增加了对水资源的掠夺, 致使水体的分布指数逐年减少。

(5) 裸露地: 裸露地的优势分布区段不断增加, 从 1995 年的 1~14 增加至 2005 年的 1~14, 50, 到 2015 年增加为 2~20, 48~50。在裸露地的非优势分布区段内, 2015 年裸露地的分布指数均高

于 1995 年。在实际的走访调查时发现大部分的裸露地均位于建设用地周边, 随着城市化进程加快, 绝大多数地形位的建设用地与裸露地分布指数均呈增加趋势。

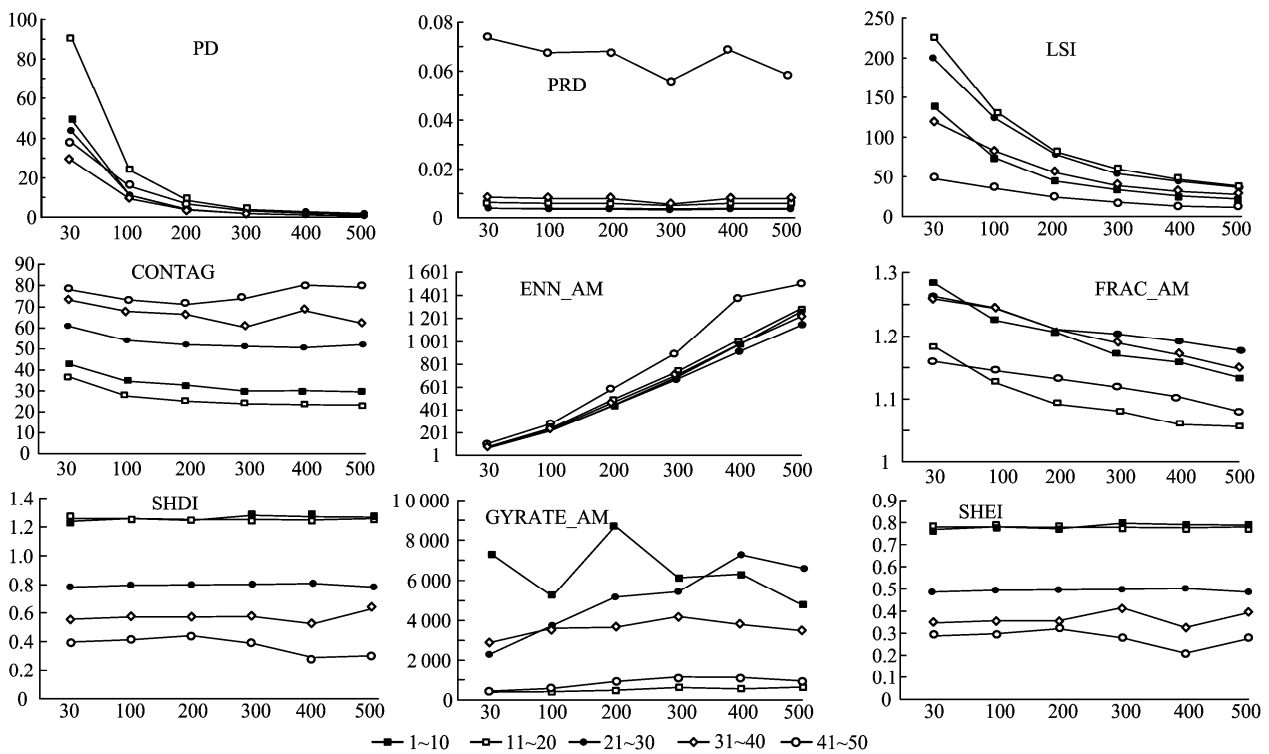
3.3 不同地形梯度上土地利用景观格局指数的尺度效应

空间尺度一般分为幅度 (extent) 和粒度 (grain size), 粒度指的是景观中可辨识的最小单元特征长度、面积或体积, 幅度指研究所涉及的空间范围^[11]。本研究在保持研究范围不变的基础上, 通过改变空间粒度使空间尺度发生变化来研究不同地形梯度上土地利用景观格局的尺度效应, 结果如图 4 所示。

从图 4 可以看出, 在 1~50 的地形位区间内, 香农多样性指数、香农均匀度指数、蔓延度指数和斑块丰富度密度均随空间尺度的变化基本上没有变化或者变化很小, 这表明此 3 种景观格局指数没有尺度效应。斑块密度和景观形状指数在不同地形位梯度上均随尺度的增加而减小, 且减小速率随着尺度的增加而降低。在不同景观尺度下, 斑块密度

和景观形状指数的下降速率均以 11~20 的地形位区域最大, 但各个地形位区域的斑块密度在 200 m 以上尺度的下降趋势不明显, 景观形状指数在 300 m 以上尺度的下降趋势不明显。这表明斑块密度和景观形状指数在不同地形位区间的尺度效应适应范围分别为 200 m 以上和 300 m 以上。面积加权平均分维指数在不同地形位梯度上均随着尺度的增加而减少, 但减小速率相对恒定, 并不随尺度变化而变化, 这表明面积加权平均分维指数在不同地形位梯度上具有相同的尺度效应, 同时该指数在 200 m 以尺度的下降速率以 11~20 的地形位区域的最大, 其次为 1~10 的地形位区域。面积加权平均旋转半径指数在 1~10 的地形位区域随尺度增加没有

规律可循, 在 11~20、31~40 和 41~50 的地形位区域内, 该指数随空间尺度的变化基本上没有变化或者变化较小, 表明该指数在这 4 个地形位区域内没有尺度效应。面积加权平均旋转半径指数在 21~30 地形位区域随尺度增加大体上呈增加趋势, 且增加速率较大。在所有的地形位区间内, 面积加权平均最邻近距离均随尺度的增加而增加, 其中在 1~40 的地形位区域内, 面积加权平均最邻近距离的增长速率较为恒定, 说明面积加权平均最近邻距离在 1~10、11~20、21~30、31~40 的地形位区域内具有相同的尺度效应, 而在 41~50 的地形位区域内, 该指数的增长速率变化相对较大, 且均比其他地形位区域大。



横坐标为空间粒度大小, 纵坐标为各景观格局指数

The horizontal axis represents space grain size, the vertical axis shows different landscape index

图 4 景观指数在不同地形位的尺度效应

Figure 4 Scaling effect of landscape index in different terrain sections

4 讨论与结论

本研究在 RS 和 GIS 技术的支持下, 运用地形位指数、土地利用类型分布指数和景观格局指数, 对莆田市 1995—2015 年间土地利用格局在地形梯度上的特征变化及尺度效应进行系统研究, 以期揭示莆田市土地利用景观格局在不同地形梯度下的空间分异性及其对尺度变化的响应规律, 为该区域土地利用景观格局的优化及特定区域下景观生态学研

究的合适尺度的确定提供科学依据。研究结果如下:

(1)莆田市土地利用类型分布特征与地形存在着紧密联系, 具体表现为林地主要分布在高地形位区域, 建设用地与水体主要分布在低地形位区域, 农用地与裸露地主要分布在低、中地形位区域。

(2) 1995—2015 年间, 随着人口的增长与城市化进程的加快, 建设用地的优势分布区段增加, 且中、高地形位的建设用地分布指数也逐年递增, 这说明建设用地正逐步由低地形位区域向中、高地

形位区域扩张。经走访调查, 建设用地周边常分布有裸露地, 故裸露地与建设用地的在不同地形位的时间变化特征大致相同, 具体表现为裸露地的优势分布区段随时间不断增加, 且非优势分布区段内的分布指数逐年递增。该时段内, 林地与水体的优势分布区段虽并未发生变化, 但林地在低、中地形位区段的分布指数逐年递增, 水体在优势分布区段的分布指数逐年递减。农用地的优势分布区段由 1995 年的 2~21 变化至 2015 年的 7~26 区段, 表明农用地的主要分布区域逐步向较高的地形位转移。

(3) 在不同地形位区域, 莆田市土地利用景观格局指数的尺度效应表现不同。根据研究结果, 香农多样性指数、香农均匀度指数、蔓延度指数和斑块丰富度密度指数在不同地形梯度上均不具尺度效应; 斑块密度和景观形状指数在不同地形梯度上随尺度的增加而不断减小, 且减小速率不断变大; 面积加权平均最邻近距离随尺度增加而增加, 增加速率以 41~50 地形位区域的最大; 面积加权平均旋转半径指数在 1~20 和 31~50 地形位区域内不具尺度效应, 在 21~30 地形位区域内随尺度增加而增加; 面积加权分维指数在不同地形梯度上具有相同的尺度效应, 均表现随尺度增加而减小, 且减小速率较为恒定。

综上可发现, 地形因子很大程度上决定了土地利用格局的结构特征, 但土地利用类型的变化则与社会经济的发展有着密切的联系, 如低地形位区域较为平坦, 是城镇建设、农业生产的优先选择区域, 中、高地形区域受人为干扰较少, 是林业发展的优先选择地; 随人口增长和城镇化进程的加快, 建设用地则表现出由低地形区向更高地形位区域扩张, 以满足人们生活生产居住的需要; 人民生活水平的提高加大人们对城镇绿地率的需求, 致使低地形区林地的分布增加。建设用地的急剧扩张、裸露地的不断增加、农用地分布往更高地形位转移、水体的减少和中地形位区域林地的减少必然会对研究区域生态环境造成一定的干扰, 影响区域的生态过程, 故在城市的发展进程中, 应密切注意城市土地利用格局的发展动态, 及时做好土地利用规划, 以规避因土地利用结构不合理而引发的生态与经济问题, 进而更好地保护该区域的生态环境。

由莆田市不同地形梯度上土地利用景观格局指数的尺度效应研究结果可知, 在固定研究范围和改变空间粒度大小的情况下, 景观格局研究结果会随空间粒度大小的而发生变化, 这说明在今后对某一

区域景观格局的研究中, 因根据研究目的选取合适的空间粒度大小, 即应考虑到尺度问题, 以使研究结果能够真实地反映出研究区域土地利用的结构特征。另外, 本研究并未考虑到土地利用景观类型的划分与研究范围的不同对景观格局指数尺度效应所造成的影响^[12,17-18], 今后有待进一步研究。

参考文献:

- [1] 武爱彬, 刘欣, 赵艳霞, 等. 浅山丘陵区土地利用格局的地形梯度特征与变化研究[J]. 干旱区资源与环境, 2015, 29(1): 181-185.
- [2] TREITZ P, ROGAN J. Remote sensing for mapping and monitoring land-cover and land-use change: an introduction[J]. Prog Plan, 2004, 61: 269-279
- [3] 武爱彬, 刘欣, 赵艳霞. 地形因子对浅山丘陵区土地利用类型分布与转换的影响—以燕山浅山丘陵区为例[J]. 农业现代化研究, 2014, 35(1): 103-107.
- [4] 张利利, 余济云, 李锐, 等. 1998-2010 年五指山市土地利用景观格局变化分析[J]. 西北林学院学报, 2016, 31(1): 221-225.
- [5] 孙恺, 杨延征, 赵鹏祥, 等. 基于遥感技术的西安城市景观格局时空演变及分析[J]. 西北林学院学报, 2015, 30(2): 180-185.
- [6] 庄逐舟, 黄秋昊, 石云. 黄土丘陵区土地利用变化与地形梯度关系研究[J]. 水土保持研究, 2016, 23(4): 331-337.
- [7] 薛亚永, 王晓峰. 基于地形梯度的陕西省土地利用变化研究[J]. 中国农学通报, 2016, 32(11): 56-63.
- [8] 张静, 任志远. 秦巴山区土地利用时空格局及地形梯度效应[J]. 农业工程学报, 2016, 32(14): 250-257.
- [9] 蒲罗曼, 张树文, 李飞, 等. 基于地形因子的吉林西部地区土地利用变化研究[J]. 东北师大学报(自然科学版), 2016, 48(2): 133-140.
- [10] 周启刚, 陈丹. 重庆山地都市区土地利用地形特征分析研究[J]. 水土保持研究, 2013, 20(3): 86-91.
- [11] 刘媛媛, 刘学录. 甘肃永登县土地利用景观格局的空间尺度效应[J]. 应用生态学报, 2016, 27(4): 1221-1228.
- [12] 谢贤健, 屈小斌, 兰代萍, 等. 中小城市土地利用空间结构分析的尺度效应[J]. 长江流域资源与环境, 2011, 20(7): 897-902.
- [13] MANGIACOTTI M, SCALI S, SACCHI R, et al. Assessing the spatial scale effect of anthropogenic factors on species distribution[J]. PloS One, 2013, 8(6): e67573- e67573.
- [14] 喻红, 曾辉, 江子瀛. 快速城市化地区景观组分在地形梯度上的分布特征研究[J]. 地理科学, 2001, 21(1): 64-69.
- [15] 刘文, 陈世发. 基于 GIS 的土地利用变化的地形梯度分析—以韶关市大塘镇为例[J]. 水土保持研究, 2015, 22(3): 79-82.
- [16] 郭建国. 景观生态学—格局、过程、尺度与等级 [M]. 2 版. 北京: 高等教育出版社, 2007: 106-124.
- [17] 游丽平, 林广发, 杨陈照, 等. 景观指数的空间尺度效应分析—以厦门岛土地利用格局为例[J]. 地球信息科学, 2008, 10(1): 74-79.
- [18] 刘朝海, 李正会, 王德智. 海口市东海岸带土地利用变化强度及其尺度效应研究[J]. 江西农业学报, 2015, 27(12): 110-115.