

基于地形梯度的皖南地区土地利用分布特征^①

张平, 陆龙妹, 王世航, 赵明松*

(安徽理工大学测绘学院, 安徽淮南 232001)

摘要:以安徽省皖南地区为例, 利用 GIS 空间分析技术, 通过计算高程、坡度和地形位指数等地形梯度上的土地利用分布指数, 分析了 3 种地形梯度上不同土地利用类型的分布特征, 探讨了该区土地利用分布特点与地形间的关系。结果表明: 研究区在高程 0~600 m、坡度 0~21°和地形位指数 0~1.575 0 区域内的面积占皖南地区总面积的 93.10%、83.11% 和 93.89%, 影响着该区的土地利用类型分布; 土地利用类型分布分层明显, 耕地、水域和建设用地主要分布在海拔较低、坡度平缓 and 地形位指数较小的区域, 相应的土地利用分布指数随地形梯度的增大而减少直至趋于 0; 林地、草地分布则与之相反; 依据土地利用和地形的关系, 皖南地区土地利用格局趋于合理, 但不合理的土地利用方式仍然存在, 需要加强其土地利用的规划管理。

关键词:土地利用类型分布; 地形位指数; 地形因子; 皖南地区

中图分类号: F3101.24 文献标识码: A

地形是主导区域土地利用类型分布的重要因素之一^[1-4]。研究不同地形梯度上土地利用类型的分布特征, 有助于区域土地利用的合理布局和规划。地形位指数是利用地理信息系统建模, 将高程和坡度通过一定方式组合而成的一个数据指标, 它可以综合全面地反映某个区域的地形差异^[5]。高程、坡度、地形位指数、分布指数等是地形梯度分析的主要指标。目前, 国内学者主要利用 GIS 技术通过数字高程模型(DEM)提取坡度、地形位指数等地形因子, 计算不同高程、坡度和地形位指数等梯度上各土地利用类型的分布指数, 进而揭示区域土地利用分布模式与地形的定量关系^[6-9]。在省级或流域尺度上, 郜红娟等^[10]分析了贵州省 1990—2010 年不同地形梯度上土地利用的变化特征; 高彦净等^[11]通过计算土地坡度和地形位指数图, 对白龙江流域 1977—2010 年不同梯度上土地利用特征进行定量分析。在市级尺度上, 梁发超等^[12]研究了湖南省浏阳市的土地利用类型分布模式及其与地形因素之间的对应关系; 曲衍波等^[13]研究了山东省栖霞市在垂直梯度上的土地利用时空格局。

皖南地区为安徽省长江以南地区, 地形环境复杂, 资源丰富, 是安徽省粮食、棉花、木材、茶叶的

重要产地, 农业产值是全省农业总产值的 16%。对皖南地区土地利用类型的分布特征进行研究, 对该地区土地利用、农业和林业的发展具有重要意义。本文在 GIS 空间分析技术的基础上, 根据海拔、坡度、地形梯度和土地利用类型分布指数, 研究了安徽省皖南地区土地利用类型分布与地形要素之间的关系, 探讨了地形因素对土地利用的影响, 对该区土地利用形式的优化具有重要的参考价值。

1 材料与方法

1.1 研究区概况

皖南地区地理位置为 29°31' ~ 31°45' N 与 116°31' ~ 119°45' E, 总面积约 3.65×10^4 km², 人口约 1 000 万, 行政上包括黄山、芜湖、马鞍山、铜陵、宣城、池州 6 市及辖县。研究区内年均温 15 ~ 16℃, 年均降水量 1 200 ~ 2 600 mm, 高程 1 ~ 1 600 m。皖南有 3 条海拔均在 1 300 m 以上的山系, 在 3 条山系间盆地和谷地分布较多, 而且海拔均在 200 m 左右。由 2010 年数据可知, 土地利用类型分布主要是林地、耕地, 分别占皖南地区总面积的 52.84%、30.27%(图 1)。

基金项目: 国家自然科学基金项目(41501226), 安徽省高校自然科学基金项目(KJ2015A034), 土壤与农业可持续发展国家重点实验室开放基金项目(Y412201431)和安徽理工大学人才引进项目(ZY020)资助。

* 通讯作者(zhaomingsonggis@163.com)

作者简介: 张平(1993—), 女, 安徽桐城人, 硕士研究生, 研究方向为土壤资源遥感。E-mail: 997233033@qq.com

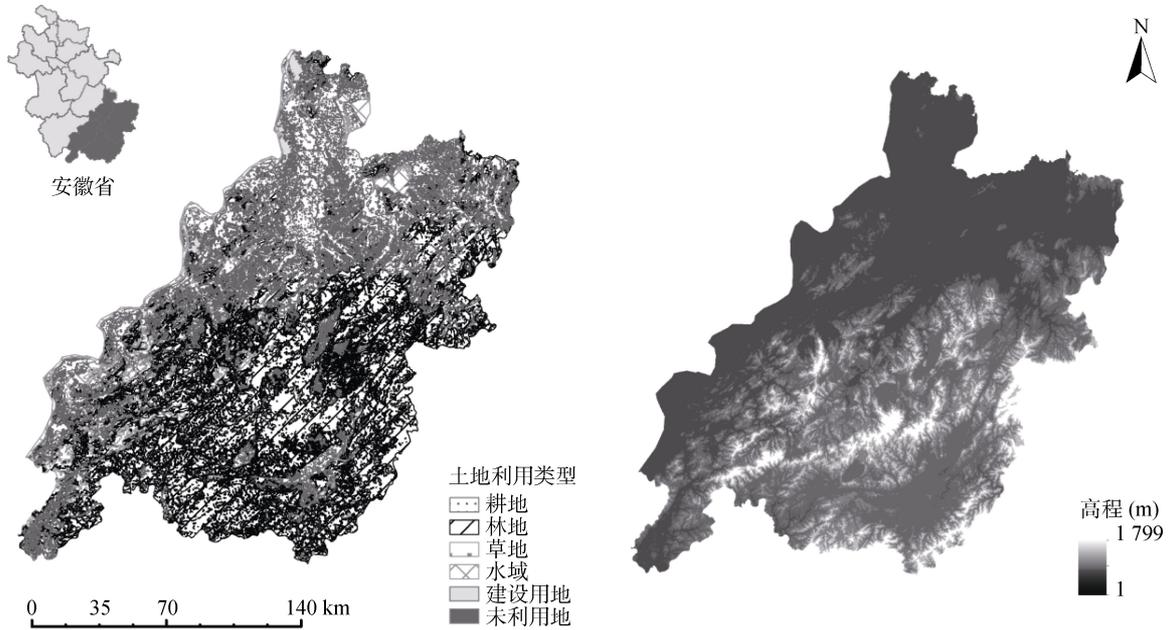


图 1 皖南地区地理位置及 2010 年土地利用类型图(左)与 DEM 图(右)

Fig. 1 Geographical location of southern Anhui and land use type in 2010(left) and DEM map(right)

1.2 数据来源

研究数据来源：90 m 空间分辨率的数字高程模型 SRTM DEM (<http://srtm.csi.cgiar.org/SELECTION/inputCoord.asp>)；研究区 2010 年土地利用类型数据：从长江三角洲科学数据共享平台 (<http://nnu.geodata.cn>) 下载获得，利用研究区边界裁剪得到皖南地区土地利用图。

1.3 数据指标

1) 地形位指数。本研究利用地理信息建模，将高程和坡度以某种方式组合成为地形位指数^[5]，可以定量分析土地利用变化与地形梯度的关系，重新对皖南地区的地形特征进行描述和梯度分类。公式为

$$T = \lg \left[\left(\frac{E}{\bar{E}} + 1 \right) \left(\frac{S}{\bar{S}} + 1 \right) \right] \quad (1)$$

式中： T 为地形位指数； E 、 \bar{E} 代表某点的高程值和该区平均高程值； S 、 \bar{S} 代表任一点的坡度值和该区平均坡度值。在海拔低、坡度平缓的地方地形位指数偏低，反之则较高，而其他的地区(海拔低、坡度大；海拔高、坡度小)处在中间位置。

2) 土地利用类型的地形分布指数。地形分布指数^[14-15]通过计算土地利用类型出现的频率，来反映不同地形因子梯度上土地利用类型的分布特征。地形对于土地利用类型分布特征的影响简化为地形梯度上不同土地利用类型出现的概率问题，这种概率受到土地利用类型面积和地形梯度区段的面积差异的影响^[12]。

为了消除面积大小的影响，利用缩放系数 S/S_e 来表示土地总面积与某个地形因子等级下土地面积的比值，使得土地使用类型相对较小的分布也可以被显示出来。公式为

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

式中： P 是地形分布指数； e 代表海拔、坡度、地形位等地形因素； S 、 S_e 分别是该区域和 e 地形因子总面积； S_i 是 i 地类的面积； S_{ie} 是在某个等级下的 e 地形因子所占 i 地类的面积。由此可得到海拔、坡度和地形位相应的分布指数。

1.4 研究方法

本文通过计算皖南地区 2010 年在高程、坡度和地形位指数梯度上的分布指数，来研究土地利用类型在 3 种地形梯度上的分布特征。利用 ENVI 和 ArcGIS 生成坡度图、高程图，将坡度图和高程图叠加得到地形位指数图^[16](图 2)。依据皖南地图地形特点对坡度、高程和地形位指数图进行分级。高程图分级时，将高程 >1200 m 和高程 <100 m 单独分级，其余高程区域按照每 100 m 分一级，总共分为 13 个等级；坡度图分级时，考虑到坡度梯度 $>36^\circ$ 以上的是陡坡，对土地利用的限制性比较强，从而将它单独作为一级，在 $0 \sim 36^\circ$ 间与高程分级相对应，坡度也划分为 13 个等级，每 3° 为一级；与高程、坡度对应，地形位指数梯度也分成 13 个等级。

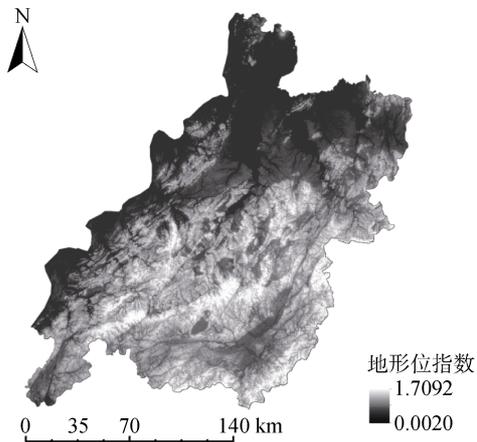


图 2 研究区地形位指数图
Fig. 2 Terrain index gradient map of study area

2 结果与分析

2.1 皖南地区土地利用概况

皖南地区 2010 年土地利用类型以林地、耕地为主，林地面积为 19 106.92 km²，林地所占面积是该区域总面积的 52.84%，耕地面积为 10 945.10 km²，耕地所占面积是该区域总面积的 30.27%。且耕地多分布在低海拔和地形平坦区域，林地在中高梯度上分布具有明显优势。皖南地区红壤区水热条件丰富^[17]，气候、自然条件良好，适合各种茶叶、果树和其他农作物生长。

2.2 基于高程梯度的土地利用类型分布特征

从图 3 可知，在较低高程梯度(0~200 m)上，林地、水域、建设用地分布指数均大于 1，区位优势显著。其中，在 1 级梯度(0~100 m)上，水域、建设用地分布指数大于 2，水域分布指数高达 2.308，是该高程梯度上的主导土地利用方式。在中高海拔区域(300~1 200 m)内，林地、草地具有明显的区位优势，随着海拔的增加，林地、草地分布指数持续增加，且均大于 1。这种趋势主要由于：一是皖南地区有 3 条海拔较高的山系，适合林地、草地的生长；二是皖南地区分布在高程 400~800 m 的黄红壤土地类型适宜林地、草地的发展。而耕地、水域、建设用地分布指数逐渐趋向于 0，是因为随着海拔高度的升高，人们生产生活的难度加大，不利于人们从事各项生产活动。在 2、3 级高程梯度(100~300 m)上，未利用地的分布指数大于 1，主要是在该梯度上水域所占面积较多造成的；在 10~12 级梯度(900~1200 m)上，未利用地分布指数增长陡快，分布具有明显的优势，主要是随着海拔高度增高，土地利用强度降低，未利用地面积增大。

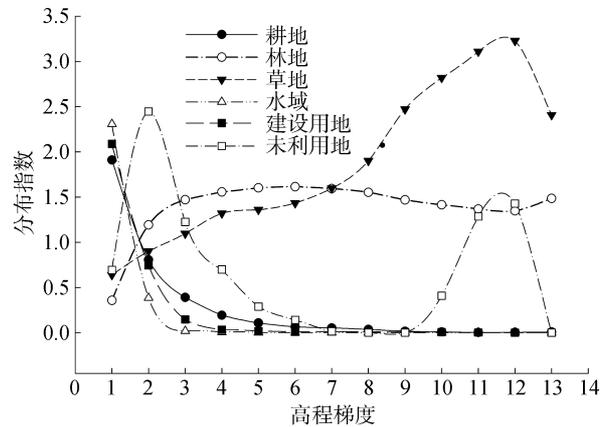


图 3 高程梯度上土地利用类型分布指数
Fig. 3 Distribution indexes of land use types under elevation gradient

2.3 基于坡度梯度的土地利用类型分布特征

从图 4 可知，在 1~13 级坡度梯度(0~36°)上，林地、草地分布指数与坡度呈正比，耕地、建设用地、未利用地分布指数变化趋势相反，未利用地在坡度梯度上先急速上升后缓慢下降。在 1 级坡度梯度上，耕地、水域、建设用地分布指数均大于 2，水域的分布指数高达 2.630，是该梯度上的主导土地利用方式。在 3~13 级坡度梯度(6°~36°)上，林地、草地的分布指数均大于 1，区位优势明显。一方面是由于坡度因素对林地、草地的限制性较小；另一方面，是由于皖南地区山地日照较少，适宜于茶叶和其他喜散射光的林木生长。在 3~13 级坡度梯度(6°~36°)上，耕地、水域、建设用地分布指数逐渐减小，最终趋向 0。在高坡度梯度上，未利用地分布指数逐渐减小，说明坡度的增加对于土地利用并没有起到决定性的作用，人们可以充分利用现有技术和智慧在坡地上进行生产生活。

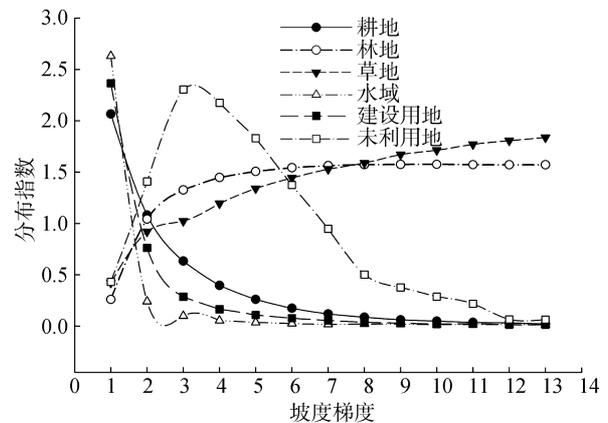


图 4 坡度梯度上土地利用类型分布指数
Fig. 4 Distribution indexes of land use types under slope gradient

2.4 基于地形位指数梯度的土地利用类型分布特征

从图 5 可知，在整个地形位指数梯度上，耕地、

林地、水域、建设用地的分布格局与这 4 种土地利用类型在高程、坡度梯度上的变化保持一致,草地、未利用地在地形位指数较高梯度上变化与海拔较高梯度上变化规律基本相同,这主要是由于在高地形位指数梯度上,坡度地形对草地、未利用地的限制性作用比较小,而海拔的限制性较大。

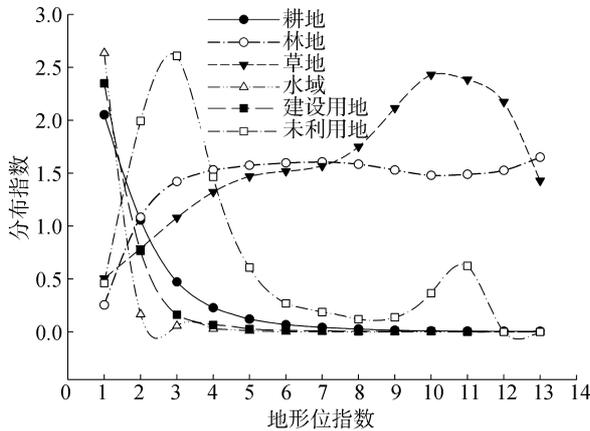


图 5 地形位梯度上土地利用类型分布指数

Fig. 5 Distribution indexes of land use type under terrain index gradient

在 1~10 级地形位指数梯度(0~1.840 9)上,草地分布指数呈稳步上升的趋势,最高分布指数达到 2.431,在 11~13 级地形位指数梯度(1.840 9~1.981 6)上,草地分布指数逐渐下降,但指数仍大于 1,草地在皖南地区土地利用占有较大的优势。在 1~9 级地形位指数梯度(0~1.761 0)上,未利用地的变化趋势与对应的高程梯度、坡度梯度变化基本相同,在 10~13 级(1.761 0~1.981 6)上,未利用地分布指数与在高程坡度上分布规律基本相同,但分布指数明显偏小,这是综合考虑地形位指数是海拔和坡度的结果,导致未利用地受到了在高坡度上分布较少的影响。

通过 3 种梯度分布指数的对比,发现采用地形位指数梯度来研究土地利用类型的分布指数与采用高程、坡度梯度变化规律基本一致。但草地和未利用地在高程梯度和坡度梯度存在较大的差异。在同一个等级梯度上,只用单个的地形因子来评价土地利用类型分布特征存在一定的不足,所以,地形位指数避免了在分析土地利用类型时需要考虑多个地形因子,能更快速有效地反映研究区土地利用类型的分布格局。

3 结论

1) 皖南地区土地利用类型的地形分布分层明显。耕地、水域和建设用地主要分布于海拔低、坡度平缓和地形位指数梯度较低的区域,主要是因为该地区地形与环境有利于人类的生产和生活活动;林地、草地

主要集中在海拔较高、坡度较陡和地形位指数较高的区域,是由于林地、草地对土地的限制性要求比较小。

2) 在分布指数的变化方面:随着各地形梯度的增加,耕地、水域和建设用地的分布指数不断下降,其主导性逐渐降低;林地和草地分布指数逐渐增加,其在相应的梯度带内优势地位逐渐增强;未利用地的分布指数在低梯度上,即海拔低、坡度平缓和地形位指数梯度较低的区域下降,在中高级梯度带上(海拔较高、坡度较陡和地形位指数较高)增加。耕地、水域、建设用地的变化主要集中在低梯度带,林地、草地的变化则与之相反,在中高梯度带内变化较大。

参考文献:

- [1] 陈利顶,张淑荣,傅伯杰,等.流域尺度土地利用与土壤类型空间分布的相关性研究[J].生态学报,2003,23(12):2497-2505
- [2] 任圆圆,张学雷.河南省地形、土壤和地表水体多样性格局特征[J].土壤学报,2017,54(3):590-600
- [3] 全斌,宋慧,李朝奎,等.土地利用变化与区域比较[J].土壤,2015,47(6):1199-1208
- [4] 张煜,张琳,吴文良,等.内蒙农牧交错带地区土地利用方式和施肥对土壤碳库的影响[J].土壤学报,2016(4):930-941
- [5] 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
- [6] 赵明松,李德成,张甘霖,等.淮丘陵地区土壤养分空间变异特征——以安徽省定远县为例[J].土壤,2016,48(4):762-768
- [7] 许宁,张广录,刘紫玉.基于地形梯度的河北省太行山区土地利用时空变异研究[J].中国生态农业学报,2013,21(10):1284-1292
- [8] 王鹏,张磊,吴炳方,等.三峡水库建设期秭归县土地利用变化与地形因素的关系[J].长江流域资源与环境,2011,20(3):371-376
- [9] 王宗明,宋开山,刘殿伟,等.地形因子对三江平原土地利用/覆被变化的影响研究[J].水土保持通报,2008,28(6):10-15
- [10] 郇红娟,张朝琼,张凤太.基于地形梯度的贵州省土地利用时空变化分析[J].四川农业大学学报,2015,33(1):62-70
- [11] 高彦净,巩杰,贾珍珍,等.甘肃白龙江流域土地利用在地形梯度上的空间分布[J].兰州大学学报(自然科学版),2014,50(5):681-686
- [12] 梁发超,刘黎明.基于地形梯度的土地利用类型分布特征分析[J].资源科学,2010,32(11):2138-2144
- [13] 曲衍波,商冉,齐伟,等.山东省栖霞市土地利用时空格局的垂直梯度研究[J].中国土地科学,2014,28(8):24-32
- [14] 孙丽,陈焕伟,潘家文.运用 DEM 剖析土地利用类型的分布及时空变化[J].山地学报,2004,22(6):762-766
- [15] 邹敏,吴泉源,逢杰武.基于 DEM 的龙口市土地利用空间格局与时空变化研究[J].测绘科学,2007,32(6):173-175

- [16] 冯险峰, 汪闽, 孟雪莲. ARCGIS 空间分析实用指南[M]. 北京: Arcinfo 中国技术咨询与培训中心, 2002
- [17] 郭熙盛. 皖南黄红壤改良的对策与措施[J]. 安徽农业科学, 1999, 27(1): 28-30

Distribution Characteristics of Land Use Types Under Different Terrain Index Gradients in Southern Anhui Province

ZHANG Ping, LU Longmei, WANG Shihang, ZHAO Mingsong*

(School of Geomatics, Anhui University of Science and Technology, Huainan, Anhui 232001, China)

Abstract: The spatial distribution characteristics of land use types under different terrain index gradients as well as the relationship between land use distribution pattern and topographic factors were studied in southern Anhui through calculating land use distribution indexes corresponding to different elevation, slopes and terrain indexes based on GIS technique. The results showed that: 1) The areas at altitude of 0-600 m, slope 0-21° and terrain index 0-1.575 0 occupy 93.10%, 83.11% and 93.89% of the total study area, respectively, dominating the distribution of land use types. 2) The study area is mainly composed of cultivated land, forest land and grassland. The terrain distribution of land use types has obvious hierarchical characteristics, cultivated land, water and construction land are mainly distributed in low terrain gradient, while forest land and grassland are mainly distributed on higher terrain gradient. 3) According to the relationship between land use and terrain features, land use pattern in southern Anhui tends to be more reasonable, but unreasonable land use is still existed, thus planning and management of land use need to be strengthened.

Key words: Land use type distribution; Terrain index; Topographic factor; Southern Anhui Province