

深圳快速城市化中地形对景观垂直格局的影响

卜心国^{1,2}, 王仰麟¹, 吴健生¹

(1. 北京大学城市与环境学院 北京 100871; 2. 江苏省土地勘测规划院, 南京 210024)

摘要: 基于 RS 和 GIS 的支持, 以深圳市为案例研究地形对景观格局及其垂直分布的影响, 进行景观格局时空动态分析。文章指出, 人类活动对土地的干扰程度表现为从低平地区向高峻地区递减, 从而导致在以山地占主体的盐田等区在城市化前期低于地势平坦的福田等区; 随着城市的进一步加深, 福田等区多样性指数则快速降低, 盐田等区相对降低很少, 或还处于上升状态。多样性指数在高程带和坡度带上多时段变化表明: 在垂直空间上, 土地利用结构的垂直分异是景观格局垂直分异内在原因, 多样性指数的空间曲线和时间曲线具有反“U”形库兹涅茨曲线特征, 但是这种曲线变化特征需要到一定的城市化阶段才能形成, 并且曲线特征随城市化的加深而更加明显; 在时间上, 低海拔和低坡度地区的多样性指数的动态特征也有类似库兹涅茨曲线的反“U”形, 而且随城市化的加深, 具有这种特征的高程带和坡度带均在上移。

关键词: 景观格局; 垂直动态; 快速城市化地区; RS 和 GIS; 深圳

1 引言

景观是指由不同生态系统组成, 具有重复性格局的异质性地理单元^[1,2], 景观在本质上也是地域综合体概念^[3]。景观单元是景观的基本组成成分, 可以等同于土地分级的最低级—立地。不同的土地利用类型总是对应着不同的土地覆被, 并进一步对应不同的景观类型。景观格局变化与土地利用/土地覆被变化互为因果, 因此可以通过分析景观格局动态来研究土地利用/土地覆被变化。也正因为如此, 基于景观生态学的基本理论研究土地利用/土地覆被变化是目前 LUCC 研究的常用方法^[4-6]。景观格局是指景观的空间结构特征, 是景观组成单元的类型、数目及空间分布与配置。景观指数能够高度浓缩景观格局信息, 反映其结构组成和空间配置某些方面特征^[7]。它可以用来描述景观格局, 进而建立景观结构与过程或现象的联系, 更好地解释与理解景观功能。目前较为常用的景观指数主要有: 景观整体特征型 (景观多样性指数、优势度指数、破碎度指数等), 景观空间构型 (蔓延度等), 斑块形状特征型 (斑块面积、周长、分形维数等), 这些指数都能够从不同方面反映景观整体格局的演变。在多时段景观指数的变化分析的基础之上进行空间模拟, 对未来某些年份的景观结构进行预测, 这也是景观格局动态研究的常用思路^[8,9]。

城市地域是典型的非均质空间, 它兼有两种生态系统—自然生态系统和人类生态系统, 而以人类生态系统为主^[10]。在快速城市化地区, 土地利用随时间发生快速变化, 景观类型、结构和格局也会相应发生强烈的变化, 并引发诸多生态环境效应等问题, 因此这种地方成为了 LUCC 研究的热点区域^[11,12]。目前对景观格局的研究主要偏重水平空间的动态及其形成机制, 变化趋势研究^[13,14], 换句话说, 就是研究二维空间的景观格局特征。那么在三维空上景观格局又是怎样变化的呢? 回答这一问题的关键就是在快速城市化地区的景观格局研究中引入地形因子。地形是影响城市景观格局最重要的自然因子。本文以

收稿日期: 2007-05-14; 修订日期: 2007-09-20

基金项目: 国家自然科学基金项目 (40635028) [Foundation: National Natural Science Foundation of China, No.40635028]

作者简介: 卜心国 (1976-), 男, 四川内江人, 硕士, 主要从事城市土地利用、土地规划与景观生态研究。

E-mail: bxgpk@yahoo.com.cn

深圳市为案例区, 分析快速城市化地区地貌特征、高程和坡度特征与景观格局动态及其动态之间的关系, 探讨景观格局的时间和垂直空间变化特征。

2 研究区域与方法

2.1 研究区概况

深圳市位于珠江三角洲的东南部, 珠江口伶仃洋以东, 北面是东莞市和惠州市, 东面是大亚湾, 南面与香港仅一河之隔。深圳市所辖范围呈狭长形, 东西宽, 南北窄。深圳建市以来, 行政区划几经变革, 目前全市由罗湖、福田、南山、盐田、宝安和龙岗六个区构成。根据 2005 年深圳市土地变更调查数据, 深圳市土地总面积 1952.84 km² (不包括内伶仃岛)。20 多年来, 在各种对外开放政策强有力的推动下, 深圳凭借特有的区位优势, 以超常规的跨越式发展, 社会经济各项事业飞速发展, 从一个昔日人口 33 万、国内生产总值 2.7 亿元的边陲小城镇发展为 2005 年拥有 827.75 万常住人口、国内生产总值达到 4926.90 亿元的集工业、贸易、旅游、金融于一体的初具规模的现代化城市, 人均 GDP60507 元, 居全国各大中城市首位。

2.2 研究方法

本文主要数据来源包括: 1978 年 MSS 影像与 1986 年、1995 TM 影像; 深圳市 2001 年土地利用现状图; 深圳市 2001 年 1:10000 地形图。所选取遥感影像的数据采集时间均在当年的 11 月前后, 以尽可能避免不同季节同类地物光谱差异对解译的影响。

2.2.1 影像处理及土地分类 在几何校正的基础之上对 1978 年 MSS 影像和 1986 年、1995 年 TM 影像进行监督分类。在 Erdas 软件用 Classifier 模块进行图像光谱的训练。然后进行监督分类。在保证分类精度在 80% 以上的前提下, 对图像进行聚类分析, 并清除小斑块。最后将文件转成 Grid 文件。以解译结果作为 1978 年、1986 年和 1995 年土地利用现状图。

在遥感解译中, 为保证不同年份土地利用数量和结构的可比性, 本次研究基本采用土地原分类的一级分类系统进行景观分类, 并根据研究需要做了一定调整。研究中将土地利用类型共分为耕地、园地、林地、其他农用地、建设用地、推平未建地、水域、未利用地等 8 种类型。其中耕地、园地、林地、水域、未利用地的含义与我国土地利用原分类系统的一级分类一致。研究中增加其他农用地, 其内涵与过渡分类系统中其他农用地基本一致, 但是除包含坑塘水面、田坎等外, 由于深圳的牧草地均为人工种草, 而且面积相对狭小, 因此也归在其中; 建设用地包含了居民点、工矿用地和交通用地。推平未建地由原分类中的已征未建城镇用地、已征未建工矿用地和未征未建用地三部分组成。

2.2.2 地形数据处理 将地形图在 ArcMap 中进行空间插值, 转成栅格单元 10 m × 10 m DEM 数据。根据高程和坡度分级规则对栅格进行重计算。本次研究对高程进行如下分级: 50 m 以下的范围内每 5 m 为一级, 50~100 m 每 10 m 为一级, 100~200 m 每 20 m 一级, 200 m 以上为一级, 全市共分成 21 级。土地坡度进行如下分级: 坡度 20° 以下每 2° 一级, 20~35° 每 5° 一级, 35° 以上为一级, 全市共分为 14 级。

2.2.3 景观格局分析 在 Fragstats3.3 的支持下分析多时段的景观格局变化。异质性是景观格局的根本属性, 由于多样性指数和破碎度指数从整体上刻画景观异质性特征, 指数的取值受研究区尺度差异的影响不大^[15, 16], 便于进行不同时间的比较, 加之这两种指数所反映的景观格局特征与人类活动影响的关系极为密切, 因而成为城市景观格局分析中最常见的重要指标^[17]。本文选用其中的多样性指数分析研究区的景观格局特征。

多样性指数描述景观类型丰富程度, 分布的均匀程度。当景观是由单一类型构成时, 景观是均质的, 其多样性指数为 0; 由两个以上类型构成的景观, 当各景观类型所占比例

相等时,其景观的多样性指数最高;各景观类型所占比例差别增大,则景观的多样性下降。这里使用在景观生态学中计算景观多样性最为常用的模型 Shannon 信息熵公式^[3,7]:

$$H = - \sum_{i=1}^m p_i \ln(p_i) \quad (1)$$

式中: H 为景观多样性指数, p_i 是斑块 i 所占的面积比例, m 为斑块类型的数量。

3 深圳地貌基本特征

3.1 三个地貌带,地势东南高西北低

南带为海岸山脉和半岛地貌带。这一带有深圳市最主要的山地分布,地貌形态以低山和高丘陵为主。深圳境内的海岸山脉是莲花山脉的西段,该山脉经深圳境内向西南延伸至香港的大雾山。由于位于滨海,曲折的山势造就了半岛与海湾相间的海岸地貌景观。北带为丘陵河谷带。主要由龙岗河和坪山河切割低丘陵,形成谷地。谷地内分布有四级台地和两级阶地。谷底高程多为 30~65 m。西带为环状丘陵和平原地貌带。由羊台山为中心的环状丘陵及外围冲积海积平原组成。平原的高程多在 5 m 以下。丘陵以羊台山为中心,呈环状分布。羊台山是环状丘陵的第一环,第二环是三大水库及观澜河谷地的台地,第三环是凤凰山、塘朗山、鸡公头、吊神山等组成的丘陵。整个地貌带从东南向西北倾斜,故深圳市的地势总的说是东南高、西北低(图 1)。

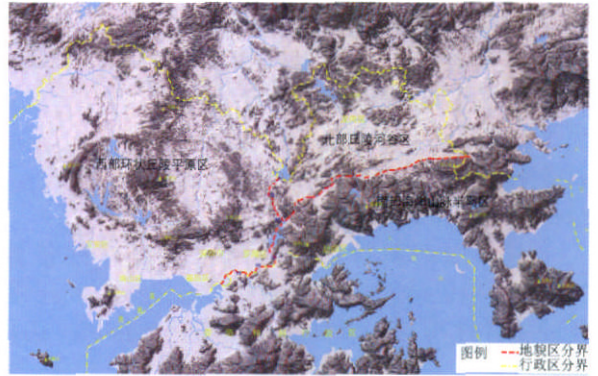


图 1 深圳市地貌格局

Fig. 1 The topographic pattern of Shenzhen City

3.2 落差较大,地面坡度比较和缓

根据深圳市 2001 年地形图,全市的最低海拔高度为 0 m,最高海拔高度为 943.7 m,是特区东部梧桐山的最高峰。全市平均海拔高度为 82 m,95%的土地资源位于海拔 308 m 的以下。但是由于深圳是滨海城市,低山与相邻海面在很短的距离上相对高差能达到 900 多 m,在深圳狭小的地域上,这些山体显得非常雄伟壮观。深圳市地面坡度较为和缓,其中以 0~2° 的面积最大,为 752.43 km²,占全市面积的 38.38%,大于 12° 的土地面积 690.8 km²,占深圳总面积的 35.34%。

分区来看,6 区中地势最低平的是福田区,平均高程为 35.55 m,其中 75.18% 的土地分布在 30 m 以下,79.49% 的土地坡度都在 4° 以下。其次是南山区和宝安区,平均高程均在 50 m 以内,有近 60% 的土地在 4° 以下。地势最高峻的是盐田区,平均高程达 210.13 m,该区海拔在 100 m 以下的土地只有 36.1%,而高程 200 m 以上的土地占了 48.19%;该区只有 21.94% 的土地分布在 4° 以下。龙岗和罗湖两区的平均高程都在 100 m 以上,地势起伏也较大,坡度小于 4° 的土地面积比重分别为 35.37% 和 40.18%。

4 地貌条件与景观格局分异

不同的地貌条件下,土地利用的结构会有很大的不同,相应的会出现不同的景观格局。由于地貌条件会影响土地利用的变化,从而导致在不同的地貌特征下会出现不同的景观格局动态变化特征。下面借助景观多样性指数的变化来分析地貌条件对景观格局垂直分异及其动态的影响。

4.1 地貌特征与多样性指数

总体来说，深圳市域景观的多样性指数较高，各类景观组分面积比例较为均衡。研究时段内，全市景观多样性指数 1995 年以前呈上升趋势，2001 年有所回落 (图 2)。分区来看，1978-1986 年间除盐田以外各区的多样性指数处于上升趋势；1986-1995 年，除福田以外各区的多样性指数呈上升趋势。1995 年以后，除龙岗以外各区指数都呈下降趋势，尤其是福田区的下降幅度很大。

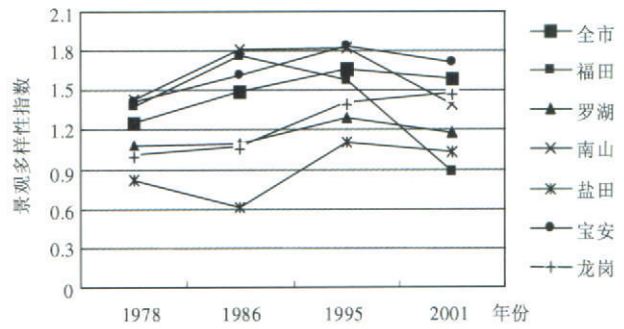


图 2 深圳市景观多样性指数

Fig. 2 Landscape diversity index

不同的地貌特征对区域景观多样性指数的大小和变化有着重要影响。根据图 2，1995 年以前，六区中地貌形态以低山和丘陵为主的盐田、龙岗和罗湖三区一直保持较低的多样性指数；以平原丘陵为主的福田、南山和宝安三区则保持了较高的多样性指数。究其原因，人类活动对土地的干扰受地貌特征的影响，干扰程度从低平地区逐渐向高峻地区递减。在城市化初期，低平地区部分农用地逐渐转变为建设用地，各类用地交错分布程度较高，反之高峻地区由于人类活动干扰小，土地利用类型大多以林地为主，用地类型较为单一，因此这个时段地势低平，多样性指数高，反之则指数低，从而导致以平原丘陵为主的福田等区多样性指数高于以低山丘陵为主的盐田等区。但是随着城市化的进一步加深，到 2001 年，由于低平地区农用地大量转变为建设用地，这些地区的土地利用类型从类似“城乡交错带”的用地分布状态逐渐转变为以建设用地为主的用地较为单一的状态，因此福田等三区的多样性指数出现明显的下降趋势，其中以地势最低平的福田表现最为明显。在这个过程中，盐田和罗湖两区多样性指数也有一定程度的降低，但是降低幅度要较福田等三区小，龙岗区甚至还处于上升状态，与其地貌特征限制其土地开发有很大的关系。当然龙岗多样性指数还保持上升趋势还和其地理区位有关系，该区很大部分土地远离城市中心区，开发较其他各区要晚，因此人类活动干扰程度不如其他各区高，景观的均匀程度还在进一步上升。

4.2 高程与景观多样性垂直分布

4.2.1 土地利用结构垂直分布与多样性指数垂直变化 根据图 3 和图 4，各垂直带上景观多样性指数是其土地利用结构的表现。2001 年，各高程带的土地利用结构中，建设用地、林地和园地是主要用地类型，三者的比重之和除了 5m 以下和 20~35 m 以外均在 70% 以上，在 100 m 以上甚至超过 90%。三类用地的面积比例组合关系不断发生变化成为多样性指数不断变化的关键原因。

由于深圳是滨海城市，5 m 以下高程带上虽然地势低平，但是在这一高程带上存在大量的滩涂和坑塘养殖水面，加上地势低洼，容易受到洪涝和风暴潮等灾害的影响，所以建设用地的比重并不是很高，比重占到该高程带的 38.05%，各类用地分布较为均匀，因此多样性指数较高。在 5~10 m 高程带以建设用地占绝对优势，比重高达 69.52%，其次是推平未建地，比重 10.4%，其他各类用地的比重都很低，景观类型分布的均匀程度低，因此多样性指数比 5 m 低很多。在 10 m 以上，建设用地比重逐渐降低，园地和林地上升，景观的均匀程度不断上升，在 25~35 m 高程之间，各类用地的均匀程度达到最大，景观多样性指数达到最高。在 35~70 m 之间，建设用地和林地出现此消彼长的变化，其他各类用地的比重变化较小，景观的均匀程度维持了较高的水平。70 m 以上，建设用地比重急剧降低，林地比重快速上升，园地则缓慢下降。到 120~180 m，林地的比重已经

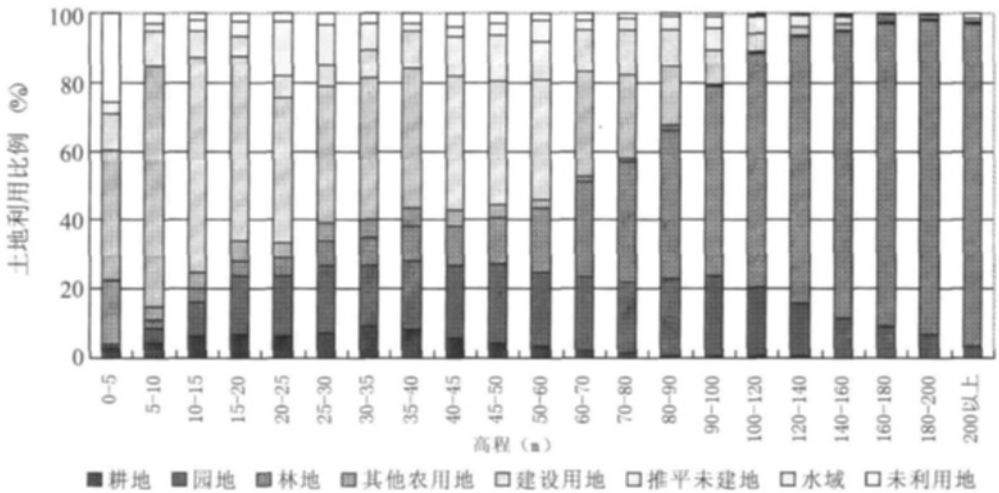


图 3 2001 年深圳市各高程带上的土地利用结构

Fig. 3 Land use structure of each elevation belt in 2001

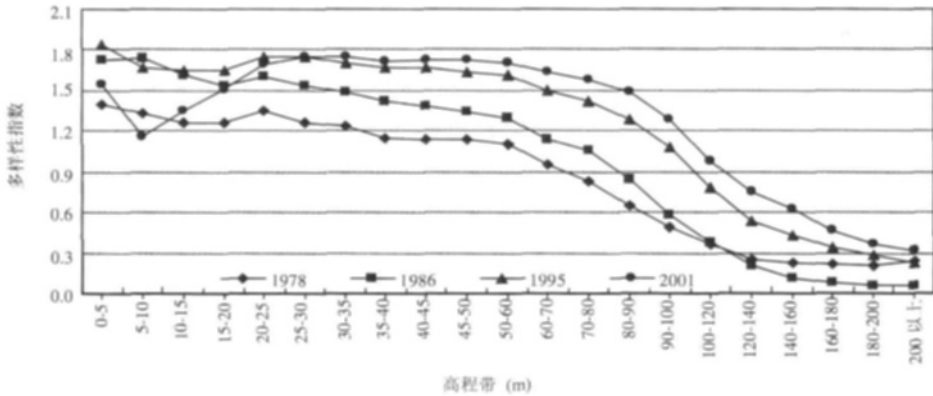


图 4 深圳市景观多样性指数的高程分异

Fig. 4 The differentiation of landscape diversity index in elevation belts

超过 75%，成为土地利用类型中的优势类型，导致景观的均匀程度相应的快速降低，多样性指数急剧下降。到高程 180 m 以上，林地的比重超过 90%，景观类型的均匀程度非常低，多样性指数处于很低的水平，随高程进一步升高变化的幅度很小。

4.2.2 多样性指数垂直分异的时间动态特征 从现状来看，4 个年份的多样性指数都存在两个相对平稳带和一个快速下降带。只是在不同的城市化阶段，这些带的分界点有所不同，或发生了一定的变异。第一个平稳带的分界大致在 60~90 m 高程之间，与之相邻的是快速下降带，大致到 160 m 左右，在此以上又是一个相对平稳带。

在 30 m 以上的高程带，各年份的景观多样性指数随高程的增加而降低(图 4)，由此表明，在 30 m 高程以上，随高程增加景观类型的均匀程度在降低，人类活动的干扰程度在减弱。另一方面，同一高程带上的多样性指数随着城市化的加深而加大，城市化过程使各高程带上景观均匀程度加大。可见城市化对景观格局的影响不局限于水平方向，在垂直方向的影响也非常明显。但是 30 m 以下的高程带上景观多样性指数的变化与高程之间的关系不显著，而且多样性指数并非都是随城市化的加深而增加的。1995 年 5~15 m 高程上多样性指数比 1986 年有所降低，到 2001 年，这种趋势进一步扩大，30 m 以下范围内的多样性指数均低于 1995 年。将相关年份的土地利用现状图和地形图进行空间叠加

统计发现，随着城市化的加深，建设用地大量占据低海拔地区的土地，农业景观急剧消失，因此导致低海拔地区的景观多样性指数逐渐出现相应的降低。

4.2.3 高程带上多样性指数的库兹涅茨曲线变化特征 深圳市高程带上的景观多样性指数呈现类似反“U”形库兹涅茨曲线(图4)，但是这一特征并非一直都非常明显，而是随着城市化的加深而逐渐显现的。1978年和1986年的两条曲线的上升段不显著，库兹涅茨曲线不明显；到1995年，10~25 m高程带出现一个小幅度上升带，曲线初步形成；到2001年这一曲线特征更加显著，反“U”形的库兹涅茨曲线非常明显。由此可见，这种曲线变化特征需要城市化发展到一定阶段才会在垂直空间上逐渐显现出来。城市化过程中，垂直空间上总会出现一个类似“城乡交错带”的过渡带，在该交错带上，城市景观和农业景观比例相对均匀，景观多样性指数较高，并且，指数从“城乡交错带”向两边递减。在城市化初期，这个过渡带在低海拔地区，因此，低海拔地区的多样性指数高，指数随高程的增加而降低。随着城市化的加深，过渡带逐渐向高海拔地区移动，多样性指数的最高点也因此逐渐向高海拔地区上移，从而使库兹涅茨曲线逐渐形成。由此可以预见，随着深圳市城市化进一步加深，景观多样性指数在低海拔地区会继续降低，指数上升带范围会继续扩大，平稳带则会向更高海拔延伸，曲线特征更加明显。但是受城市规划和深圳市生态控制线的制约，城市建设用地不会无止境的向高海拔地区扩张。在未来，随着建设用地逐渐占据一切可以占用的土地，高海拔和低海拔地区的景观多样性指数会很低，库兹涅茨曲线将逐渐稳定下来。从长远来看，深圳多样性指数垂直分布的反“U”形库兹涅茨曲线必然长期存在。

如果将图4的横纵坐标进行交换，则该图表达每个高程带上景观多样性指数的时间动态，其形态类似于六区多样性指数的时间变化。而且，各高程带中只有30 m以下高程带的库兹涅茨曲线基本形成，其中以5~10 m最为明显。

4.3 景观多样性指数的坡度分布

坡度对景观多样性指数垂直分异的影响要比高程更明显，多样性指数在坡度带上基本不存在平稳带，指数随坡度的增加而几乎直线降低(图5)。各年份的变化趋势基本一致，只是在不同的城市化阶段，变化有所不同。

研究区4个时段的景观多样性指数同样反映了深圳市城市化过程对各坡度带上的景观类型分布的影响。在6°以上，各年份的多样性指数都是随坡度的上升而递减，且基本上是年份越早，指数越低，反映了城市化对6°以上地域景观格局的影响有不同程度的提高。在6°以下，多样性指数的年际变化却有很大不同。在前三个年份，随城市化的加深，指数是增加的，表明直到1995年，深圳市的低坡度地区的城乡交错分布状态依然是在加深的。由此表明，在1995年以前深圳市城市化的程度应该还不是很。但是到2001年，6°以下的景观多样性指数不增反减，其原因在于，到2001年，深圳市在低坡度地区建设用地大量扩张，农业景观大量消失，景观斑块类型趋向于单一化。多样性指数的各坡度变化及其年际变化表明，深圳市城市化对景观均匀程度的影响在逐渐向高坡度地区扩张，而且影响程度在加深。从空间来看，其影响程度随坡度的增加而递减。与高程带上相似，景观多样性指数在坡度带上也存

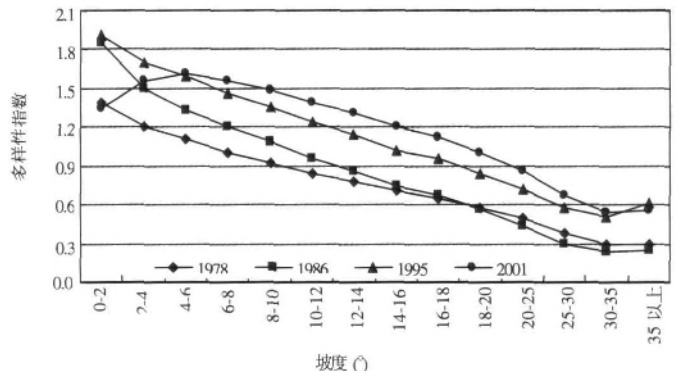


图5 深圳市坡度带上多样性指数的分异

Fig. 5 The differentiation of landscape diversity index on slope belts

在反“U”形库兹涅茨曲线,但是这种特征是在2001年才显现出来。随着城市化的加深,曲线特征会更加趋于明显,并逐渐稳定下来。

5 结论与讨论

作为影响城市景观格局最重要的自然因子,地形影响快速城市化过程中景观格局的整体动态特征。在城市过程中,人类活动对景观的干扰程度从低平地区向高峻地区递减,并在垂直带上存在一个城市景观与农业景观的交错分布带。在城市化前期,这个带位于低平地区,因此以地势平坦的福田等区景观多样性指数明显高于山地占主体的盐田等区,到城市化发展到较深的程度,这个带往高峻地区移动。地貌特征对人类活动干扰景观起到促进或限制的作用,导致不同区域景观多样性指数的出现不同的变化趋势,进而在高程带和坡度带上形成时间和垂直空间的动态变化曲线。景观多样性指数在高程带和坡度带上多时段变化特征表明:在垂直空间上,土地利用结构的垂直分异是景观格局垂直分异内在原因;随着城市化的加深,人类活动对各高程带景观的干扰不断加深;各高程带上景观多样性指数的反“U”形曲线变化特征需要到一定的城市化阶段才能形成,并且曲线特征随城市化的加深而更加明显;在时间上,低海拔和低坡度多样性指数的动态特征也有类似库兹涅茨曲线的反“U”形,而且随城市化的加深,具有这种特征的高程带和坡度带均在上移。

多样性指数动态变化的动力是受城市化的推动而产生的土地利用结构变化,而在垂直空间上土地利用结构变化受到高程和坡度的影响,从而形成了不同的景观多样性时空变化曲线。因此,在驱动力和影响因子相似的情况下,这种变化特征具有普遍意义,在任何一个有高低起伏地貌特征的地域,在城市化过程中景观格局都将出现类似的变化。景观格局的时空动态特征是人类活动干扰与自然因子影响的双重表现,通过多样性指数对景观整体特征在垂直空间与时间两个动态的描述,不仅能够探讨自然因子对景观格局变化的影响,在一定程度上,格局变化本身也可以成为判断区域城市化进程的依据。

参考文献 (References)

- [1] Forman R T T, Godron M. Landscape Ecology. New York: Wiley, 1986.
- [2] Forman R T T. Land Mosaics: The Ecology of Landscapes and Regions. Cambridge University Press, 1995.
- [3] Wang Yanglin, Zhang Huiyuan, Han Dang et al. Landscape Ecological Planning and Design: A Geographical Perspective. 2003. [王仰麟, 张惠远, 韩荡等. 景观生态规划与设计: 地理学透视. 2003.]
- [4] Zhang Huiyuan, Wang Yanglin. Ecological optimization of landscape in land resource exploitation: Overview of the methods. Earth Science Frontiers, 2000, 7(suppl.): 112-120. [张惠远, 王仰麟. 土地资源利用的景观生态优化方法. 地学前缘, 2000, 7 (增刊): 112-120.]
- [5] Zeng Hui, Jiang Chuanming. Landscape structure study of Longhua area in Shenzhen City during the fast urbanization process: Structure and heterogeneity analysis of forest land. Acta Ecologica Sinica, 2000, 20(3): 243-249. [曾辉, 姜传明. 深圳市龙华地区快速城市化过程中的景观结构研究: 林地的结构和异质性特征分析. 生态学报, 2000, 20(3): 243-249.]
- [6] Song Dongmei, Xiao Duning, Zhang Zhicheng et al. Landscape changes of Minqin oasis in Gansu Province and its driving force. Chinese Journal of Ecology, 2003, 14(4): 535-539. [宋冬梅, 肖笃宁, 张志城等. 甘肃民勤绿洲的景观格局变化及驱动力分析. 应用生态学报, 2003, 14(4): 535-539.]
- [7] Wu Jianguo. Landscape Ecology: Pattern, Process, Scale and Hierarchy. Beijing: Higher Education Press, 2000. [邬建国. 景观生态学: 格局、过程、尺度与等级. 北京: 高等教育出版社, 2002.]
- [8] Javier Eduardo Mendoza S, Andres Etter R. Multitemporal analysis (1940-1996) of land cover changes in the southwestern Bogota highplain (Colombia). Landscape and Urban Planning, 2002, 59: 147-158.
- [9] Andrea Weber, Nicola Fohrer, Detlev Moller. Long-term land use changes in a mesoscale watershed due to socio-economic factors: Effects on landscape structures and functions. Ecological Modeling, 2001, 140: 125-140.
- [10] Li Tuansheng, Shi Tiemao. A study on urban landscape ecological planning. Chinese Journal of Ecology, 1998, 17 (5): 63-67. [李团胜, 石铁矛. 试论城市景观生态规划. 生态学杂志, 1998, 17(5): 63-67.]
- [11] Bai Wanqi. Analysis on land use dynamics of Shenzhen. Journal of Nature Resources, 2000, 15(2): 112-116. [摆万奇. 深圳市土地利用动态趋势分析. 自然资源学报, 2000, 15(2): 112-116.]
- [12] Zhao Jing, Xu Jianhua, Mei Anxin et al. A study on the information entropy and fractal dimension of land use structure and form in Shanghai. Geographical Research, 2004, 23(2): 137-145. [赵晶, 徐建华, 梅安新等. 上海市土地利用结构和形态演变的信息熵与分维分析. 地理研究, 2004, 23(2): 137-145.]

- [13] Yuan Yi, Shi Peijun, Liu Yinghui et al. A study on the pattern of land cover during rapid urbanization: Shenzhen City as a case study. *Acta Ecologica Sinica*, 2003, 23(9): 1832-1840. [袁艺, 史培军, 刘颖慧等. 快速城市化过程中土地覆盖格局研究: 以深圳市为例. *生态学报*, 2003, 23(9): 1832-1840.]
- [14] Li Weifeng, Wang Yanglin, Peng Jian et al. Landscape spatial changes in Shenzhen and their driving factors. *Chinese Journal of Applied Ecology*, 2004, 15(8): 1403-1410. [李卫锋, 王仰麟, 彭建等. 深圳市景观格局演变及其驱动因素分析. *应用生态学报*, 2004, 15(8): 1403-1410.]
- [15] Shen Weijun, Wu Jianguo, Ren Hai et al. Effects of changing spatial extent on landscape pattern analyses. *Acta Ecologica Sinica*, 2003, 23(11): 2219-2231. [申卫军, 邬建国, 任海等. 空间幅度变化对景观格局分析的影响. *生态学报*, 2003, 23(11): 2219-231.]
- [16] Li Xiuzhen, Bu Rencang, Chang Yu et al. The response of landscape metrics pattern scenarios. *Acta Ecologica Sinica*, 2004, 24 (1): 123-134. [李秀珍, 布仁仓, 常禹等. 景观格局指标对不同景观格局的反应. *生态学报*, 2004, 24(1): 123-134.]
- [17] Song Zhiqing, Wang Yanglin. The dynamics of urban landscape pattern and its ecological impact on planning. *Advances in Earth Science*, 2005, 20(8): 840-848. [宋治清, 王仰麟. 城市景观格局动态及其规划的生态学探讨. *地球科学进展*, 2005, 20(8): 840-848.]

The Effect of Landform on Landscape Pattern Vertical Differentiation in Rapidly Urbanized Shenzhen City

BU Xinguo^{1,2}, WANG Yanglin¹, WU Jiansheng¹

(1. College of Urban and Environment Science of Peking University, Beijing 100871, China;

2. Land Survey and Planning Institute of Jiangsu Province, Nanjing 210024, China)

Abstract: Based on the theory of RS and GIS, the thesis focuses on the effect the topography has on the landscape pattern of a city and makes a dynamic analysis of the landscape pattern from space-time angles. The paper shows that in the rapid process of urbanization, the whole dynamic characteristic landscape pattern is influenced by landforms, while the method of taking advantage of the urban land is influenced by different topographic features. Because of the degree of influence of human activities on landscape declines with the raising of hypsography, during the initial stage of urbanization, the lower and more smooth region intersects with farm landscape and city landscape where the diversity is higher, which result in the Yantian District in Shenzhen where mountainous regions are the majority had the lower level of landscape diversity index, while the landscape diversity index of Futian District where the topography is smooth had higher ones. However, with the quickening up of the urbanization, landscape diversity in Futian District decreases quickly because of most of the farm landscape changing into city landscape, but the index of Yantian District decreases slightly, and that of Longgang District even increases. The index time development curve there presented an "anti-U" shaped pattern which is almost similar to Kuznets curves. The index that has changed for a long time at hand in elevation belt and slope shows two situations: firstly, in the perpendicular space, the characteristic of landscape diversity index, the "anti-U" shaped curve, cannot form until urbanization reaching to some extent, what's more, the characteristic will tend to be more obvious and stable eventually with the furthering of the urbanization. Secondly, in time, the characteristic of low height and low slope diversity index also presents the "anti-U" shaped curve which is similar to Kuznets curves, and with the furthering of the urbanization, both of height and slope will move upward.

Key words: landscape pattern; vertical dynamic; rapid urbanization region; RS&GIS; Shenzhen