

土地利用变化的地形梯度特征与空间扩展 ——以北京市海淀区和延庆县为例

陈利顶¹, 杨 爽^{1,2}, 冯晓明¹

(1 中国科学院生态环境研究中心城市与区域生态国家重点实验室, 北京 100085;

2 中国科学院研究生院, 北京 100049)

摘要: 选择北京市海淀区、延庆县作为研究区, 利用 1992 年、2002 年遥感影像数据, 借用地形位梯度指数, 研究了土地利用变化的地形梯度特征及其空间扩展形势。研究表明: (1) 海淀区建设用地受到经济和社会发展驱动明显, 表现出既向低地形梯度位也向高地形梯度位扩展; 但农业用地、果园因建设用地扩展受到挤压, 表现为向更高地形位扩展态势; 林地在地形位得到了明显恢复, 也有向更低的地形位扩张的趋势, 但灌草地和未利用地在中高地形位受到林地挤压, 低地形位受到农业用地、果园挤压, 优势地形位明显萎缩; (2) 延庆县建设用地扩展受地形位驱动作用明显, 主要集中在低地形位区域; 农业用地主要分布在较低地形位上, 变化不大; 果园在经济发展需求驱动下, 向更高地形位扩展; 林地较高地形位得到较好恢复, 对灌草地、未利用地产生了挤压作用, 使得灌草地、未利用地在中高地形位的优势度降低, 优势分布区间趋于萎缩。

关键词: 土地利用变化; 地形梯度; 地形位指数; 北京地区

文章编号: 1000-0585(2008)06-1225-11

1 引言

土地利用/覆被变化既是人类活动作用的直接结果, 又会对人类活动产生影响^[1~5]。研究土地利用/覆被变化及其驱动机制和约束因子有助于人们对区域生态环境问题的认识, 因而得到了国内外的广泛关注^[6~11]。目前土地利用变化研究主要表现在以下 4 个方面: (1) 土地利用/覆被变化的时空差异及其形成机制^[3~12]; (2) 土地利用变化动态模型的构建和应用, 以及土地利用变化的情景分析^[13~15]; (3) 不同地区土地利用扩展模式和驱动机制的研究^[15]; (4) 土地利用变化的生态环境效应及其对生态服务功能的影响^[17~22]。对于土地利用变化的空间扩展形势及其约束体系的研究相对较少^[22~24]。地形因子作为影响土地利用变化的重要因子, 受到大家的高度重视, 通过分析土地利用变化与地形梯度指数之间的相互关系, 可以探讨土地利用变化的地形梯度特征、空间扩展过程及其未来空间扩展受到的环境压力。目前在分析地形梯度与土地利用变化关系方面, 更多的是将地形高度和坡度作为单个因子, 研究地形梯度变化对土地利用的影响, 将坡度和高度综合在一起研究地形梯度变化对土地利用的影响研究相对较少^[6, 8, 18, 25]。本文以北京市海淀区和延庆县

收稿日期: 2008-01-15; 修订日期: 2008-02-17

基金项目: 国家自然科学基金项目资助 (40621061, 30570319)

作者简介: 陈利顶 (1965-), 男, 河南辉县人, 博士, 研究员。主要从事景观格局与生态过程、土地持续利用评价与规划、环境遥感方面的研究。E-mail: Liding@rcees.ac.cn; chenliding@sohu.com

作为典型研究地区,北京市海淀区靠近北京城区,受到的人口增长、城市扩张和经济影响较大,延庆县位于相对偏远的郊区,农业结构调整和人口增长对土地利用变化的影响较大,在这两种不同背景影响下土地利用如何变化及其未来空间变化的应力态势如何为本项研究的关注点。本文主要借用地形梯度指数分析了两个典型研究区土地利用变化的梯度特征和空间扩展形势,为探讨未来土地利用变化的方向提供依据。

2 研究地区与研究方法

2.1 研究区概况

海淀区位于北京市区西北部,地跨北纬 $39^{\circ}53' \sim 40^{\circ}09'$ 、东经 $116^{\circ}03' \sim 116^{\circ}23'$,总面积 430.8 km^2 。海淀区地势西高东低,西部的山地、丘陵占全区面积的 25%,其余为平原。海淀区近 10 年来在政策的推动下,经济快速发展,是北京市重要的文化科学教育区、风景名胜旅游区和高新技术产业开发区。

延庆县地处北京市西北部,距市区 74 km,位于北纬 $40^{\circ}16' \sim 40^{\circ}47'$ 、东经 $115^{\circ}44' \sim 116^{\circ}34'$ 之间,总面积 1992.5 km^2 。延庆县北东南三面环山,西临官厅水库,中部的延庆盆地倾斜的洪冲积平原,平均海拔 500 m 左右,是延庆县耕地的主要分布区。延庆县以农业经济为主,是北京市农副产品的供应基地。

研究区土地利用可以划分为 8 个大类:(1) 水体,包括河流、水库、鱼塘等;(2) 林地,包括天然林和人工林;(3) 灌草地,包括草地和稀疏林地;(4) 农地 I,用于种植玉米、小麦等粮食作物的农业用地;(5) 果园,主要包括苹果园、葡萄园等;(6) 农地 II,即菜地,主要用于种植蔬菜;(7) 建设用地,包括城市和乡村的建成区以及道路等交通用地;(8) 裸地,包括荒地、沙地等。根据 1992 年和 2002 年的 Landsat TM 和 ETM 遥感影像,可以分辨出海淀区和延庆县的土地利用空间分布状况(图版 1 图 1)。

2.2 研究方法

地形是土地利用空间分异的重要影响因子之一,因此土地利用结构及其变化往往在地形梯度上表现出一定的分布规律。为了定量分析土地利用变化与地形梯度之间的相互关系,本研究借用地形位指数来度量地形梯度^[22]。地形位指数可以用下式来计算:

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

其中, T 为地形位指数, E 和 E 分别为区域中任一点的高程值及该点所在区域的平均高程值, S 和 S 分别为区域中任一点的坡度值及该点所在区域的平均坡度值。高程越高,坡度越大的点,其地形位指数越大;反之则越小;高程较高但坡度较小或高程较低但坡度较大的点,其地形位指数居中^[22]。

为了消除地形位梯度分段和土地利用面积差异的影响,可以使用地形位分布指数^[22]来描述不同土地利用类型在地形位梯度上的分布特征。分布指数为:

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

其中, P_{ie} 为第 i 种土地利用类型在地形位 e 上的分布指数, S_{ie} 为第 i 种土地利用类型在地形位 e 上的面积, S_i 为研究区内第 i 种土地利用类型的面积, S_e 为研究区内地形位 e 的总面积, S 为整个研究区的总面积。分布指数是一个标准化、无量纲的指数,其取值范围为 $[0, S]$ 。若 $P_{ie} > 1$, 表示地形位 e 是该土地利用类型分布的优势地形位, P_{ie} 越大,优势越明显。反之若 $P_{ie} < 1$, 表示地形位 e 是该土地利用类型分布的非优势地形位。

本研究采用 1: 5 万的 DEM 数据, 使用 ArcGIS 的 Spatial Analyst 模块生成研究区坡度图, 与高程叠加, 在 ArcGIS 的 Raster Calculator 中编程计算生成研究区的地形位指数图。把地形位指数图与土地利用图叠加, 计算不同土地利用类型在地形位梯度上的分布指数, 在此基础上定量分析土地利用变化与地形梯度之间的相互关系。

3 土地利用变化与地形梯度的关系

3.1 海淀区土地利用在地形梯度上的分布特征

图 2 显示了海淀区 1992 年、2002 年各种土地利用类型的地形位梯度分布特征, 表 1 为各土地利用类型在地形位梯度上的分布优势区间 ($P_{ie} > 1$), 总体来说, 低地形位区主要分布着水体、农地 I、农地 II、建设用地、未利用地, 中地形位区主要分布着林地、灌草地和果园, 其中林地和灌草在高地形位区也有分布。不同土地利用类型在地形梯度上的分布及 1992~ 2002 年期间的变化规律各具特色。

表 1 海淀区土地利用类型在地形位梯度上的优势分布区间

Tab 1 The dominant terrain niche zone of land use in Haidian District, Beijing

	水体	林地	灌草地	农地 I	果园	农地 II	建设用地	未利用地
1992 年	1, 3, 4, 7	11~ 50	4~ 46	1, 2, 4	3~ 19	2~ 5	2, 3, 5~ 7	2~ 12
2002 年	1, 3, 4, 7	10~ 50	3~ 26, 31~ 44	1, 2, 4	3~ 21	1~ 5	1~ 8	1~ 10

(1) 水体: 水体随地形位的升高总体上呈下降趋势。区间 1、3、4、7 为水体的优势分布区间是因为海淀区占优势的水体类型多为公园、运河, 受人类活动影响强烈。在区间 1 内, 2002 年比 1992 年有较明显的下降, 而在区间 3、4、7 内, 2002 年比 1992 年有较明显的上升。由于鱼塘主要分布在区间 1 内, 而河流、湖泊、公园、运河主要分布在区间 3、4、7 内, 因此 1992~ 2002 年期间, 在水源日趋稀缺的条件下, 有生态价值的自然水体及有观赏价值的人工水体面积更易于得到维持甚至增加, 优势度上升, 而农业水体面积趋于减少, 优势度下降。

(2) 林地: 林地分布随地形位升高呈上升趋势。1992 年林地的优势分布区间为 11~ 50, 2002 年扩展到区间 10~ 50。1992~ 2002 年林地在较低地形位上的分布指数略有增加, 在较高地形位上分布上升趋势减缓。在中低地形位上, 近 10 年来林地的恢复有一定成效。此外, 随着时间推移, 在较高地形位上的分布指数更加接近最大值, 林地在较高地形位上分布的优势程度增加, 表明这个期间较高地形位上受到人类活动的影响有减小的趋势。

(3) 灌草地: 从空间上看灌草地主要分布在山区及山前, 由于海淀区地形位指数在区间 5~ 50 内的面积仅占海淀区总面积的 25. 7%, 且除林地外, 其他土地利用类型分布的优势区间均集中在较低地形位, 因此灌草地分布的优势区间较广, 为区间 4~ 46 (1992 年), 2~ 26 与 31~ 44 (2002 年)。从 1992 年至 2002 年, 灌草地的优势区间有一定收缩, 分布指数在优势区间内均有较大幅度下降, 表明随着时间推移, 灌草地在其优势地形位的分布优势程度降低, 有均匀化趋势, 反映了这个期间内较高地形位上受到人类活动的影响有减小的趋势。

(4) 农地 I: 农地 I 的分布指数随地形位的升高呈下降趋势。虽然从 1992 年到 2002 年农地 I 的优势分布区间没有明显变化, 但分布区间从 1992 年的 1~ 16 区间扩展到 2002 年的 1~ 25 区间, 且在区间 1 内的分布指数明显下降, 区间 5~ 16 内的分布指数明显上

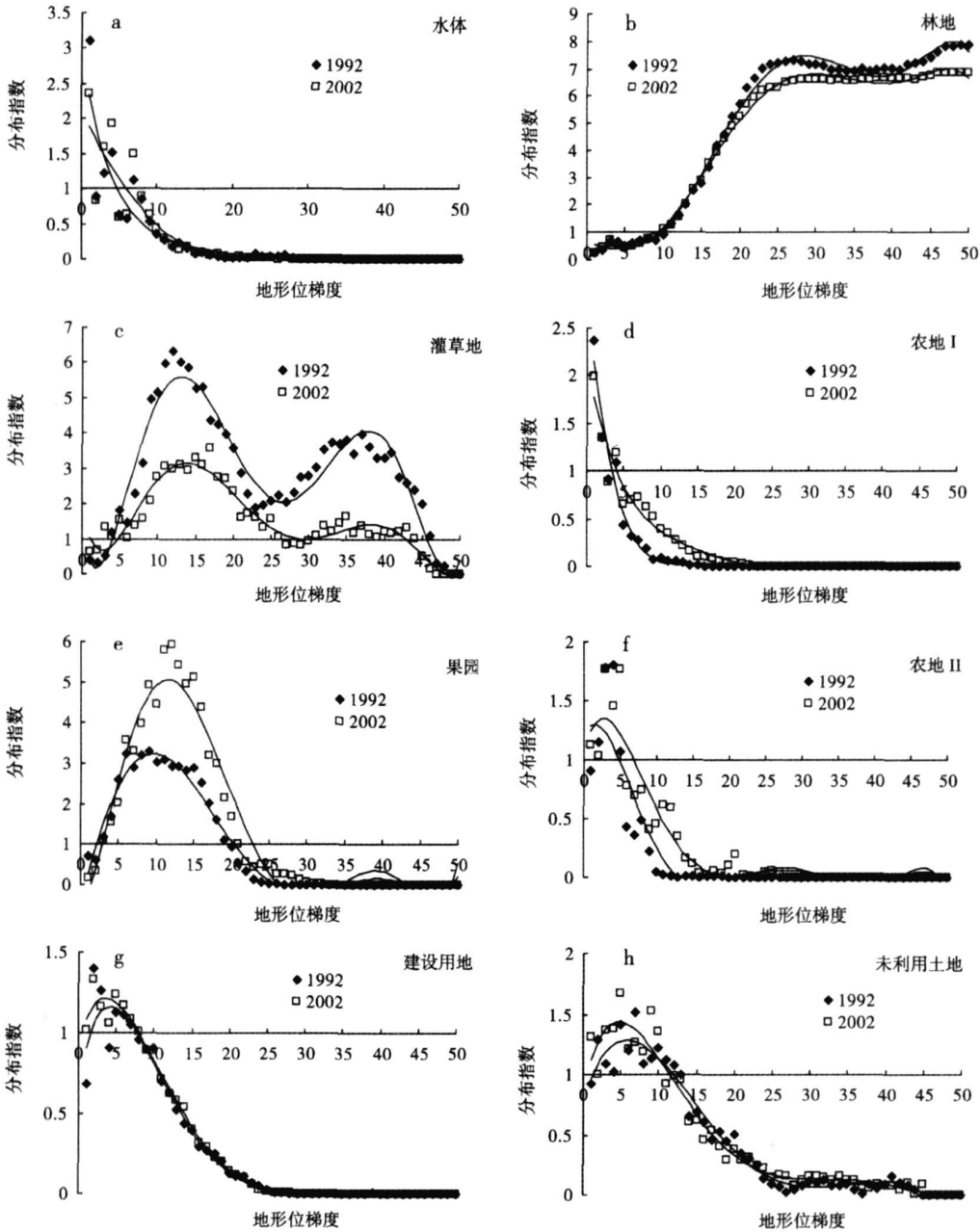


图2 海淀区土地利用类型与地形位梯度的分布关系

Fig. 2 The relationship between land use and terrain niche gradient in Haidian District, Beijing

升, 分布曲线下降的速率降低。说明从 1992 年至 2002 年, 随着人类活动强度在农业区的增加, 农地 I 在低地形位上的优势程度降低, 有向较高地形位扩展的趋势。

(5) 果园: 果园的分布指数随地形位的升高先上升后降低。1992 年果园的优势分布区间为 3~ 19, 2002 年扩展到区间 3~ 21。在区间 1~ 5 内, 2002 年的分布指数比 1992 年

有所下降，在区间 6~ 30 内，2002 年的分布指数比 1992 年有所上升。1992 年分布指数的峰值出现在区间 9，2002 年峰值出现在区间 12，比 1992 年升高了 3 个区间。说明从 1992 年至 2002 年，随着人类活动增加，果园分布在低地形位上的优势逐渐减弱，在中等地形位上的优势逐渐增强，总体分布向较高地形位发展。

(6) 农地 II：农地 II 的分布指数随地形位升高总体呈下降趋势。其优势分布区间从 1992 年 2~ 5 扩展到 2002 年 1~ 5 区间。在优势分布区间内，1992 年和 2002 年的分布指数及其随时间的变化均不规则；在区间 6~ 27 内，2002 年比 1992 年有不同程度的增加。说明从 1992 年至 2002 年，随着人类活动强度在农业区的增加，农地 II 的分布有向较高地形位扩展的趋势，但其扩展受其他因素的影响应大于受地形的影响。

(7) 建设用地：建设用地在地形位梯度上的分布指数随地形位的增加基本呈下降趋势。其分布优势区间 1992 年为区间 2、3、5~ 7，2002 年扩展到区间 1~ 8。从 1992 年到 2002 年，建设用地在区间 1 内分布指数有明显增加，在区间 4~ 8，13~ 17 内有一定增加，而在区间 2、3 内有所下降。表明：①建设用地作为人类活动最直接的产物，其分布集中在人类活动最为强烈的低地形位地区。②随着人类活动强度增加，建设用地的扩展主要集中在低地形位及中低地形位地区。③人类活动强度的增加对建设用地在地形位区间 2、3 内还存在另一种作用：为了城市生态的需要，中心城区内一部分建设用地转变为绿地，造成建设用地面积增加的幅度降低。

(8) 未利用地：未利用地在地形位梯度上的分布指数随地形位的增加基本呈下降趋势，其分布优势区间 1992 年为 2~ 12，2002 年收缩到 1~ 10 区间。从 1992 年到 2002 年，未利用地的分布指数在其绝大多数分布区间，尤其是优势分布区间内呈不规则波动。说明未利用地是人类活动驱动下较活跃的一种土地利用类型，其分布和转移更多地受到人类对土地利用规划的影响而不是地形的影响。

3 2 延庆县土地利用在地形梯度上的分布特征

图 3 显示了延庆县 1992 年、2002 年土地利用类型在地形位梯度上的分布特征，各土地利用类型在地形位梯度上分布的优势区间见表 2 ($P_{ie} > 1$)。与海淀区类似，低地形位区主要分布着水体、农地 I、农地 II、建设用地、未利用地，中地形位区主要分布着林地、灌草地和果园，其中林地在地形位区也有分布。不同土地利用类型在地形梯度上的分布及 1992~ 2002 年期间的变化规律也不相同。

表 2 延庆县各土地利用类型在地形位梯度上的优势分布区间

Tab 2 The dominant topographic niche zone of land use in Yanqing County								
	水体	林地	灌草地	农地 I	果园	农地 II	建设用地	未利用地
1992 年	1~ 4	12~ 50	4~ 20	1, 3~ 11	3~ 12	3~ 6	3~ 9	3~ 11
2002 年	2~ 4	11~ 50	3~ 10	1, 3~ 11	1, 3~ 13	2~ 9	3~ 9	2~ 9

(1) 水体：水体的分布指数随地形位的升高而基本呈下降趋势。水体分布的优势区间从 1992 年的 1~ 4 收缩到 2002 年 2~ 4 区间，且在区间 2 内，2002 年水体的分布指数比 1992 年明显上升。这说明在水源日趋稀缺的条件下，水体总面积减少，水体的分布向较高地形位收缩，造成水体的主要分布区间内的分布指数明显上升。

(2) 林地：林地的分布指数随地形位升高基本呈上升趋势。1992 年林地的优势分布区间为 12~ 50，2002 年扩展到区间 11~ 50。从 1992 年到 2002 年，林地较高地形位上的分布的上升趋势减缓，因此随时间推移，林地在较高地形位上的分布指数更加接近最大

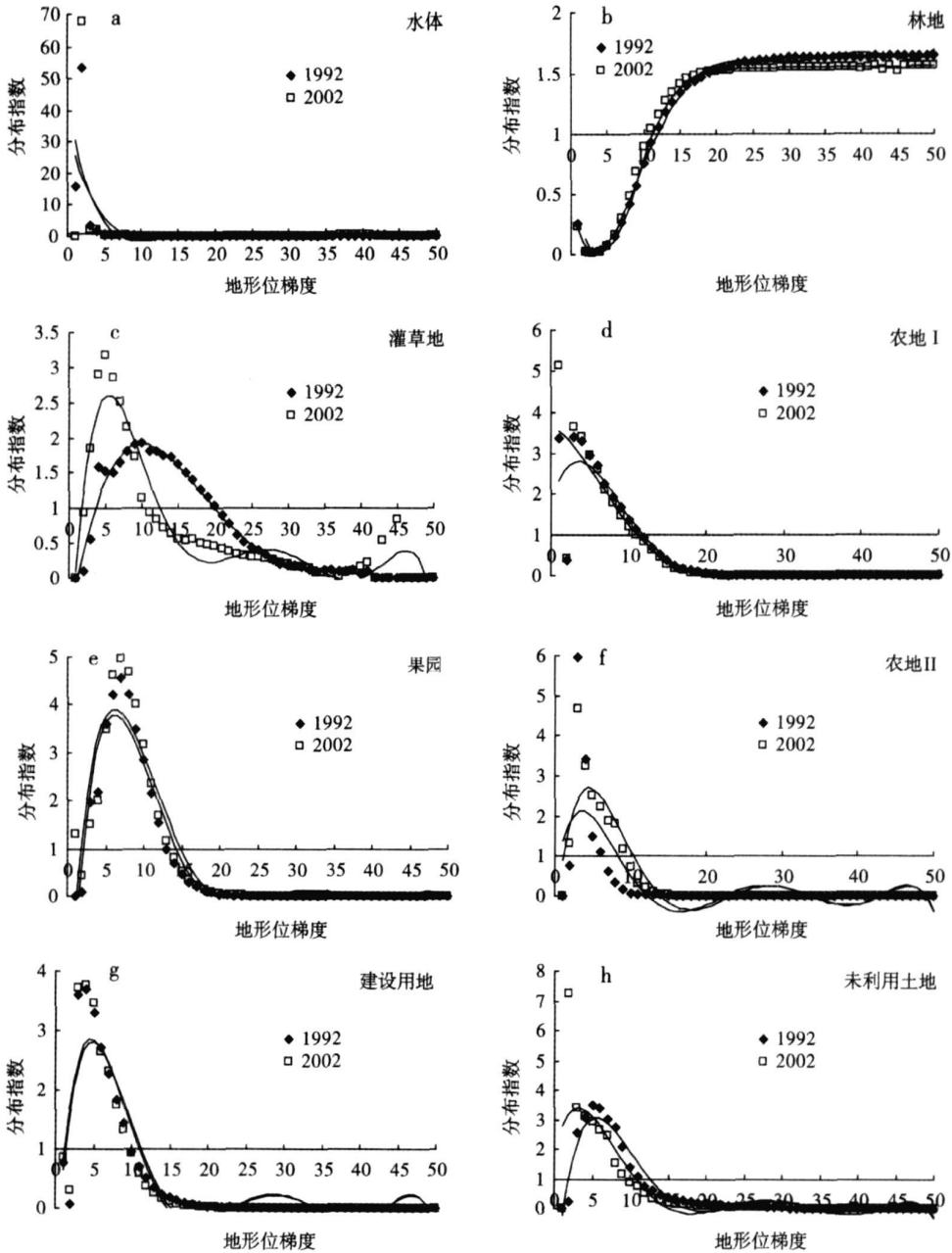


图 3 延庆县土地利用类型与地形位梯度的分布关系

Fig 3 The relationship between land use and terrain niche gradient of Yanqing County, Beijing

值, 表明这个期间内较高地形位上受人类活动的影响有减小的趋势。

(3) 灌草地: 灌草地的分布指数随地形位升高呈先上升后下降的趋势, 在中等地形位区间内形成一个峰值。1992 年灌草地的优势分布区间为 4~ 20, 2002 年有明显的收缩, 为 3~ 10 区间, 且 1992 年分布指数的峰值出现在区间 10, 2002 年峰值出现在区间 5。说明从 1992 年到 2002 年, 由于封山育林及人工造林, 将部分中高地形位上的灌草地转变为

林地，使得灌草地的分布向低地形位收缩。

(4) 农地 I：农地 I 的分布指数随地形位升高呈下降趋势。1992 年和 2002 年农地 I 的优势分布区间均为区间 1，3~ 11，分布曲线的形态基本相同。且从 1992 年到 2002 年，除了在区间 1 内分布指数有较大上升，其他区间内分布指数变化不大。说明从 1992 年到 2002 年，农地 I 在地形位上的分布总体上比较稳定，两个年份分布格局基本相同，表明地形位是农地 I 分布的关键驱动因子。

(5) 果园：果园的分布指数随地形位的升高呈先上升后降低的趋势，在中低地形位区间内形成一个峰值。1992 年果园的优势分布区间为区间 3~ 12，2002 年扩展为区间 1，3~ 13。从 1992 年到 2002 年，果园在区间 3~ 5 内分布指数有所下降，在区间 6~ 37 内均有不同程度的增加，且分布指数的峰值（区间 7）附近增加的程度最大。说明从 1992 年到 2002 年，随着人类活动强度在中低地形位上的增强，果园在中低地形位上的分布优势更加明显，有向较高地形位扩展的趋势。

(6) 农地 II：农地 II 的分布指数随地形位的升高呈先上升后下降的趋势，在区间 3 内形成一个峰值。1992 年农地 II 的优势分布区间为 3~ 6，2002 年扩展为 2~ 9 区间。从 1992 年到 2002 年，农地 II 在区间 3、4 内分布指数有所下降，在区间 2、5~ 17 内有不同程度的上升，其中区间 2、5~ 10 内上升较明显。这说明从 1992 到 2002 年，农地 II 的优势分布区间从低地形位向中低地形位扩展，且分布趋向于均匀化，地形位在其分布中的驱动作用强度相对降低。

(7) 建设用地：建设用地的分布指数随地形位升高呈先上升后下降的趋势，但在区间 2 出现一个低值，峰值出现在区间 4。从 1992 年到 2002 年，建设用地的分布指数除在区间 1~ 5 以及区间 7 内有所上升，其他区间内反而有下降。由于人类活动强度的不断增加，建设用地面积一般不会减少，其优势度下降的原因为在中低地形位上的建设用地面积增加较小导致其在所有建设用地中的比重下降。说明从 1992 年到 2002 年，建设用地的扩展主要集中在低地形位区域内，较高地形位对建设用地的扩展有一定的阻碍作用。

(8) 未利用地：1992 年末利用地的分布指数随地形位的升高呈先上升后下降趋势，峰值出现在区间 5 内，但 2002 年除在区间 1 外，在区间 2~ 50 内随地形位的升高呈下降的趋势，峰值出现在区间 2 内。且在区间 2 和区间 3 内，2002 年的分布指数比 1992 年有显著上升，在区间 5 以上 2002 年的分布指数比 1992 年有不同程度的下降。说明：①在低地形位上，由于受到水体分布向低地形位收缩的影响，由水体转化而成的未利用地占据了未利用地分布的优势地位。②在中低地形位、中等地形位以及高地形位上，受到林地恢复的影响，未利用地分布的优势程度下降。

3 3 海淀区、延庆县土地利用变化的地形环境形势比较分析

3 3 1 土地利用变化的地形位优势区间比较 表 3 显示了研究地区不同土地利用类型在地形位梯度上的变化特征。可以看出（1）海淀区与延庆县农地 I 的优势地形位分布区间均未发生明显变化，林地、果园和农地 II 的地形位梯度处于扩展状态，而灌草地和未利用地的地形位梯度优势分布区间均处于萎缩状态。（2）海淀区水体的地形位梯度分布优势区间没有变化，但是建设用地呈明显扩展态势，未利用地的地形位梯度分布优势区间在明显萎缩；（3）延庆县建设用地的地形位梯度优势分布区间未发生明显变化，但是水体在萎缩。由此可见，海淀区的土地利用变化明显受到人口增长和经济发展的影响，延庆县的土地利用变化更多地受到生态建设的影响，人口和经济发展对它的影响相对较弱。

表 3 1992~ 2002 年土地利用地形位梯度优势分布区间变化比较

Tab 3 Comparison on the dominant terrain niche zone of land use from 1992 to 2002

地形位优势区间	海淀区			延庆县		
	未变化的类型	扩展的类型	萎缩的类型	未变化的类型	扩展的类型	萎缩的类型
未变化	水体 农地 I			农地 I		水体
向高地形位移动		果园				
向低地形位移动		林地 农地 II	灌草地 未利用地	建设用地	林地	灌草地 未利用地
向高、低地形位 两个方向移动		建设用地			果园 农地 II	

3 3 2 土地利用变化的地形环境形势分析 地形位梯度指数综合考虑了地形高度和坡度的作用，优势分布区间的变化在一定程度上可以反映土地利用所处的地形环境。地形位优势分布区间变高，说明土地利用被挤压至地形条件更差的地方，反之，土地利用所处的地形环境条件趋于变好。从表 3 可以看出：（1）在海淀区，随着经济发展和人口增长，建设用地的扩展为双向的，既向地形梯度位低的方向发展，也向地形梯度位高的方向发展；但是果园则向高的地形梯度位扩展，主要是受到了建设用地的挤压；林地和农地 II（菜地）则是向地形梯度位低的方向扩展，反映出生态建设促进了林地向下挤占灌草地；灌草地和未利用地主要表现为向下收缩；（2）在延庆县，果园和农地 II 表现出双向的扩展，向低的地形位发展主要是挤占了水体和未利用地，向高的地形梯度位发展主要是挤占了灌草地，由此导致水体全方位的收缩。林地主要表现出向下移动，通过对灌草地的改造发展成为有林地；未利用地和灌草地主要表现收缩，并有向地形梯度位低的方向发展的趋势。

4 结语

土地利用随地形梯度位的变化在一定程度上反映了所处的地形条件，也可以反映出今后土地利用类型在空间上扩展的难易程度。通过比较 1992 年至 2002 年北京市海淀区和延庆县土地利用变化在地形梯度位上的特征，可以发现：

（1）海淀区的建设用地由于经济、社会发展需求的强烈作用，在低地形位区域逐渐增加且向更高的地形位扩展；农业用地、果园由于建设用地扩展受到的挤压作用，随之向更高地形位扩展以弥补被占用的面积；林地在生态保护和生态建设工程支持下，在更高地形位得到了明显的恢复，且有向更低的地形位扩张的趋势，但是灌草地和未利用地在中高地形位受到林地挤压，在低地形位受到农业用地、果园的挤压作用，优势地形位明显萎缩，优势程度在降低。

（2）延庆县的建设用地扩展受地形位的驱动作用明显，主要集中在低地形位区域内，强度不大；农业用地是延庆地区的主要土地利用类型，其分布稳定在较低地形位上，果园向更高地形位扩展；林地在较高地形位得到较好恢复，且在该地形位上对灌草地、未利用地的分布产生了挤压作用，使得灌草地、未利用地在中高地形位的优势度降低，整个地形位区间内的优势区间萎缩，同时水体的分布向低地形位收缩。

综合海淀区和延庆县的分析结果可知，海淀区及延庆县各土地利用类型在地形位上的

分布有相同之处也有不同之处: 相同之处在于受生态保护和恢复政策的驱动, 自然植被得到恢复; 不同之处在于海淀区受到经济、社会发展需求的作用比延庆县更为强烈, 建设用地的扩展速度高于延庆县, 对农业用地的挤压作用大于延庆县, 造成海淀区的农业用地向更高地形位扩展, 而延庆县的农业用地基本维持原有地形位。

参考文献:

- [1] Eickhout B, Van Meijl H, Tabeau A, *et al.* Economic and ecological consequences of four European land use scenarios. *Land Use Policy*, 2007, 24: 562~575
- [2] Parker D C, Manson S M, Janssen M A, *et al.* Multi-agent systems for the simulation of land-use and land-cover change: A review. *Annals of the Association of American Geographers*, 2003, 93 (2), 314~337
- [3] Zhang K, Yu Z, Li X, *et al.* Land use change and land degradation in China from 1991 to 2001. *Land Degradation and Development*, 2007, 18: 209~219
- [4] 摆万奇, 赵士洞. 土地利用变化驱动力系统分析. *资源科学*, 2001, 23 (3): 39~41
- [5] 李秀彬. 全球环境变化的核心领域——土地利用/覆被变化的国际研究动向. *地理学报*, 1996, 51 (6): 553~557
- [6] Mottet A, Ladet S, Coqué N, *et al.* Agricultural land-use change and its drivers in mountain landscapes: A case study in the Pyrenees. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 2006, 114 (2): 296~310
- [7] Matthews R B, Gilbert N G, Roach A, *et al.* Agent-based land-use models: A review of applications. *Landscape Ecology*, 2007, 22: 1447~1459
- [8] Wang X, Zheng D, Shen Y. Land use change and its driving forces on the Tibetan Plateau during 1990-2000. *Catena*, 2008, 72: 56~66
- [9] Wu Q, Li H Q, Wang R S, *et al.* Monitoring and predicting land use change in Beijing using remote sensing and GIS. *Landscape and Urban Planning*, 2006, 78: 322~333
- [10] 史培军, 陈晋, 潘耀忠. 深圳市土地利用变化机制分析. *地理学报*, 2000, 55 (2): 151~160
- [11] 朱会义, 何书金, 张明. 环渤海地区土地利用变化的驱动力分析. *地理研究*, 2001, 20 (6): 669~678
- [12] 何书金, 王秀红, 邓祥征, 等. 中国西部典型地区土地利用变化对比分析. *地理研究*, 2006, 25 (1): 79~87
- [13] Rounsevell M D A, Annetts J E, Audsley E, *et al.* Modelling the spatial distribution of agricultural land use at the regional scale. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 2003, 95: 465~479
- [14] 姜广辉, 张凤荣, 孔祥斌, 等. 北京山区建设用地扩展空间分异分析. *地理研究*, 2006, 25 (5): 905~912
- [15] 王双, 何春阳, 潘耀忠, 等. 水资源约束下北京地区 2004~2020 年土地利用变化情景模拟研究. *自然资源学报*, 2006, 21 (4): 535~544
- [16] Metzger M J, Rounsevell M D A, Acosta-Michlik L, *et al.* The vulnerability of ecosystem services to land use change. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 2006, 114: 69~85
- [17] Shi P J, Yuan Y, Zheng J, *et al.* The effect of land use/cover change on surface runoff in Shenzhen region, China. *Catena*, 2007, 69: 31~35
- [18] Kong F H, Nakagoshi N. Spatial-temporal gradient analysis of urban green spaces in Jinan, China. *Landscape and Urban Planning*, 2006, 78 (1): 147~164
- [19] Zhao B, Kreuter U, Li B, *et al.* An ecosystem service value assessment of land-use change on Chongming Island, China. *Land Use Policy*, 2004, 21: 139~148
- [20] 于伯华, 吕昌河. 北京市顺义区土地资源竞争与土地利用变化分析. *农业工程学报*, 2006, 22 (10): 94~97
- [21] 岳书平, 张树文, 闫业. 东北样带土地利用变化对生态服务价值的影响. *地理学报*, 2007, 62 (8): 879~886
- [22] 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. *地理科学*, 2001, 21 (1): 64~69
- [23] 李书娟, 曾辉. 快速城市化地区建设用地沿城市化梯度的扩张特征——以南昌地区为例. *生态学报*, 2004, 24 (1): 55~62
- [24] 杨存建, 张果, 陈军, 等. 基于遥感的成都市及其周边城镇的扩展. *地理研究*, 2008, 27 (1): 100~108
- [25] Weng Y C. Spatiotemporal changes of landscape pattern in response to urbanization. *Landscape and Urban Planning*, 2007, 81 (2): 341~353

Land use change characteristics along the terrain gradient and the spatial expanding analysis: A case study of Haidian District and Yanqing County, Beijing

CHEN Li-ding¹, YANG Shuang^{1,2}, FENG Xiao-ming¹

(1. State Key Laboratory of Urban and Regional Ecology, Research Center for Ecological Environmental Sciences, CAS, Beijing 100085, China;

2. Graduate University of Chinese Academy of Sciences, Beijing 100049, China)

Abstract: Studying land use change and its spatial expansion along the terrain gradient is of great significance for identifying the direction of land use change and its sustainable use. In this paper, a case study was conducted in Haidian District and Yanqing County of Beijing by comparing land use pattern in 1992, and 2002 with regard to terrain niche index using remote sensing image interpretation. It was found that: (1) A clear difference exists in land use change between Haidian District and Yanqing County. In Haidian District, the built-up area expands to both higher and lower terrain niche areas with economic development and population growth. Farmland and orchard are extruded to the higher terrain niche area due to urban expansion. Woodland in high terrain niche area is well restored, and further expands to the lower terrain niche area. The unused land, grassland and shrubberies are remarkably constricted in the middle and high terrain niche areas with the intrusion of woodland, and reduced in the low terrain niche sections due to farmland increase. In Yanqing County, the built-up area is obviously confined by the terrain niche and is mainly located in the low terrain niche area as well as the farmland. Orchard, however, is shifted to the higher terrain niche area with the economic development. Woodland is well restored in the higher terrain niche area, and the predominant distribution of the unused land, grassland and shrubberies is reduced. (2) A common point was found in both Haidian District and Yanqing County. Ecological conservation was well carried out in the both areas in recent decade, and consequently natural vegetation was restored appropriately. A difference in land use change is that land use in Haidian District is more affected by the economic development than that in Yanqing County. The built-up area spreads out faster in Haidian District, and farmland was extruded to higher terrain niche area under the pressure of urban expansion in Haidian District, while they are both constricted in the low terrain niche area in Yanqing County.

Key words: land use change; terrain gradient; terrain niche index; Beijing

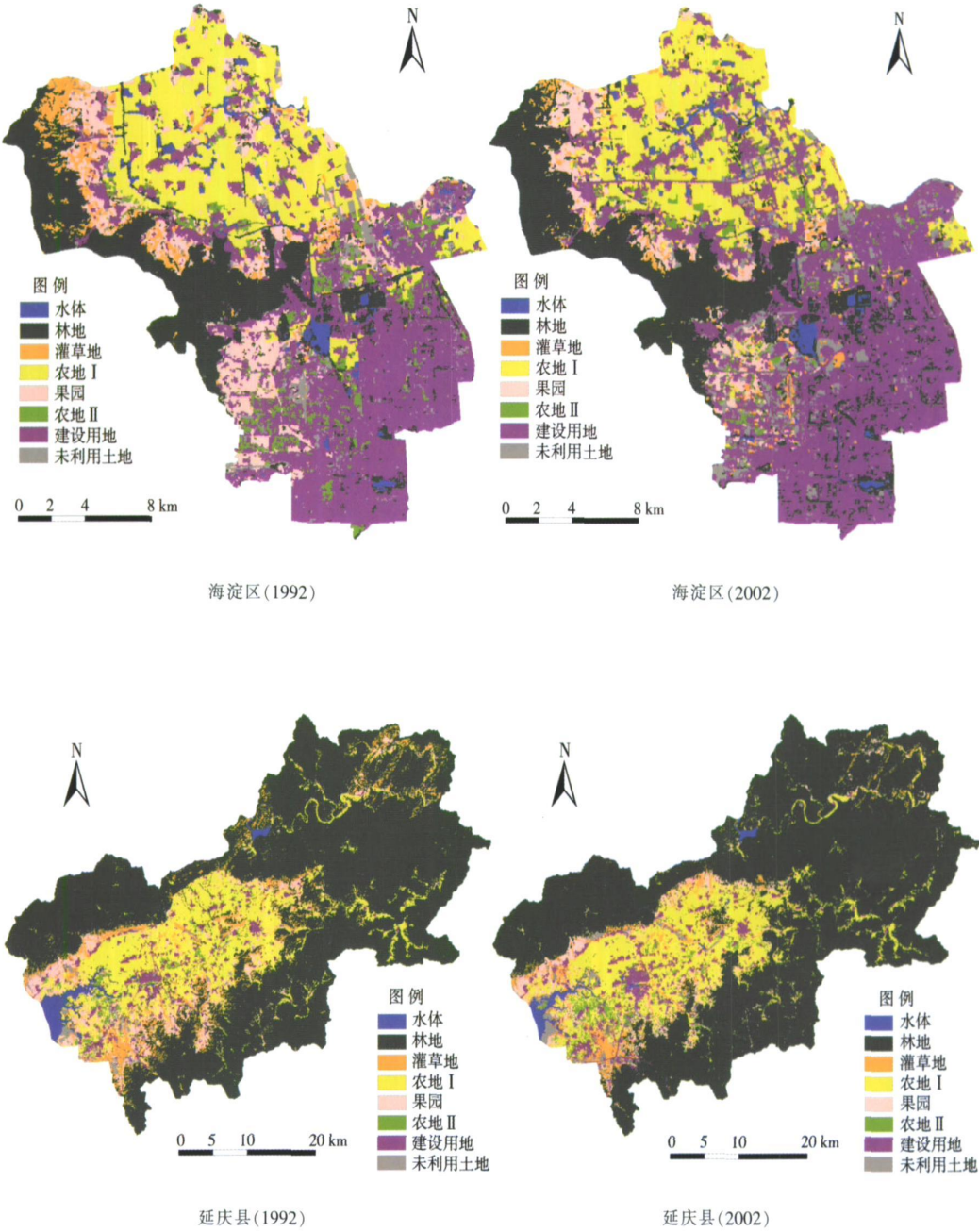


图 1 海淀区、延庆县 1992 年和 2002 年土地利用图

Fig.1 Land use pattern of Haidian District and Yanqing County in 1992 and 2002