
城市化过程对土地覆被空间格局的影响研究

——以湖南省长沙市为例

董明辉¹，魏晓²，邹滨³

(1. 湖南文理学院资源环境与旅游学院，中国 湖南 常德 415000；

2. 湖南省经济地理研究所，中国 湖南 长沙 410004；

3. 中南大学信息物理工程学院，中国 湖南 长沙 410083)

【摘要】研究不同时段土地覆被及其景观格局变化对于明确城市化过程中人类对环境的作用机制具有重要意义。论文首先基于研究区遥感影像和土地利用现状图提取了长沙市1973—2005年5个时相的土地覆被数据；然后基于FRAGSTATS 3.3，从景观和类型两个级别分析了长沙市近32年来不同时间段的景观格局特征；最后通过回归分析进一步探讨了长沙市各类土地覆被类型景观指数与城市化水平之间的相关性。研究结果表明：①城市化过程中，长沙市建设用地和非林植被发生了明显变化，且建设用地的增加主要通过蚕食非林植被得以实现，而林地与水体的变化较小；②随着城市化进程的推进，长沙市总的土地覆被景观格局呈现出“随机分布—破碎扩张—局部集聚”这一个复杂变化过程；③城市化过程对不同土地覆被景观格局的影响存在明显差异；④各类土地覆被类型景观指数与城市化水平之间存在相关性，但其相关程度存在差异。研究结果对于研究区的城市规划和土地利用规划具有一定的指导作用。

【关键词】城市化；土地覆被；景观格局；长沙市

【中图分类号】F301.2；F291.1

【文献标识码】A

景观格局是不同大小、形状的景观斑块相互作用的结果，它决定着自然资源的分布与配置，从而抑制着各种景观生态过程^[1-2]。作为景观格局变化的主要驱动力，城市化是一个将农用地转变为城市用地^[3]，并由此导致土地覆被及其地表特征发生重大变化的复杂过程^[4-6]。因此，准确量化城市化过程中土地覆被格局的变化是全面了解城市化过程中人类对于自然环境作用机制的重要途径。然而，尽管当前已有很多关于城市化过程中土地覆被时空变化的研究成果^[7-8]，但综合分析城市化过程对不同土地覆被格局影响差异，尤其是针对长沙市土地覆被及其景观格局变化的研究却鲜见报道^[9-10]。本文即希望利用多时相遥感影像与土地利用现状图，定量分析近32年长沙市土地覆被及其景观格局的变化过程，并在此基础上进一步探讨长沙市城市化过程对不同类型土地覆被格局的空间演化特征，为长沙市城市规划和土地利用规划提供参考。

收稿时间：2009 - 09 - 18；**修回时间：**2009 - 11 - 22

作者简介：董明辉（1955—），男，湖南常德人，教授。主要研究方向为资源管理与区域开发。E-mail：mhdong1954@yahoo.com.cn。

1 研究区概况

长沙市位于长江经济带和华南经济圈结合部，是湖南省的政治、经济、文化和交通中心。市区总面积556 km²，辖开福、岳麓、天心、芙蓉和雨花5区。自1972年湘江一大桥的竣工，长沙市即开始进入沿湘江两岸快速发展的阶段，城市规模日益扩大，城市经济蒸蒸日上。截止到2004年底，市区总人口202.47万人，建成区面积135.84 km²，市区国内生产总值达到680 426万元，人均GDP 29 482元。

2 数据来源与方法

2.1 数据来源

本文所采用的数据包括研究区1973年的MSS影像、1993年、1998年的TM影像、2001年ETM+影像和2005年1:50 000的土地利用现状图。辅助数据包括长沙市1:100 000地形图、1:50 000行政区划图和社会经济方面的统计数据等。

2.2 土地覆被信息提取

首先利用ENVI4.3的FLASH模块对各时相遥感影像进行辐射校正；然后利用ERDAS IMAGINE8.7的几何校正功能，以长沙市1:100 000地形图为底图，对1998年的TM影像进行几何校正，并以此为基础，对其它时相影像进行相对校正，且将均方根误差控制在一个像元以内；最后利用最大似然法提取长沙市不同时相的土地覆被分类图，并对研究区2005年的土地利用现状图进行再分类。

2.3 景观指数计算

选取景观级的斑块数量(NP)、斑块密度(PD)、平均斑块大小(MPS)、散布与并列指数(IJI)、蔓延度(CONT)和破碎度指数(FRAG)分析长沙市近32年来土地覆被总体景观特征的变化。另外选取类型级别的斑块面积百分比(PLAND)、斑块密度(PD)和平均斑块大小(MPS)分析长沙市各类型土地覆被景观格局变化的差异。并根据前人研究成果^[1]，选定30 m作为景观指数计算的最佳网格大小。

2.4 回归分析

利用SPSS对长沙市近32年来各类土地覆被类型级景观指数与城市化水平进行回归。根据地理学相关定律，在此过程中我们假设：①全市各区土地覆被格局的变化可以通过该区内类型级景观指数：斑块数量(NP)、斑块密度(PD)、平均斑块大小(MPS)、加权形状指数(SHAM)、分离度指数(DIVI)、聚集指数(AI)、优势度指数(DOMI)、破碎度指数(FRAG)和有效斑块大小(MESH)加以表征；②全市各区城市化水平即为该区内建设用地位于其土地总面积中所占的比例；③两者之间的关系可以用以下方程模拟：

$$Y = aX^2 + bX + c, R^2 = d \quad (1)$$

式中：Y是表征土地覆被格局的类型级景观指数，X是城市化水平，a、b是系数，c是常数，d是皮尔逊相关系数。由于是长沙全市包含5个区，且每个区拥有1973、1993、1998、2001和2005年5个时相的数据，因此基于公式(1)回归过程，我们可以得到如图4至图7所示反映类型级景观指数与城市化水平之间关系的散点图(散点数量n = 25)。

3 结论与讨论

3.1 不同时段土地覆被格局基本特征分析

如图 1 所示, 自 1973 年开始的 32 年间, 长沙市土地覆被格局发生了明显变化。具体而言, 建设用地的变化幅度最大, 其所占比例由 1973 年的 20.65% 上升至 2005 年的 51.87%, 年均上升幅度为 0.98%; 非林植被比例却由 1973 年的 58.13% 下降至 2005 年的 21.44%, 年均下降幅度为 1.15%; 与此同时, 林地和水体的变化幅度较小, 分别为 2.90% 和 3.30%, 但在此过程中, 也曾呈现出“先增加后下降”的趋势。

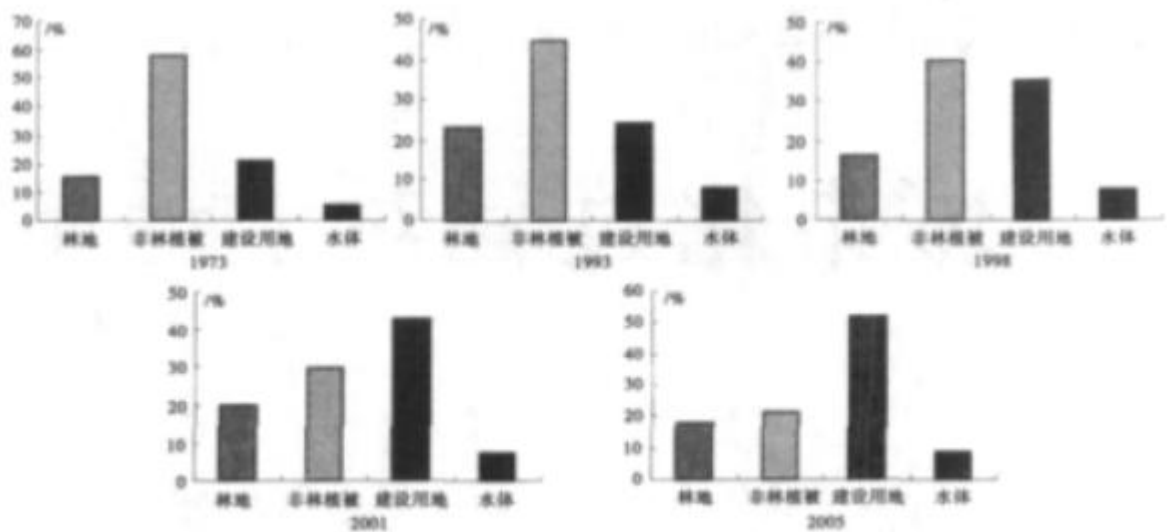


图 1 长沙市各类土地覆被变化图(1973—2005)

Fig.1 Different types of land cover of Changsha city during 1973 to 2005

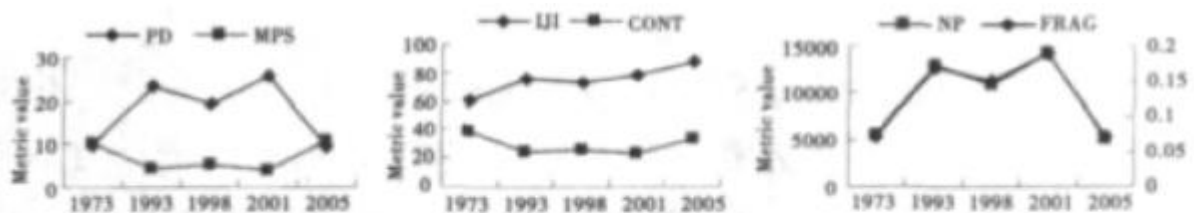


图 2 长沙市景观指数的变化(1973—2005)

Fig.2 Variations of landscape metrics of Changsha City during 1973 to 2005

3.2 景观级土地覆被空间格局变化分析

图 2 表明, 1973—2005 年的 32 年间, 长沙市土地覆被格局呈现出“随机分布—破碎扩张—局部集聚”这一复杂变化过程,

且呈现出阶段差异性。1973—1993 年，长沙市景观级的斑块数量（NP）、破碎度指数（FRAG）、斑块密度（PD）、散布与并列指数（IJI）均呈现出迅速增大的趋势，而平均斑块大小（MPS）、蔓延度（CONT）迅速减小，由此反映了长沙市土地覆被格局破碎程度的加剧，整个城市建设呈现出单一的向外部空间扩展的模式；1994—1998 年，随着城市化进程的推进，长沙市土地覆被格局的斑块数量（NP）、破碎度指数（FRAG）、斑块密度（PD）、散布与并列指数（IJI）均呈现出减小的变化趋势，由此不难发现，全市建设用地的扩张模式开始逐步由单一的向外部空间扩展向外部空间扩展与内部填充相结合转变；1999—2001 年间，随着长沙市五一大道、潇湘大道等道路的竣工，长沙市又进入了新一轮的城市建设高峰期，整个城市土地覆被格局呈现出斑块数量（NP）增加、破碎度指数（FRAG）加大、平均斑块大小（MPS）减小、蔓延度（CONT）减少等一系列景观破碎化特征，城市建设进入以圈层状、轴线状为主的连续扩张形态；2002—2005 年，伴随着长沙市城市规划和土地利用规划等规划措施的实施，长沙市土地覆被斑块数量（NP）增加、破碎度指数（FRAG）、斑块密度（PD）迅速减小，平均斑块大小（MPS）、蔓延度（CONT）迅速增大，由此反映了全市开始进入由先前以圈层状、轴线状为主的连续扩张形态向以斑块与组团状为主的非连续扩展形态转变的过程。

3.3 类型级土地覆被空间格局变化分析

参照 Sunil 等人的研究^[12]，本部分分别以斑块密度（PD）、斑块面积百分比（PLAND）和聚集度指数（AI）为 x，y 和 z 轴建立了基于三维空间的长沙市各类土地覆被景观格局变化趋势与强度图（图 3）。从图 3 不难发现，1973—2005 年，长沙市建设用地和非林植被的景观格局发生了巨大变化，而林地与水体的景观格局变化较小。其中建设用地斑块面积百分比 32 年间上升了 31.22%，而同期非林植被斑块面积百分比（PLAND）下降了 36.68%。此外，除建设用地外，长沙市各类土地覆被格局的聚集度指数（AI）均呈现出不同程度的减小，由此亦反映出了长沙市城市化过程对不同类型土地覆被格局影响的差异性。尽管如此，长沙市各类土地覆被斑块密度（PD）的变化也反映了城市化过程中各类土地覆被格局变化的共同特征，即 1973—2001 年，长沙市各类土地覆被格局均呈现出破碎度增大的趋势，而 2002—2005 年却呈现出聚集度增大的趋势。可见，随着城市化水平的提高，人类对土地的作用方式经历了由粗放向集约、无序向有序的转变过程。

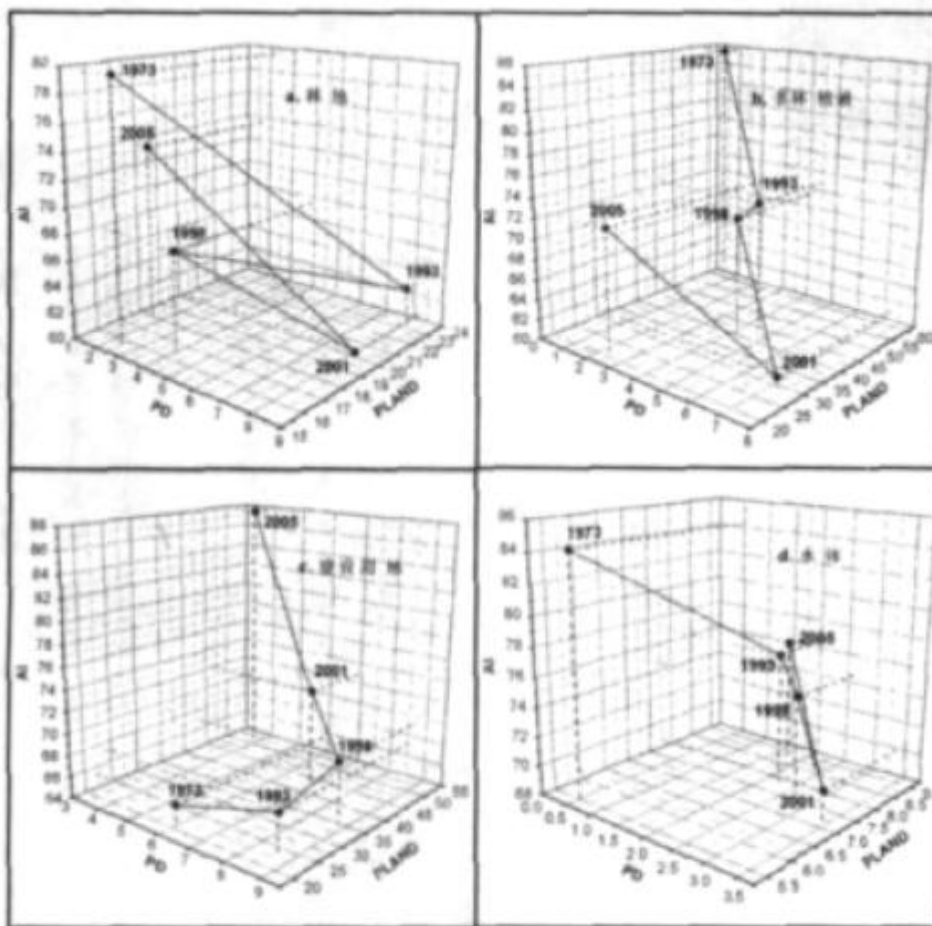


图 3 基于三维空间的各类土地覆被景观变化趋势与强度图(1973—2005)

Fig.3 Variations of trends and intensities of different types of land cover landscapes in 3-D space during 1973 to 2005

3.4 城市化水平与类型级景观指数的回归分析

如图 4 所示, 城市化过程并未造成长沙市林地景观格局的重大改变。除林地景观优势度指数 (DOMI) 与城市化水平之间存在较强的负相关外 (相关系数 0.4459), 其它林地类型级景观指数与城市化水平之间的相关性均较弱。此种与前人相关研究相反的结论^[3, 15], 主要是受洞庭湖区“退耕还林”政策的影响。此外, 全市林地景观分离度指数 (DIVI)、聚集度指数 (AI) 和加权形状指数 (SHAM) 的变化在一定程度上也反映出了人们在城市化过程中对林地景观格局的影响: 在城市化初期, 林地处于随机分布状态, 而随着城市化进程的推进, 林地景观逐渐破碎, 直至在较高城市化水平下趋于规则。

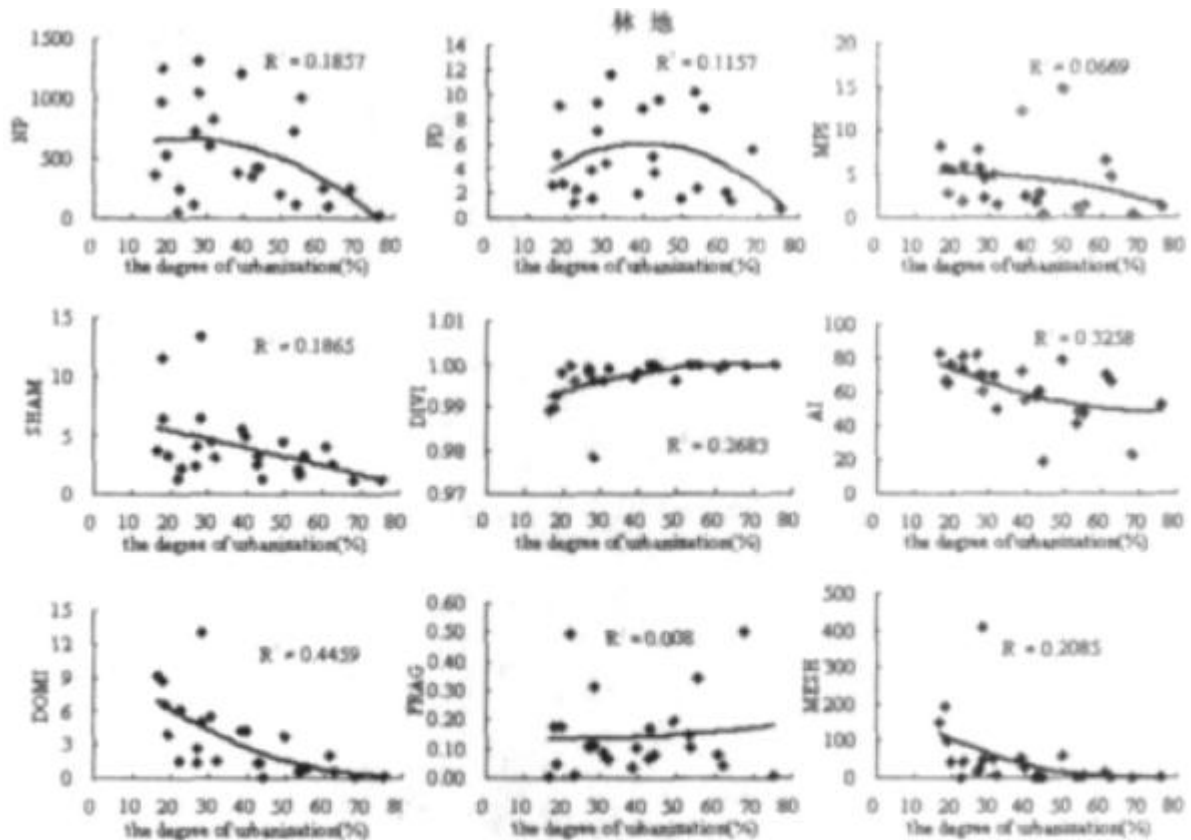


图4 林地类型级别景观指数与
城市化水平之间的回归分析

Fig.4 Regression analysis results based on forest landscape metrics and urbanization degree

如图1所示,在长沙市城市化过程中,建设用地的增加主要通过蚕食非林植被(主要是耕地)的方式实现,这恰好与图5所反映的规律一致:1973—2005年,随着城市化水平的提高,非林植被占全市土地总面积的比例逐渐下降,优势度指数(DOMI)逐渐减小,与城市化水平的负相关系数值达到0.5679。与此同时,其景观格局亦随着城市化进程的推进,变得更加破碎,平均斑块大小(MPS)、有效网格大小(MESH)逐渐减小,分离度指数(DIVI)逐渐增大,并且这些景观指数与城市化水平的相关性分别高达0.4078、0.5882和0.5183。此外,非林植被的斑块数量(NP)、斑块密度(PD)、聚集度指数(AI)和破碎度指数(FRAG)的变化,亦反映出随着长沙市土地利用规划对耕地保护作用的加强,全市的非林植被景观格局正经历一个“自然分布—人工干扰破碎—规则集聚分布”的转变过程。

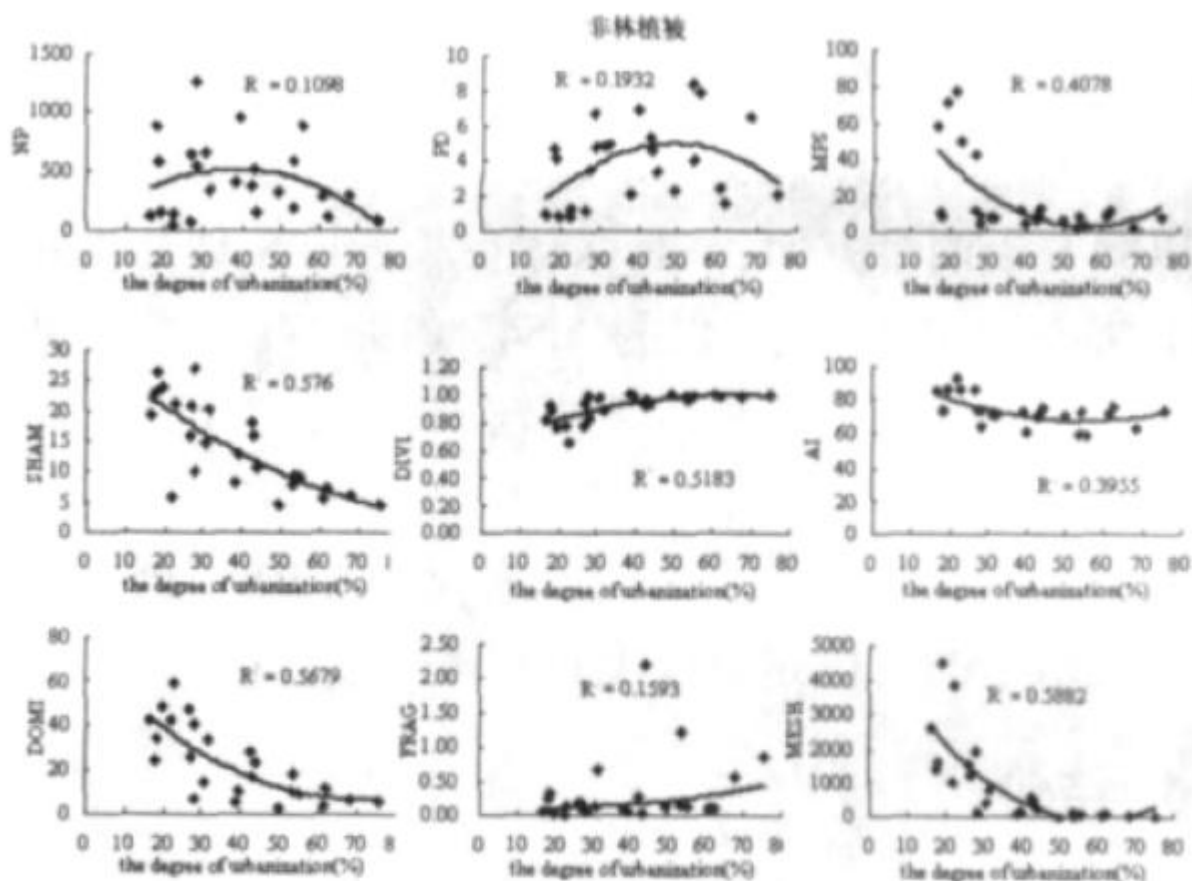


图5 非林植被类型级景观指数与
城市化水平之间的回归分析

**Fig.5 Regression analysis results based on non-forest
landscape metrics and urbanization degree**

通常情况下，建设用地被认为是城市化过程中受人类影响最大的土地覆被类型。如图6所示，1973-2005年间，长沙市建设用地的斑块数量（NP）、平均斑块大小（MPS）、分离度指数（DIVI）、聚集度指数（AI）、优势度指数（DOMI）和有效网格大小（MESH）与城市化水平之间的相关系数分别高达0.6152、0.9006、0.7971、0.7833、0.7712和0.6685，由此证明了城市化过程对全市建设用地景观格局的影响。此外，建设用地优势度指数（DOMI）的增大还反映了城市化过程中建设用地集聚程度的变化，同时也在一定程度上反映了建设用地对城市土地覆被整体景观格局的影响。

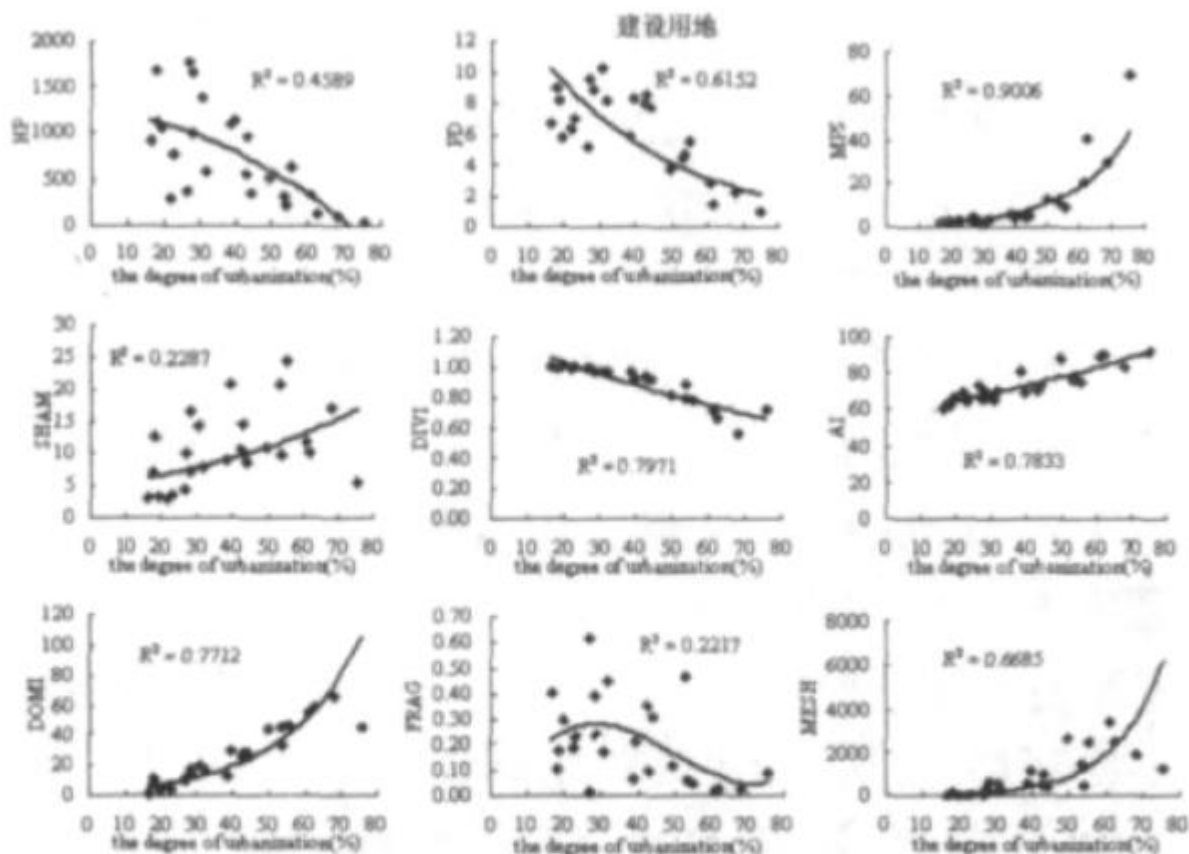


图 6 建设用地类型级景观指数与
城市化水平之间的回归分析

Fig.6 Regression analysis results based on built-up
landscape metrics and urbanization degree

如图 7 所示，1973—2005 年，长沙市水体类型级景观指数与城市化水平之间的相关性较弱，均在 0.40 以下，因而不难得出，整个城市化过程对长沙市范围内的水体景观并未造成严重干扰。其原因可以归究于两个方面：一是水体在长沙市土地总面积中所占的比例较小，仅为 5.54%（1973 年），且除湘江、浏阳河外，其它水体斑块较小，不足以阻碍全市的城市化过程，因而未遭破坏；二是近 32 年来，长沙市水体总面积的年均变化率仅为 0.10%，因而其景观格局的变化亦相应较弱。

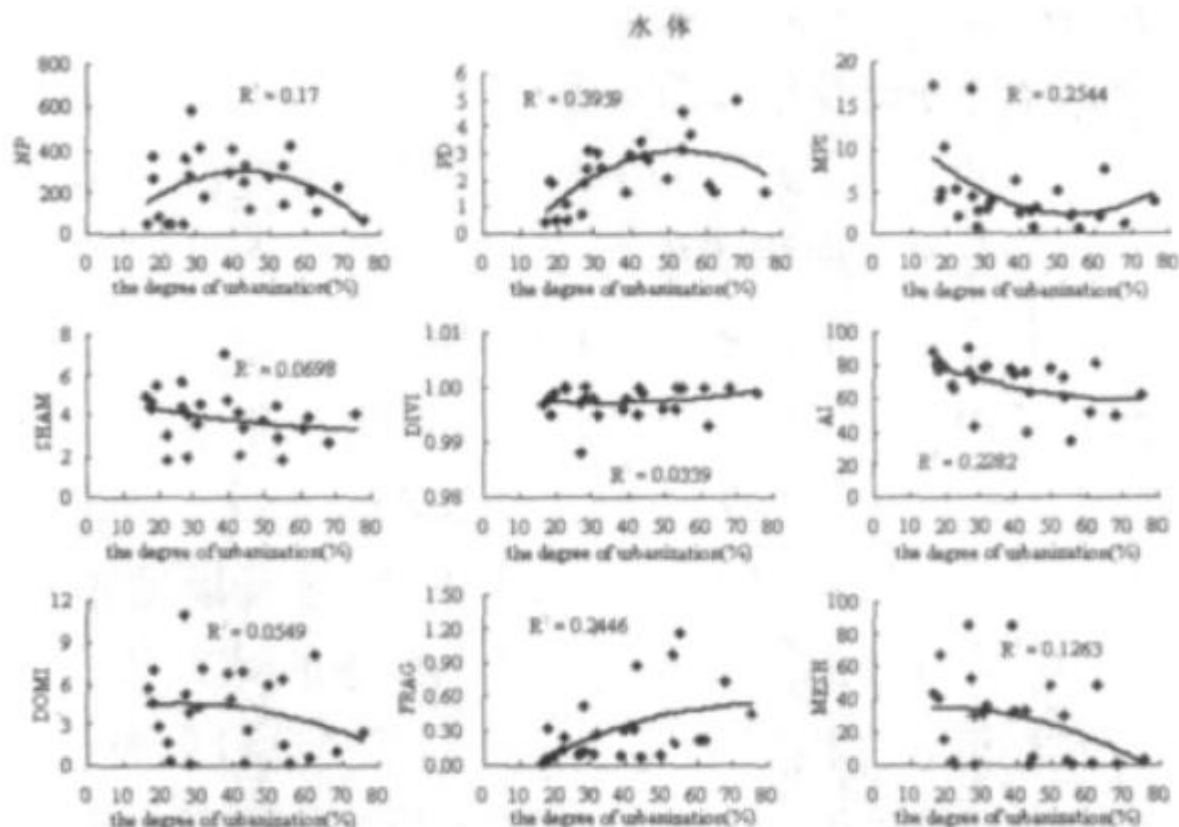


图7 水体类型级景观指数与城市化水平之间的回归分析
Fig.7 Regression analysis results based on water landscape metrics and urbanization degree

4 结论

第一，城市化过程中，长沙市建设用地与非林植被景观变化较大，且建设用地的增加主要通过蚕食非林植被（主要为耕地）实现，而林地与水体景观基本保持不变。

第二，随着城市化进程的推进，整个长沙市的土地覆被景观格局呈现出“随机分布—破碎扩张—局部集聚”这一复杂变化过程。

第三，城市化过程对不同类型土地覆被格局的影响存在明显的差异性，如伴随着建设用地景观格局集聚度的增加，非林植被的破碎程度却愈演愈烈。

第四，各种土地覆被类型级景观指数与城市化水平之间均存在一定的相关性，但具体相关的景观指数、相关程度均存在差异。

研究城市化对土地覆被格局时空变化的影响机制是明确城市化过程生态环境效应的前提。本研究通过分析城市化过程对不同类型土地覆被的影响差异，为人们提供了一种更好地理解城市化建设中城市土地覆被景观格局变化的方法，从而为城市规划和土地利用规划提供了有益参考。尽管如此，考虑到不同类型级景观指数在反映不同类型土地覆被格局变化时的可靠性与准确

性, 本研究所采用的研究方法及得到的研究结论还有待于相关研究的对比检验。

参考文献:

- [1] Pan. D. Y and Domon. G. Temporal(1958~1993) and spatial patterns of land use changes in Haut-Saint-Lanurent (Quebee, Canada)and their relation to landscape physical attributes[J]. International Journal of Landscape Ecology, 1999(14): 35 - 52.
- [2] Wiens. J. A, the science and practice of landscape ecology [C].//Klopatek JM, Gardner RH, eds. Landscape ecological and Analysis: Issues and Applications. New York: Springer Verlag, 1999: 372 - 383.
- [3] Weng. Y. C. Spatiotemporal changes of landscape pattern in response to urbanization [J]. Landscape and Urban Planning, 2007, doi: 10.1016/j.landurbplan.2007.01.009.
- [4] Maests, J. D, Knight, R. I, Gilgert, W. C. Biodiversity across a rural land-use gradient[J]. Conservation Biology, 2003, 17(5): 1425- 1434.
- [5] Pouyat. R. V, McDonnell. M. J, Pickett. S.T.A. Soil characteristics of oak stands along an urban-rural land-use gradient[J]. International Journal of Environment, 1995, 24 (3): 516 - 526.
- [6] Wear. D. N, Turner. M. G, Naiman. R. J. Land cover along an urban-rural gradient: implications for water quality [J]. Ecological Application, 1998, 8(3): 619 - 630.
- [7] 张换兆, 郝寿义. 城市空间扩张与土地集约利用[J]. 经济地理, 2008(3): 419 - 424.
- [8] 张安定, 李德一, 王大鹏, 等. 山东半岛北部海岸带土地利用变化与驱动力——以龙口市为例[J]. 经济地理, 2007(6): 1 007 -1 010.
- [9] 周国华, 贺艳华. 长沙市城市扩张特征及影响因素[J]. 地理学报, 2006, 61(11): 1 171 - 1 180.
- [10] 胡德勇, 李京, 陈云浩, 等. 基于多时相Landsat 数据的城市扩张及其驱动力分析[J]. 国土资源遥感, 2006(4): 46 - 49.
- [11] Wu. J.G. Effects of changing scale on landscape pattern analysis: scaling relations[J]. International Journal of Landscape Ecology, 2004(19): 125 - 138.
- [12] Sunil. N, Deepak. R. M, Robert. G. R. Change detection and landscape metrics for inferring anthropogenic processes in the greater EFM0 area [J]. Remote Sensing of Environment, 2004(91): 478 - 489.