

# 基于遥感的黄浦江沿岸土地利用时空演化特征分析

冯永玖, 韩震

(上海海洋大学海洋科学学院, 上海 201306)

**摘要:**以上海市1992年和2008年的TM/ETM+卫星影像为基础,在GIS技术的支持下,选择黄浦江沿岸东西分别宽5 km的范围,并以上海市内外环线分割整个沿岸成为4个子区域,利用遥感监督分类方法获取土地利用图。采用土地利用动态度、强度和相对变化率等指标进行定量描述,结合GIS图形空间分析功能绘制新增建设地图,进而从定性和定量两个方面分析了黄浦江沿岸土地利用的时间演化和空间格局。研究表明,1992~2008年黄浦江沿岸建设用地大量增长,园林用地微量上升,耕地骤减;外环外南部土地利用变化强度较大,东部区域土地利用动态度和强度大于整体平均水平。

**关键词:**土地利用变化;遥感;时空演化;黄浦江沿岸

**中图分类号:** TP 79 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001-070X(2010)02-0091-06

## 0 引言

作为全球环境变化的关键组成部分,土地利用/覆盖变化(LUCC)已成为国际国内的热点问题<sup>[1,2]</sup>。随着土地利用变化研究的深入,其数据获取手段和研究方法都得到了极大丰富<sup>[3]</sup>。在数据获取方面,传统的统计或实地调查方式耗费大量时间和财力,存在空间定位准确度差、数据不一致性等问题,导致数据可信度低<sup>[4,5]</sup>,无法满足大范围土地资源的勘察。卫星遥感能够及时提供多时相、多光谱分辨率和多空间分辨率的地面影像,对影像进行准确解译即可获取土地利用覆盖地图<sup>[6,7]</sup>,获取的数据可在GIS环境下进行空间分析,获取更多有用信息。

黄浦江岸线为上海城市发展的中轴线,整个城市的土地开发利用由该轴线扩散和延伸。本文以黄浦江沿岸东西分别宽5 km的范围为例,以城市环线将其划分为若干子区域,研究其土地利用变化的时间演化和空间分异特征。研究表明,系统地分析黄浦江沿岸土地利用时空格局,对于认识该区域甚至整个上海市土地利用结构和城市化趋势均具有重要意义。

## 1 研究方法及其研究区域

### 1.1 研究方法

(1)土地利用动态度(K)。单一土地利用类型

动态度表征特定时间范围内,研究区某种土地利用类型的数量变化情况,即

$$K = \frac{LU_{t_2} - LU_{t_1}}{LU_{t_1}} \times \frac{1}{t_2 - t_1} \times 100\% \quad (1)$$

式中, $LU_{t_1}$ 、 $LU_{t_2}$ 分别为研究起始时间及结束时间某种土地利用类型的数量; $t_2 - t_1$ 为研究时段长<sup>[8,9]</sup>。

(2)综合土地利用动态度(LC)<sup>[8]</sup>。

$$LC = \left[ \frac{\sum_{i=1}^n |\Delta LU_{i-j}|}{2 \sum_{i=1}^n \Delta LU_i} \right] \times \frac{1}{t_2 - t_1} \times 100\% \quad (2)$$

式中, $LU_i$ 为监测起始时间第*i*类土地利用类型面积; $\Delta LU_{i-j}$ 为监测时段内第*i*类土地利用类型转为非*i*类土地利用类型面积(*j*表示非*i*类); $t_2 - t_1$ 为监测时段长度。

(3)土地利用变化强度(I)。

$$I = \frac{LU_{t_2} - LU_{t_1}}{TLUA} \times \frac{1}{t_2 - t_1} \times 100\% \quad (3)$$

式中,TLUA为研究单元土地总面积,其余指标含义与式(1)相同。

(4)土地利用相对变化率(R)。土地利用变化存在着显著的区域差异,可以用各区域某种土地利用类型相对变化率来表征<sup>[8]</sup>,即

$$R = \left[ \frac{LU_{t_2}}{LU_{t_1}} \right] / \left[ \frac{TLU_{t_2}}{TLU_{t_1}} \right] \times 100\% \quad (4)$$

式中, $TLU_{t_1}$ 、 $TLU_{t_2}$ 分别为整个研究区特定土地利用类型在研究起始及结束时间的面积。若 $R > 1$ ,则

收稿日期: 2009-10-10; 修订日期: 2009-12-10

基金项目: 教育部科学技术研究重点项目(编号: 209047)、上海市科学技术委员会重点项目(编号: 08230510700)以及上海高校选拔培养优秀青年教师科研专项基金(编号: SSC09018)联合资助。

表示该区域某种土地利用类型变化较全区域大<sup>[8]</sup>。

### 1.2 研究区域与技术路线

#### 1.2.1 研究区域

黄浦江源自太湖和淀山湖,位于上海市境内,流经青浦、松江、闵行等上海市郊区,下游贯穿于上海市区,将上海市区分为浦西与浦东两部分,全长 113.4 km。近 20 a,尤其是浦东开放开发以来,上海处于加速工业化和城市化的发展阶段,先进装备制造业、重化工业及现代服务业持续增长,城市化水平不断提高,上海的城市建设已由沿苏州河的发展转向了黄浦江两岸的综合开发。本研究所指的黄浦江西起竖潦泾(横潦泾与大泖港汇合处)、东至吴淞口(黄浦江与长江汇合处),全长 81.83 km。

#### 1.2.2 研究数据

研究数据主要为 Landsat TM 1992 年 7 月 18 日和 Landsat ETM+ 2008 年 3 月 24 日的两组遥感影像,辅以上海市行政区域、道路和河流的矢量地图。经过几何纠正、配准的两期影像,误差小于 0.7 个像元。以黄浦江河流中心线为基准,在 ArcMap 环境下以 5 km 的距离生成缓冲区,利用此缓冲区在 Envi 4.2 环境下裁切得到研究区域(如图 1),总面积 684.56 km<sup>2</sup>,其中水域面积 42.05 km<sup>2</sup>。进一步以上海市内环线 and 外环线为边界,将研究区域裁切为 4 个部分,供区域比较分析使用,这 4 个区域分别是:内环内、内外环之间、外环外北(部)和外环外南(部),如图 1(c)所示。

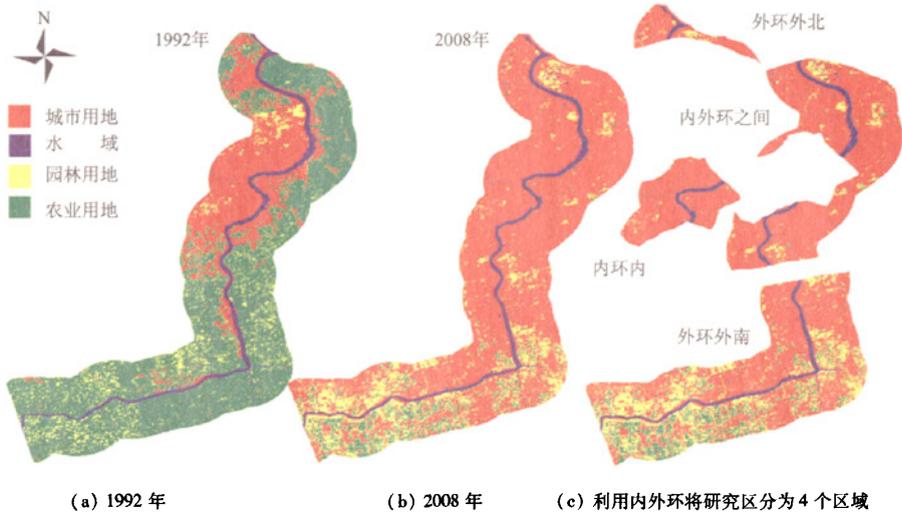


图 1 黄浦江沿岸土地利用遥感分类图

Fig. 1 Land use maps classified from remote sensing images in Huangpu River Coast

在上述影像内均匀选取较为纯净的区域作为训练样本,利用 Envi 4.2 的最小距离法进行监督分类,类别为建设用地、水域、园林用地(包括城市绿地、菜园、果园等)和耕地。以上海市 2008 年土地利用图作为验证分类精度的基准,得到 2008 年分类精度为 81.5%,总体上满足研究要求。

在 GIS 环境下对上述分类结果进行面积统计,分别得到 1992 年和 2008 年黄浦江沿岸土地利用情况,如表 1 所示。在后续计算中,涉及浦西、浦东分区的面积时,扣除黄浦江域的面积,只保留内陆水域面积;16 a 间水域面积变化甚微,可认为保持原面积不变。

表 1 1992~2008 年黄浦江沿岸土地利用情况

Tab. 1 Land use changes of Huangpu River Coast from 1992 to 2008

(hm<sup>2</sup>)

| 区域    | 水域       | 1992 年    |          |           | 2008 年    |           |          | 总面积       |
|-------|----------|-----------|----------|-----------|-----------|-----------|----------|-----------|
|       |          | 建设用地      | 园林用地     | 耕地        | 建设用地      | 园林用地      | 耕地       |           |
| 黄浦沿岸  | 4 204.98 | 18 031.77 | 8 408.97 | 37 812.78 | 48 056.40 | 11 410.65 | 4 786.47 | 68 458.50 |
| 内环内   | 535.59   | 6 201.09  | 356.13   | 528.39    | 6 768.09  | 317.52    | 0.00     | 7 621.20  |
| 内外环之间 | 1 570.77 | 8 987.85  | 1 780.65 | 10 780.20 | 19 235.34 | 2 163.87  | 140.49   | 23 110.47 |
| 外环外北  | 272.43   | 1 112.49  | 71.73    | 1 568.61  | 2 361.15  | 371.25    | 20.43    | 3 025.26  |
| 外环外南  | 1 826.19 | 1 730.34  | 6 200.46 | 24 935.58 | 19 682.82 | 8 558.01  | 4 625.55 | 34 692.57 |

#### 1.2.3 技术方案

研究方案基于遥感和 GIS 技术,包括 3 个方面

的内容,分别是数据处理、指标计算和结论分析(如图 2)。

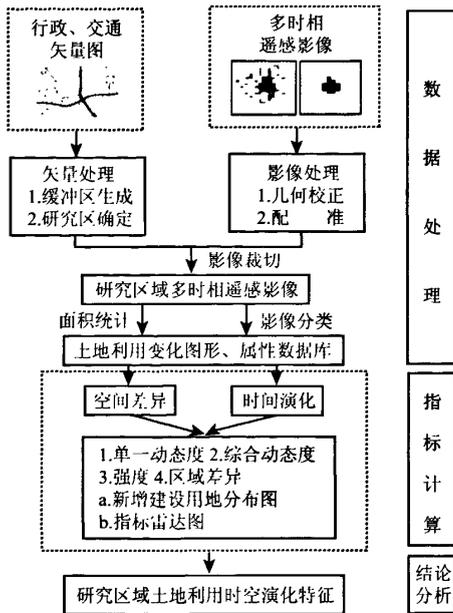


图 2 土地利用时空演化研究技术方案

Fig. 2 Flow chart of the study on spatio-temporal evolution of land use pattern

首先进行数据处理,对获取的 TM/ETM<sup>+</sup> 遥感影像进行几何纠正、配准,辅以 GIS 手段生成缓冲区,即研究区,从而得到研究区域的遥感影像库,并通过 GIS 方法获取各种土地类型的面积,生成属性数据库;然后,以土地利用评价理论和方法为基础,计算相应的单一动态度、综合动态度、强度和相对变化率,并绘制新增建设用地分布图和指标雷达图;最后,分析土地利用的时间演化趋势和空间分布格局,进一步从驱动因素等方面分析其原因。

## 2 黄浦江沿岸土地利用时空特征

### 2.1 时间演化分析

分别计算黄浦江沿岸总体区域和 4 个分区域,以及其相应的浦西和浦东分区的土地利用指标(表 2),可研究其数量、动态度、变化强度、相对变化率等特征,其中相对变化率指标基于的整体面积是本研究中黄浦江沿岸全域。

表 2 黄浦江沿岸土地利用动态度、变化强度及区域差异指数

Tab. 2 Land use dynamic velocity, intensity and regional differences in Huangpu River Coast (%)

| 区域    | 动态度    |       |       | 综合动态度 | 变化强度 |       |       | 相对变化率   |
|-------|--------|-------|-------|-------|------|-------|-------|---------|
|       | 建设用地   | 园林用地  | 耕地    |       | 建设用地 | 园林用地  | 耕地    |         |
| 黄浦沿岸  | 10.41  | 2.23  | -5.46 | 1.64  | 2.74 | 0.27  | -3.02 | —       |
| —浦西   | 4.99   | 2.29  | -5.83 | 1.38  | 2.18 | 0.28  | -2.47 | 67.50   |
| —浦东   | 27.25  | 2.18  | -5.26 | 1.87  | 3.21 | 0.27  | -3.47 | 201.11  |
| 内环内   | 0.57   | -0.68 | -6.25 | 0.23  | 0.46 | -0.03 | -0.43 | 40.95   |
| —浦西   | 0.10   | -1.07 | -6.25 | 0.05  | 0.09 | -0.07 | -0.03 | 38.14   |
| —浦东   | 2.52   | 30.99 | -6.25 | 0.77  | 1.41 | 0.06  | -1.47 | 52.63   |
| 内外环之间 | 7.13   | 1.35  | -6.17 | 1.49  | 2.77 | 0.10  | -2.88 | 80.30   |
| —浦西   | 2.19   | -1.36 | -6.25 | 0.74  | 1.48 | -0.13 | -1.35 | 50.65   |
| —浦东   | 17.63  | 4.01  | -6.15 | 2.06  | 3.60 | 0.26  | -3.86 | 143.37  |
| 外环外北  | 7.02   | 26.10 | -6.17 | 1.91  | 2.58 | 0.62  | -3.20 | 79.64   |
| —浦西   | 2.38   | 39.52 | -6.25 | 1.73  | 1.33 | 1.06  | -2.39 | 51.84   |
| —浦东   | 39.53  | 0.61  | -6.11 | 2.16  | 4.29 | 0.01  | -4.31 | 274.83  |
| 外环外南  | 64.84  | 2.38  | -5.09 | 2.04  | 3.23 | 0.42  | -3.66 | 426.82  |
| —浦西   | 33.27  | 3.30  | -5.73 | 2.31  | 3.47 | 0.57  | -4.04 | 237.23  |
| —浦东   | 356.56 | 1.70  | -4.62 | 1.84  | 3.06 | 0.31  | -3.37 | 2178.14 |

(1) 总体上,黄浦江沿岸建设用地剧增,耕地锐减。1992 年黄浦江沿岸建设用地面积比例为 26.34%,土地利用主要构成为建设用地和耕地,占总面积比例为 81.57%;而 2008 年建设用地占 70.20%,土地利用主要构成则为建设用地和园林用地,占总面积比例为 86.87%。1992~2008 年,建设用地增长显著,动态度为 10.41%,变化强度为 2.74%;园林用地微弱增加,耕地数量显著减少。

(2) 内环内区域土地利用变化甚微。上海内环线以内,尤其是沿黄浦江沿岸 1992 年初已是高度城

市化区域,其城市化率到达 81.37%,2008 年则为 88.81%,建设用地动态度为 0.57%,变化强度为 0.46%,园林用地则从 4.67%降低为 4.17%,而耕地在该区域则全部转化其他类型的土地。

(3) 内外环之间的区域土地利用变化显著。1992~2008 年间,建设用地面积比例从 38.89% 上升到 83.23%,动态度为 7.13%,变化强度为 2.77%;园林用地变化甚微,而耕地锐减。

(4) 外环外北部土地利用变化较大,南部变化显著。1992~2008 年,北部建设用地面积比例从

55.69% 增加到 76.94%，动态度为 7.02%，变化强度为 2.58%；南部建设用地从 4.99% 上升为 56.73%，动态度为 64.84%，变化强度为 3.23%。北部园林用地微量增加，而南部园林用地增加显著。1992 年北部耕地占 38.24%，到 2008 年则全部转化为其他用地，动态度为 -6.17%，变化强度为 -3.20%；南部耕地则从 71.88% 降低到 13.33%，

动态度为 -5.09%，变化强度为 -3.66%。

### 2.2 空间差异分析

#### 2.2.1 新增建设用地的空间格局

以遥感分类数据为基础，利用两期分类土地利用图叠加，得到 1992~2008 年新增的建设用地图（如图 3）。为显示方便，将 4 个分区域的新增建设用地图均进行了重采样，图中空间尺度不一致。



图 3 黄浦江沿岸新增建设用地(1992~2008)

Fig. 3 Added built-up areas in Huangpu River Coast from 1992 to 2008

图 3 表明，黄浦江沿岸新增建设用地存在以下特点：①内环内区域新增建设用地浦东部分占绝对优势，为该区域新增面积的 85.49%，浦西部分的东南部和北部均有少量增加；②内外环之间区域新增建设用地主要出现在浦东部分，占该区域新增面积的 79.13%，这是由于内外环之间浦东部分非建设用地面积较大，并且开发力度大，是双重作用的结果；③外环外北新增建设用地 1 248.66 hm<sup>2</sup>，其中浦东部分新增 877.14 hm<sup>2</sup>，占新增面积的 70.25%；外环外北浦西部分是宝山区行政中心所在地，20 世纪 90 年代初期已有一定程度的开发，而浦东部分则以耕地为主，浦东开放之后才进行大规模的开发，因此其新增建设用地面积在外环外北区域中占有优势；④外环外南部新增建设用地面积较大，较为均衡地分布在浦西和浦东两个子区域，其中浦西新增面积为 46.29%，而浦东占 53.71%；但是由于 1992 年浦东子

区域建设用地面积仅为 1.45 km<sup>2</sup>，因此其土地利用强度要远大于浦西子区域。总体上看，新增建设用地分布呈现向浦东区域和外环外南部偏移的趋势。

#### 2.2.2 土地利用变化的方向性

(1)空间分异增强。1992 年以来，子区域内各类型用地面积序列(以 10 km<sup>2</sup> 为单位测算)的方差和标准差变化显著，其中建设用地从 1992 年的 15.09 和 3.88，大幅上升为 2008 年的 64.56 和 8.03；而耕地从 60.95 和 7.81，降低到 2.17 和 1.47；园林用地方差和标准差呈上升态势，由于其面积所占比例较小，上升幅度不显著。整体来看，各子区域间土地利用空间差异增强。

(2)以上面测算的土地利用动态度、综合动态度、变化强度和相对变化率 4 种指标为基础，绘制其雷达图(如图 4)，可以进一步分析各子区域的土地利用空间差异。

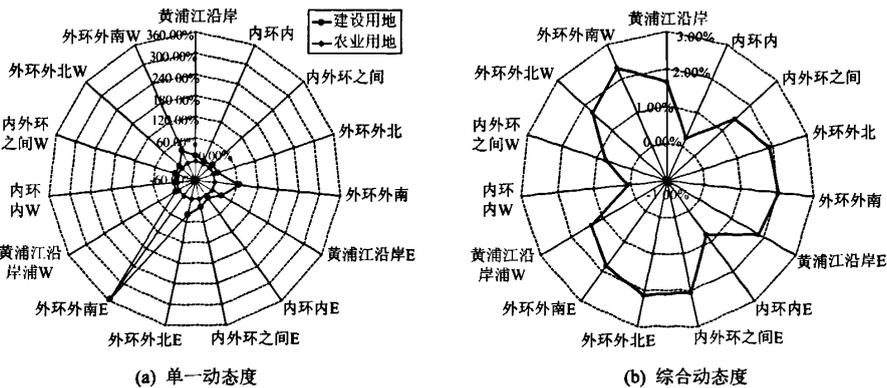


图 4(1) 4 种土地利用指标的雷达图

Fig. 4(1) Radar-graphs of the four land use indexes in Huangpu River Coast

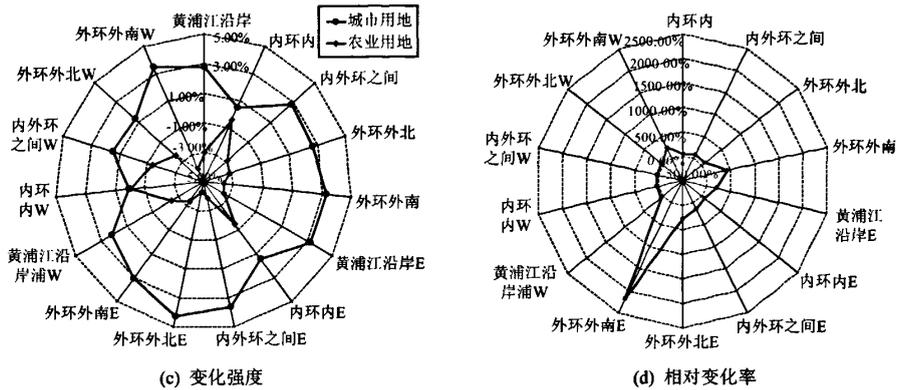


图4(2) 4种土地利用指标的雷达图

Fig.4(2) Radar-graphs of the four land use indexes in Huangpu River Coast

图4(a)显示,各子区域农业用地的单一动态度差异并不明显,而建设用地的单一动态度呈现显著的区域差异,其中浦东区域明显高于浦西区域,尤其外环外南部浦东区域单一动态度达到了356.56%,远高于其他区域。在综合动态度方面(图4(b)),黄浦江沿岸整体为1.64%,越靠近市中心区,则其综合动态度越低,均大于黄浦江沿岸区域整体平均水平。在变化强度方面(图4(c)),耕地类型均呈负值,其中内环内区域开发强度最低,而外环外区域开发强度最高;建设用地类型呈距离市中心近的区域强度低、而远离市中心的区域和浦东区域强度高的格局,其中外环外北部浦东区域变化强度最高,达到4.29%。此外,以黄浦江沿岸整体区域为基础,测算了各子区域的相对变化率(图4(d)),黄浦江沿岸浦西区域、内环内区域、内外环之间浦西区域以及外环外北浦西区域均小于黄浦江沿岸整体平均水平;黄浦沿岸浦东区域、内外环之间浦东区域、外环外北浦东区域、以及外环外南部区域均高于整体平均水平;尤其外环外南部浦东区域,其差异程度达到2178.14%,远远大于整体水平和其他区域。

### 3 结论

从1992~2008年黄浦江沿岸土地利用变化趋势来看,以区位优势、地形环境和政府调控导向为主。作为上海城市开发的中轴线,黄浦江沿岸必然承载城市化和土地利用向纵深方向的推进;而浦东的土地开发利用,是国家政策调控的必然结果。

(1)遥感和GIS作为获取及处理地表信息的重要技术,能够实现各种土地类型的区分、数量获取以及各种叠加显示分析,能够很客观地反映土地利用

变化及其时空格局的真实情况。

(2)从遥感获取的数据及GIS技术分析显示,1992~2008年黄浦江沿岸建设用地大量增长、园林用地微量上升、而耕地骤减。

(3)自上海市中心到外环线以外,黄浦江沿岸的土地利用连续且变化强度较大,是一种高密度的连续蔓延模式。

(4)黄浦江沿岸土地利用有向东延伸开发的趋势。浦东新区建区以来,在迅速聚集资金、技术和信息的同时,加速了土地利用变化的进程,包括整个黄浦江东岸多个行政区在内的区域已成为上海现代化建设的缩影。

### 参考文献:

- [1] 刘纪远,刘明亮,庄大方,等.中国近期土地利用变化的空间格局分析[J].中国科学D辑,2002,(32)12:1031-1040.
- [2] 刘盛和,吴传钧,沈洪泉.基于GIS的北京城市土地利用扩展模式[J].地理学报,2002,55(4):407-416.
- [3] 尤淑萍,刘顺喜,周连芳,等.基于CBERS-02B星数据的土地利用/覆被类型监测应用研究[J].国土资源遥感,2009(1):83-85.
- [4] 徐美,黄诗峰,黄绚.遥感用于土地利用变化动态监测中的若干问题探讨[J].遥感技术与应用,2000,15(4):252-255.
- [5] 冯永玖,刘妙龙.基于遥感的上海市土地利用时空结构演变研究[J].水土保持研究,2007,14(4):233-235.
- [6] 高志强,刘纪远,庄大方.基于遥感和GIS的中国土地利用/土地覆盖的现状研究[J].遥感学报,1999,3(2):134-138.
- [7] 洪军,江南,于雪英.上海市土地利用时空变化及驱动力分析[J].国土资源遥感,2002(3):58-61.
- [8] 王秀兰,包玉海.土地利用动态变化研究方法探讨[J].地理科学进展,1999,18(1):81-87.
- [9] 渠爱雪,卞正富,朱传耿,等.徐州城区土地利用变化过程与格局[J].地理研究,2009,28(1):97-108.

## Remote Sensing Based Spatio – temporal Evolution of Land Use Pattern in Huangpu River Coast

FENG Yong – jiu, HAN Zhen

(College of Marine Sciences, Shanghai Ocean University, Shanghai 201306, China)

**Abstract:** Land use and cover changes are remarkably characterized by the temporal evolution and spatial differences. Comprehensive studies of these characteristics are very important for understanding the structure of land use and the trend of urbanization. With the support of the remote sensing and geographical information system (GIS) techniques, the authors incised a width of 5km along the Huangpu River coast as the study area from the Landsat TM/ETM+ images of Shanghai in 1992 and 2008. Moreover, for a comparative analysis, the study area was segmented into four sub-areas with the inner and exterior ring roads of Shanghai City. The two images were classified by using the minimum distance classifier in Envi 4.2 to map the land use. Several indexes, such as land use dynamic degree, intensity and relative change rate, were calculated to describe the land use changes. With the spatial analysis functions for the graphic in a GIS environment, newly increased built-up area were mapped to qualitatively analyze the spatio-temporal evolution of land use in Huangpu River coast. This study has demonstrated that the built-up area was greatly increased, the gardened area was slightly raised, and the cultivated land was drastically decreased in Huangpu River coast form 1992 to 2008. At the same time, the land use dynamic degree and the intensity of the eastern area were larger than the indexes of the average values of the whole Huangpu River coast.

**Key words:** Land use change; Remote sensing; Spatio – temporal evolution; Huangpu River coast

第一作者简介: 冯永玖(1981 -),男,博士,讲师,从事遥感与GIS、土地利用变化、地学信息模型研究。

(责任编辑: 李 瑜)

=====  
(上接第 90 页)

## An Adaboost Based Method for Dynamic Extraction of Urban Land Use Cover with Remote Sensing Images

LI Rui<sup>1,2,4</sup>, WANG Juan – le<sup>2</sup>, REN Zheng – chao<sup>2,3</sup>

(1. College of Environment and Planning, Henan University, Kaifeng 475000, China; 2. State Key Laboratory of Resources and Environmental Information System, Institute of Geographical Sciences and Natural Resources Research, CAS, Beijing 100101, China; 3. College of grass industry, Gansu Agricultural University, Lanzhou 730070, China; 4. The 75711 Troop, PLA, Guangzhou 510515, China)

**Abstract:** The problem how to combine the low precision urban land use cover classifiers to get higher precision is dealt with in this paper. Using 2007 Shanghai CBERS (China – Brazil Earth Resources Satellite) images, the authors adopted the AdaBoost combination classifier, which can combine spectral feature information, texture structure information and decision tree classier to improve the classification precision. The experiment results show that a notable improvement of the classification precision of urban land use cover can be achieved by using AdaBoost algorithm.

**Key words:** AdaBoost; Urban land use cover; Remote sensing image; CBERS

第一作者简介: 李锐(1979 -),女,博士研究生,研究方向为城市遥感。

(责任编辑: 李 瑜)