

华阳河湖群地区滩涂地动态遥感监测研究

妙丹^{1,2}, 王石英¹, 李波², 卢书兵², 赵丽琴^{1,2}, 南箔²

(1. 四川师范大学 地理与资源科学学院, 成都 610101; 2. 北京师范大学 资源学院, 北京 100875)

摘 要:本文首先对华阳河湖群地区 1990 年、2002 年、2010 年 TM、ETM+ 数据进行分类, 基于 GIS 软件对近 20 a 滩涂地时空变化、转移过程及典型样带质心转移进行了分析, 并应用马尔科夫链预测了未来土地利用变化, 为本区滩涂地保护和利用及渔业发展提供一定的科学依据。结果如下: (1) 滩涂地总面积减少。1990—2002 年减少了 4.44 km², 2002—2010 年减少了 10.31 km²。(2) 以农业生产为主的复兴镇、洲头乡由于滩涂围垦导致滩涂地向耕地转移, 面积减少; 作为水产养殖大镇的下仓因围网养殖和围湖造田使得湖泊转换为滩涂地, 滩涂地面积增加。(3) 下仓样带滩涂地质心呈集中趋势, 距离缩小; 汇口样带呈分散趋势, 距离增大。(4) 马尔科夫链预测显示, 滩涂地、湖泊在未来依然呈减少趋势, 耕地、建设用地会持续增加, 而其他地类相对稳定。

关键词: 华阳河湖群地区; 滩涂地; 遥感; GIS; 时空变化; 马尔科夫链

中图分类号: F301, P407

文献标识码: A

文章编号: 1005-3409(2014)06-0158-06

Study on Tidal Flat of Huayang Rivers and Lakes District Based on Remote Sensing Dynamic Monitoring

MIAO Dan^{1,2}, WANG Shi-ying¹, LI Bo², LU Shu-bing², ZHAO Li-qin^{1,2}, NAN Bo²

(1. College of Geography and Resource Science, Sichuan Normal University, Chengdu 610101, China;

2. College of Resources Science and Technology, Beijing Normal University, Beijing 100875, China)

Abstract: Based on remote sensing and geography information system, and TM and ETM+ data of the year 1990, 2002 and 2010 in the region of Huayang rivers and lakes district were used. We got seven land use types including cultivated land, forest land, grassland, reservoirs and ponds, buildings, lakes and tidal flat, through the method of maximum likelihood. On the view of time and space, the dynamic changes of tidal flat, change ratio and transfer matrix of land use were analyzed. The centroids of tidal flat were analyzed by setting up two patterns along the lakeshore. In the end, following the Markov chain model, future tendency of the land use was predicted, and the results were satisfactory. The results were as follows: first, during 1990—2002, the tidal flat area decreased by 4.44 km² (from 15.67 km² in 1990 to 41.23 km² in 2002); during 2002—2010, it decreased by 10.31 km² (from 41.32 km² in 2002 to 30.92 km²). The decrease rate during 2002—2010 was faster than that during 1990—2002. The areas of cultivated land, forest land and buildings increased, the increased areas were 96.03 km², 10.03 km², 4.32 km², respectively. The areas of grassland, lakes and reservoirs decreased, the decreased areas were 1.91 km², 82.46 km², 11.26 km², respectively; second, the tidal flat decreased obviously in Fuxing and Zhoutou villages. The chief reason for that is the income mainly comes from farming in these villages, such as significantly incurring and reclamation during recent 2 decades. However, the tidal flat in Xiacang village increased because Xiacang is one of the biggest villages with abundant fishery resources, cultivation and reclaim land from lakes lead to lakes dwindling and tidal flats increase gradually; and the major trends of the land utilization in this region are that lakes turned into tidal flat while tidal flat turned into cultivated land; third, by setting up patterns outside one kilometer of lakeshore in Xiacang village and Huikou village, the Changes of the centroid of tidal flat were analyzed, in

收稿日期: 2013-12-13

修回日期: 2014-01-14

资助项目: 高等学校博士学科点专项科研基金(20120003110017)

作者简介: 妙丹(1989—), 女, 陕西岐山县人, 硕士研究生, 专业方向为 GIS 在资源保护与开发中的应用。E-mail: miaodan1989@sohu.com

通信作者: 李波(1965—), 男, 四川资阳市人, 教授, 主要从事生态系统管理、土地资源管理和生态经济方面研究。E-mail: Libo@bnu.edu.cn

the Xiacang pattern, the result showed that the centroids of tidal flat in different years obviously centralized and the distance reduced during the study period. It indicated that in this pattern, human activities as lake reclamation were centralized in the east shoreline of Huanghu. At the same time, in the Huikou pattern, the centroids of tidal flat were separated and the distance increased. It's separated because the exploitation and utilization of tidal flat were separated; last, Markov chain prediction result showed that the areas of tidal flat and lakes would still decrease in the future, and the areas of cultivated and buildings would increase, while others areas of land types would keep stable. This study can provide scientific basis for the tidal flat protection and rational utilization, and also play an important role in development of fishery in the region of Huayang rivers and lakes area.

Key words: region of HuaYang rivers and lakes district; tidal flat; RS; GIS; dynamic changes; Markov chain model

滩涂地作为宿松县的土地后备资源,对于宿松县渔业产业发展提供了良好机会。然而违法滩涂围垦、围湖造田严重影响了滩涂地和湖泊本身功能的发挥,而且对生态环境带来破坏。如何协调好滩涂地开发和生态环境保护,是华阳河湖群地区可持续发展道路上面临的一个重要难题。

国外遥感技术应用于滩涂地起始于 60 年代初。Boissonneau, Arthur N 等人用 Landsat 影像对安大略湖北部的 CLAY 地区的滩涂地进行了遥感调查。Mohamed O. Arnous & David R. Green^[1]对埃及亚克巴湾沿海带的土地资源进行信息提取和空间分析,对沿海滩涂地开发利用所产生的生态环境效益进行评估及制图。B. Deepika · K. Avinash · K. S. Jayappa^[2]对 Udupi 海岸带滩涂地变化速率进行了评估和预测。国内遥感技术应用于滩涂地始于 80 年代,对于滩涂地的研究主要集中于沿海区域^[3-6]。对于湖泊滩涂地的研究,学者^[7-12]多以湿地为研究对象,分析其变化特征、驱动因素和调控对策,而针对湖泊滩涂地的研究很少。

同样,在华阳河湖群地区,有关土地利用变化的研究较多,主要侧重于近年来华阳河湖群湿地面积、景观格局的变化及生态系统服务价值评估^[13-15],尚未有专门的湖泊滩涂地的研究。本研究除了分析 1990—2010 年 20 a 来华阳河湖群地区滩涂地面积变化和预测土地利用变化,还通过选取典型样带对滩涂地质质转移进行了分析。以期更全面、更详细的反映华阳河湖群滩涂地的时空变化规律,为当地生态环境恢复与经济发展协调可持续提供一定的理论和实践帮助。

1 研究区概况

华阳河湖群隶属于安徽省安庆市宿松县,由龙感湖、黄湖、大官湖和泊湖组成,华阳河湖群地区包括与

湖泊群相连接的下仓、复兴等 11 个乡镇,面积 1 665 km²,拥有滩涂地 180 km²,约占华阳河湖群地区的 10.8%。地理位置介于 116°00′—116°33′E,29°52′—30°58′N。华阳河湖群地区属于亚热带湿润季风型气候区,年平均气温 16.6~16.8℃,无霜期年平均 258 d。年平均降雨量 127.8~136.5 mm,日照时数为 1 800~2 100 h,总人口数为 45.1 万人,财政总收入 8 859.2 万元。本区滩涂资源丰富,据水产局统计资料显示,近年来水产养殖面积不断增长,在总经济收入中比率逐年提高。

2 数据来源与研究方法

2.1 数据选取和预处理

采用的遥感数据为 USGS 网站及对地观测中心提供的华阳河湖群地区 1990 年 11 月 2 日 TM 数据、2002 年 10 月 25 日 ETM+数据、2010 年 11 月 6 日 TM 数据。由于影像获取时间接近,又处于枯水期,因此湖泊水位受季节影响不明显;且影像的成像质量和成像时的天气状况良好,能较好地反映地表信息。

以宿松县 1:1 万地形图为参考,通过 ENVI 5.0 平台,对三期遥感数据进行了几何精校正,误差控制在 0.6 个象元内。选取 4,5,3 波段组合对三期遥感数据进行分类。

2.2 研究方法

2.2.1 滩涂地土地利用分类 研究区遥感影像分类主要采用人机交互解译的方法。人工处理参考华阳河湖群地区全国第二次调查土地利用数据,将云层覆盖以及其他难以区分的未利用滩涂地和部分水库和坑塘、湖泊在 ArcGis 10.0 软件中进行矢量化,其余部分用最大似然法进行监督分类。根据华阳河湖群地区的土地利用和覆盖现状,将本区土地分为耕地、林地、草地、水库和坑塘、建设用地、湖泊河流和未利

用滩涂 7 类。最后利用混淆矩阵精度验证法,对分类结果进行了检验,其分类总体精度为 90.51%,Kappa 系数 0.8525。分类后处理工作在 ArcGIS 软件中完成,主要对原始分类结果中的碎斑块和明显误分区进行修正,得到如附图 8 所示的土地利用分类结果:

2.2.2 质心分析 质心定义为一个多边形或面的几何中心。某些情况下,质心不是绝对几何中心而是分布中心。若考虑其它一些因素,可以赋予权重系数,称为加权平均中心。其计算公式为:

$$X=\sum w_i \times X_i / \sum w_i, \quad Y=\sum w_i \times Y_i / \sum w_i \quad (1)$$

式中: W_i ——第 i 个离散目标物权重,在本文中代表提取的各类土地实体斑块的面积; X_i, Y_i ——第 i 个离散目标物的坐标。

利用质心转移分析能够直接看出土地分布中心和方向的变化。刘杨杨等^[16]在长江口滩涂地形冲淤分析研究中对沙洲质心变化进行了介绍,叶庆华^[17],宁静^[18]、杨泽东^[19]、宫兆宁^[20]等人在湿地和城镇研究中也采用了质心转移分析。本文通过选取典型样带分析了三个时期的滩涂地质心转移。通过遥感影像解译和实地调查发现,龙感湖南部和黄湖东部滩涂地变化较为明显。并根据国内外关于湖泊缓冲带的研究^[21],结合本区降雨量、地形地貌、土壤质地以及村落、农田和建设用地布局,将本区湖泊缓冲带划为 1 km。分别沿 2010 年水边线向外做 1 km 缓冲区,得到两个样带分别为:①下仓样带,即黄湖东部,总面积 16.86 km²;②汇口样带,即龙感湖南部,总面积

20.87 km²,如附图 9 所示。

2.2.3 马尔科夫链预测模型 马尔科夫链预测法是一种关于事件发生概率预测方法。它是根据事件的目前状况来预测未来某个时期变动状况的一种预测方法,具有“无后效性”的特殊随机过程。它假设一个动态系统在 T+1 时刻的状态和 T 时刻有关,而和 T 时刻以前的状态无关。即状态转移概率仅与转移出发态、转移步数、转移后状态有关,而与转移前的时刻无关。

其状态转移公式如下:

$$\pi_j(k)=\sum_{i=1}^n \pi_j(k-1)p_{ij} \quad (2)$$

概率递推公式如下:

$$\begin{aligned} \pi(1) &= \pi(0)p_{ij} \\ \pi(2) &= \pi(1)p_{ij} \\ &\vdots \\ \pi(k) &= \pi(k-1)p_{ij} \end{aligned} \quad (3)$$

式中: $\pi_j(k)$ ——预测转移概率; p_{ij} ——转移概率矩阵。 $\pi(0)=[\pi_1(0), \pi_2(0), \cdots, \pi_n(0)]$ 表示初始状态概率向量。

3 滩涂地变化分析

3.1 滩涂地时空变化分析

3.1.1 土地总体变化分析 通过遥感分类影像,利用 ArcGIS 10.0 软件对三期土地进行统计,结果如表 1 所示。

| 表 1 1990—2010 年华阳河湖群地区土地分类数据 | | | | | | | | | km ² |
|------------------------------|--------|--------|--------|-------------|-------|-------------|-------|-------------|-----------------|
| 土地利用类型 | 1990 年 | 2002 年 | 2010 年 | 1990—2002 年 | | 2002—2010 年 | | 1990—2010 年 | |
| | | | | 变化量 | 年均变化 | 变化量 | 年均变化 | 变化量 | 年均变化 |
| 耕地 | 695.27 | 714.59 | 791.30 | 19.32 | 1.49 | 76.71 | 9.59 | 96.03 | 4.57 |
| 林地 | 107.44 | 105.75 | 117.47 | -1.69 | -0.13 | 11.72 | 1.47 | 10.03 | 0.48 |
| 草地 | 6.49 | 4.63 | 4.58 | -1.86 | -0.14 | -0.05 | -0.01 | -1.91 | -0.09 |
| 水库和坑塘 | 42.96 | 78.49 | 31.70 | 35.53 | 2.73 | -46.79 | -5.85 | -11.26 | -0.54 |
| 建设用地 | 123.45 | 125.53 | 127.77 | 2.08 | 0.16 | 2.24 | 0.28 | 4.32 | 0.21 |
| 湖泊、河流 | 643.72 | 594.78 | 561.26 | -48.94 | -3.76 | -33.52 | -4.19 | -82.46 | -3.93 |
| 未利用滩涂 | 45.67 | 41.23 | 30.92 | -4.44 | -0.34 | -10.31 | -1.29 | -14.75 | -0.70 |

从表 1 可知,1990—2010 年,耕地、建设用地总体呈增加趋势,增加面积分别为 96.03 km² 和 4.32 km²。林地呈先增加后减少的趋势,由于 2002 年以前对林地保护的法律法规尚不完善,存在大量乱砍滥伐现象;而在 2003 年退耕还林政策实施以来,宿松县对林地保护力度加大,林地恢复并且增加。水库和坑塘面积先增加后减少,主要是由于在 1990—2002 年,华阳河湖群地区的耕地灌溉需求大、降雨量充分,并且加之 2000 年的洪涝灾害导致水库和坑塘面积增

加。而在后 8 a,水库和坑塘大量减少是由于向耕地和建设用地转变造成。湖泊、滩涂地及草地均呈减少趋势,减少面积分别为 82.46 km²,14.75 km²,11.26 km²。从年均变化速率看,2002—2010 年所有土地变化速率均大于 1990—2002 年。

就滩涂地而言,总面积减少。1990—2002 年减少了 4.44 km²,2002—2010 年减少了 10.31 km²,说明围湖造田、围网养殖和人工建筑的驱动使湖泊向滩涂地转变,滩涂地逐渐向其它地类转换。

3.1.2 滩涂地时间变化分析 用乡镇界限图与遥感分类数据进行叠加,得到各乡镇滩涂地变化数据,如表 2 所示:由表 2 知:所有乡镇滩涂地数量总体均呈减少趋势。其中复兴镇减少最明显,从 1990—2010 年共减少 6.18 km²,洲头乡减少 3.92 km²,汇口镇 2.52 km²,千岭乡 1.76 km²。复兴镇、洲头乡和汇口镇均位于华阳河湖群南边,北部与黄湖、龙感湖接壤,

南部与长江相邻,1990 年滩涂地丰富,而近 20 a 逐渐减少,因为大部分滩涂地被耕地和草地占用,也有一部分转换成为水库和堤坝等建筑用地。下仓镇滩涂地呈增加趋势。1990—2010 年共增加了 2.81 km²。下仓镇属于水产养殖大镇,围网养鱼、围湖造田活动在近 20 a 间较剧烈,导致下仓镇湖泊面积严重减少,滩涂地相对增加。

表 2 1990—2010 年华阳河湖群地区各乡镇滩涂地面积变 km²

| 年份 | 1990 年 | 2002 年 | 2010 年 | 1990—2002 年 | | 2002—2010 年 | | 1990—2010 年 | |
|------|--------|--------|--------|-------------|-------|-------------|-------|-------------|-------|
| | | | | 变化量 | 年均变化 | 变化量 | 年均变化 | 变化量 | 年均变化 |
| 程岭乡 | 0.07 | 0.02 | 0.18 | −0.04 | 0.00 | 0.16 | 0.02 | 0.11 | 0.01 |
| 复兴镇 | 14.74 | 10.67 | 8.56 | −4.07 | −0.31 | −2.11 | −0.26 | −6.18 | −0.29 |
| 高岭乡 | 1.05 | 0.04 | 0.09 | −1.02 | −0.08 | 0.05 | 0.01 | −0.96 | −0.05 |
| 汇口镇 | 3.84 | 3 | 1.32 | −0.84 | −0.06 | −1.68 | −0.21 | −2.52 | −0.12 |
| 九成监狱 | 0.92 | 0.66 | 0.23 | −0.27 | −0.02 | −0.43 | −0.05 | −0.69 | −0.03 |
| 九姑乡 | 0.12 | 0.71 | 0.18 | 0.58 | 0.04 | −0.53 | −0.07 | 0.05 | 0.00 |
| 千岭乡 | 4.47 | 4.63 | 2.72 | 0.16 | 0.01 | −1.91 | −0.24 | −1.76 | −0.08 |
| 下仓镇 | 6.52 | 8.71 | 9.34 | 2.18 | 0.17 | 0.63 | 0.08 | 2.81 | 0.13 |
| 许岭镇 | 0.87 | 1.82 | 0.98 | 0.95 | 0.07 | −0.84 | −0.11 | 0.11 | 0.01 |
| 洲头乡 | 8.49 | 6.29 | 4.57 | −2.2 | −0.17 | −1.72 | −0.22 | −3.92 | −0.19 |
| 佐坝乡 | 1.43 | 1.42 | 2.79 | 0 | 0.00 | 1.37 | 0.17 | 1.37 | 0.07 |

从年均变化速率得知,所有乡镇滩涂地在 2002—2010 年的变化均比 1990—2002 年变化速率快。由于近 8 a 宿松县的产业从农业向渔业转移,对滩涂地的开发力度增强,年均变化速率也相应加快。

3.1.3 滩涂地利用转移过程分析 土地利用类型转移矩阵可以清晰地反映研究区不同时期各土地类型

面积变化情况,可研究土地利用类型由前一时期向后一时期的转移比率,也可研究后一时期土地利用类型由前一时期土地利用类型的转移来源比率。因此,该矩阵在土地利用变化研究中被广泛应用。

根据解译得到的土地利用数据,经过叠加分析和矩阵分析,得到 1990—2010 年土地利用变化转移矩阵。

表 3 1990—2010 年华阳河湖群地区土地利用变化转移矩阵 km²

| 1990 年 | 2010 年 | | | | | | | |
|--------|--------|--------|------|-------|--------|--------|-------|--------|
| | 耕地 | 林地 | 草地 | 水库和坑塘 | 建设用地 | 湖泊、河流 | 未利用滩涂 | 总计 |
| 耕地 | 553.85 | 66.48 | 3.01 | 4.55 | 57.84 | 7.95 | 1.58 | 695.27 |
| 林地 | 65.72 | 31.69 | 1.08 | 0.34 | 7.63 | 0.88 | 0.09 | 107.44 |
| 草地 | 4.11 | 1.45 | 0.04 | 0.01 | 0.83 | 0.04 | 0.01 | 6.49 |
| 水库和坑塘 | 22.68 | 1.35 | 0.01 | 8.12 | 2.59 | 7.74 | 0.48 | 42.96 |
| 建设用地 | 58.17 | 15 | 0.1 | 1.18 | 47.01 | 1.92 | 0.08 | 123.46 |
| 湖泊、河流 | 64.56 | 1.33 | 0.25 | 14.21 | 10.23 | 534.88 | 18.26 | 643.72 |
| 未利用滩涂 | 22.21 | 0.16 | 0.09 | 3.29 | 1.64 | 7.85 | 10.42 | 45.67 |
| 总计 | 791.3 | 117.47 | 4.58 | 31.7 | 127.77 | 561.26 | 30.92 | 1665 |

从表 3 知:各土地利用类型之间都有相互转换。1990—2010 年之间,湖泊、河流主要向耕地、未利用滩涂和水库和坑塘转换,分别为 64.56 km²,18.56 km²,14.21 km²。未利用滩涂地向耕地、湖泊河流和水库和坑塘转换较明显,分别为 22.21 km²,7.85 km²,3.29 km²。通过土地转移矩阵,将滩涂地提取出来,并制作向其他地类转换概率表以及其他地类向滩涂地转换贡献率统计表,如图 1,图 2 所示。

从图 1、图 2 得知滩涂地变化表现为以下几方面:
(1) 总体上看,主要表现为滩涂地向其他地类转换,而转换为滩涂地的多为湖泊。主要原因是围网养殖以及围湖造田导致湖泊水量减少,随时间迁移,湖泊水干涸并向滩涂地转换,而滩涂被开发利用转换为耕地、林地、草地等。
(2) 滩涂地向耕地转换面积最多。主要原因是经过时间积累,滩涂围垦和围湖造田导致部分滩涂地

转换成耕地甚至旱地。其次滩涂地向湖泊、河流转换数量最多,主要原因是滩涂围垦使地形降低,季节性水位变化以及被湖泊水淹没,从而转换成湖泊河流。

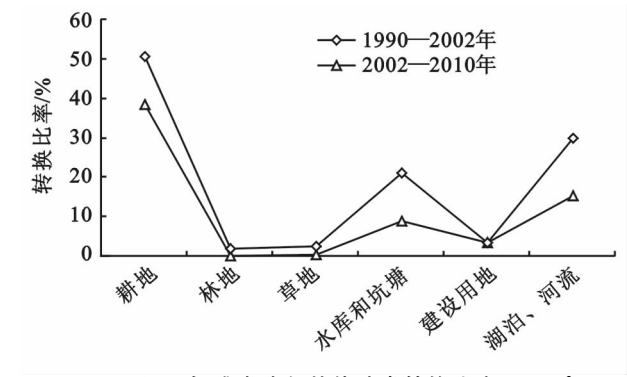


图 1 近 20 年滩涂地向其他地类转换比率图(km²)

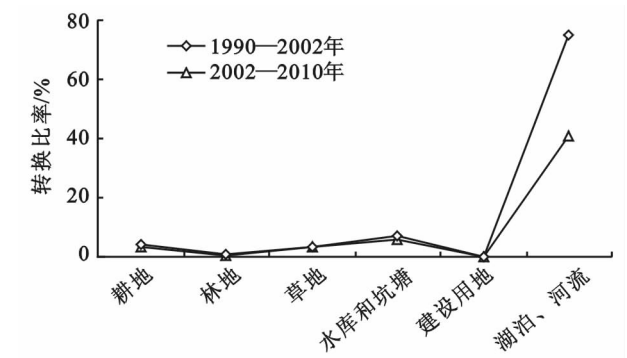


图 2 近 20 年其他地类向滩涂地转换贡献率统计图(km²)

3.2 滩涂地质心转移分析

经分析得到质心转移图及统计表如表 4,表 5 所示。

表 4 下仓样带滩涂地质心转移统计

| 项目 | 1990 年 | | 2002 年 | | 2010 年 | |
|----------|---------------|--------------|---------------|--------------|---------------|--------------|
| | X | Y | X | Y | X | Y |
| 滩涂地质心 | 39452927.6376 | 3319982.7260 | 39452699.6969 | 3320629.8816 | 39452993.5041 | 3320464.3619 |
| 与上一年基准变化 | | | -227.9407 | 647.1556 | 293.8072 | -165.5197 |
| 转移方向 | | | 向西偏移 | 向北偏移 | 向东偏移 | 向南偏移 |
| | | | 227.9407 | 647.1556 | 293.8072 | 165.5197 |
| 转移距离 | | | 686.1248 | 337.2231 | | |

注:距离公式: $d=\sqrt{(X_2-X_1)^2+(Y_2-Y_1)^2}$,式中 X_1,X_2 表示基准期质心坐标; X_2,Y_2 表示变化后质心坐标。

表 5 汇口样带滩涂地质心转移统计

| 项目 | 1990 年 | | 2002 年 | | 2010 年 | |
|----------|-------------|--------------|---------------|--------------|---------------|--------------|
| | X | Y | X | Y | X | Y |
| 滩涂地质心 | 39424557.28 | 3309168.5086 | 39425532.7655 | 3309410.6032 | 39423426.1539 | 3308334.2351 |
| 与上一年基准变化 | | | 975.4816 | 242.0946 | -2106.6116 | -1076.3681 |
| 转移方向 | | | 向东偏移 | 向被偏移 | 向西偏移 | 向南偏移 |
| | | | 975.4816 | 242.0946 | 2106.6116 | 1067.3681 |
| 转移距离 | | | 1005.0741 | 2365.6670 | | |

注:距离公式: $d=\sqrt{(X_2-X_1)^2+(Y_2-Y_1)^2}$,式中 X_1,X_2 表示基准期质心坐标; X_2,Y_2 表示变化后质心坐标。

从以表 4、表 5 可知,下仓样带滩地质心转移总体呈集中趋势,距离减少,并且向东部靠近,方向不固定。汇口样带滩地质心总体呈分散趋势,距离增大,方向不固定。具体看,其变化和原因主要由以下几点:

(1) 下仓样带滩涂地质心主要集中于黄湖东部沿岸弧度最大的区域,说明其滩涂地多分布于本区并且越来越集中,偏移距离减少。1990—2002 年偏移距离为 686.12 m,2002—2010 年之间偏移距离为 337.22 m。

(2) 下仓样带主要包含下仓镇和复兴镇部分沿湖区。根据实地调查,下仓镇是水产养殖大镇,其中春润食品有限公司下属的水产养殖基地在下仓镇占据了大部分面积,建筑设施的修筑,主要集中于黄湖东部。而复兴镇以农产品加工为主,滩涂地的开发强度小于下仓镇。因此,由于湖泊破坏集中于黄湖东

部,滩涂地呈现出沿黄湖东岸线向外缩减向内扩张趋势。

(3) 汇口样带的滩地质心没有固定的方向,其偏移距离增大。1990—2002 年偏移距离为 1 005.07 m,2002—2010 年之间偏移距离为 2 365.67 m。

(4) 汇口样带主要包含汇口镇和洲头乡的部分沿湖带。1990 年滩涂地质心靠近两镇中心,滩涂面积较小,而在 2002 年滩地质心靠近洲头乡,说明在这 13 a 间,洲头乡的滩涂地开发利用强度较大,主要是滩涂围垦严重,滩涂地向耕地转化明显。而在后 8 a,汇口镇水产养殖的迅速发展,导致湖泊向滩涂地转移,质心向西偏移,与实际情况相符。

3.3 马尔科夫链土地利用变化预测

本次预测首先利用 2002—2010 年土地利用转移数据计算转移概率,如表 6 所示。

表 6 2002—2010 年土地转移概率矩阵

| 地类 | 耕地 | 林地 | 草地 | 水库和坑塘 | 建设用地 | 湖泊、河流 | 未利用滩涂 |
|-------|------|------|------|-------|------|-------|-------|
| 草地 | 0.34 | 0.03 | 0.02 | 0.11 | 0.09 | 0.18 | 0.22 |
| 耕地 | 0.84 | 0.08 | 0.01 | 0.00 | 0.07 | 0.01 | 0.00 |
| 湖泊、河流 | 0.06 | 0.00 | 0.00 | 0.02 | 0.01 | 0.89 | 0.02 |
| 建设用地 | 0.41 | 0.09 | 0.00 | 0.01 | 0.49 | 0.02 | 0.00 |
| 林地 | 0.42 | 0.48 | 0.00 | 0.01 | 0.06 | 0.01 | 0.00 |
| 未利用滩涂 | 0.38 | 0.00 | 0.00 | 0.09 | 0.03 | 0.15 | 0.34 |
| 水库和坑塘 | 0.52 | 0.01 | 0.00 | 0.19 | 0.07 | 0.19 | 0.02 |

3.3.1 马尔科夫链模型检验 假设在未来几年驱动因素不变的情况下,运用马尔科夫链模型对 2010 年土地进行预测,并与 2010 年实际数据对比,预测结果与实际结果基本吻合。其中草地、湖泊河流、未利用

滩涂模拟效果很好,而耕地、建设用地偏差较大,是因为 2002—2010 年耕地、建设用地基础变化数据偏大而造成。从检验结果看,马尔科夫链模型对本区短期土地变化预测是可行的。检验结果如表 7 示。

表 7 马尔科夫链预测模型检验 km²

| 项目 | 耕地 | 林地 | 草地 | 建设用地 | 水库和坑塘 | 湖泊、河流 | 未利用滩涂 |
|-----------|--------|--------|-------|--------|-------|--------|-------|
| 2010 年实际值 | 791.30 | 117.47 | 4.58 | 127.77 | 31.70 | 561.26 | 30.92 |
| 2010 年预测值 | 786.74 | 116.17 | 4.56 | 132.26 | 33.00 | 561.55 | 30.73 |
| 绝对误差 | −4.56 | −1.30 | −0.02 | 4.49 | 1.30 | 0.29 | −0.19 |
| 相对误差 | −0.58 | −1.12 | −0.52 | 3.39 | 3.93 | 0.05 | −0.60 |

3.3.2 预测结果 对模型检验后,结合转移概率矩阵,对未来用地状态进行预测,获得了 2018 年、2026 年土地利用面积(表 8)。从预测结果看,滩涂地和湖

泊面积在未来 16 a 内仍呈减少趋势,而耕地、建设用地面积呈增加趋势,其他类型土地利用面积相对变化较少。这种状态将持续很长一段时间后达到稳定。

表 8 华阳河湖群地区未来土地利用预测结果 km²

| 年份 | 耕地 | 林地 | 草地 | 水库和坑塘 | 建设用地 | 湖泊、河流 | 未利用滩涂 |
|------|--------|--------|------|-------|--------|--------|-------|
| 2002 | 714.59 | 103.75 | 4.63 | 78.49 | 127.53 | 594.78 | 41.23 |
| 2010 | 791.30 | 117.47 | 4.58 | 31.70 | 127.77 | 561.26 | 30.92 |
| 2018 | 854.60 | 135.75 | 5.20 | 21.39 | 139.15 | 486.09 | 22.81 |
| 2026 | 919.62 | 151.46 | 5.66 | 18.93 | 149.37 | 401.31 | 18.66 |

4 结论

本文主要通过对华阳河湖群地区 1990 年、2002 年、2010 年 TM,ETM+ 数据进行土地利用分类,分析了滩涂地的时空变化、转移过程、质心转移并预测了未来土地利用变化情况。主要结论如下:

(1) 时间上,滩涂地面积呈减少趋势,2002—2010 年比 1990—2002 年减少速度加快。空间上,乡镇所含滩涂地面积总体呈减少趋势,但部分乡镇有小面积增加。从转移过程看,湖泊转变为滩涂地的面积最多,而滩涂地主要向耕地转移。说明近 20 a 间滩涂地围垦、围湖造田补充了大面积耕地,却导致湖泊和滩涂地面积减少。

(2) 不同样带,不同年份,滩涂地开发方式不同,导致滩涂地质心转移方向不同。

(3) 应用马尔科夫链模型对本区土地变化进行预测,基本可行。其中滩涂地、湖泊面积呈减少趋势,耕地、建筑用地增加,其他地类相对稳定,与本区实际

情况相符。(4) 因部分统计资料较难获取,本研究对滩涂地变化的驱动因素仅进行了定性分析。笔者将在今后的研究中,继续完善相关资料,将定量与定性相结合,深入探讨滩涂地变化驱动因素,为本区土地保护和开发利用及渔业发展提供一定的科学依据。

参考文献:

[1] Arnous M O, Green D R. GIS and remote sensing as tools for conducting geo-hazards risk assessment along Gulf of Aqaba coastal zone, Egypt[J]. Journal of Coastal Conservation,2011,15(4):457-475.

[2] Deepika B, Avinash K, Jayappa K S. Shoreline change rate estimation and its forecast: remote sensing, geographical information system and statistics-based approach[J]. International Journal of Environmental Science and Technology,2014,11(2):395-416.

[3] 刘永学,张忍顺,李满春. 江苏淤泥质滩涂地物信息遥感提取方法研究[J]. 海洋科学进展,2004,22(2):210-214.

田增产且水分利用效率高,而小麦秸秆还田较玉米秸秆还田的全生育期 200 cm 的土壤平均含水量高。

参考文献:

- [1] 张小红,张绪成.半干旱区旱地不同覆盖方式对糜子耗水和产量的影响[J].水土保持研究,2012,19(5):29-33.
- [2] Baye Berihum. Effect of mulching and amount of water on the yield of tomato under drip irrigation [J]. Journal of Horticulture and Forestry, 2011, 3(7): 200-206.
- [3] 袁玲,张宣,杨静,等.不同栽培方式和秸秆还田对水稻产量和营养品质的影响[J].作物学报,2013,39(2):350-359.
- [4] 李世清,李东方,李凤民,等.半干旱农田生态系统地膜覆盖的土壤生态效应[J].西北农林科技大学学报:自然科学版,2003,31(5):22-29.
- [5] 王进鑫,黄宝龙,罗伟祥.局部覆盖条件下干旱过程对土壤水分蒸发的影响[J].西北农林科技大学学报:自然科学版,2004,32(9):106-110.
- [6] Wang SS, Deng GY. A study on the mechanism of soil temperature in creasing under plastic mulch[J]. Agriculture Science China, 1991, 24(3): 74-78.
- [7] 李世清,李凤民,宋秋华,等.半干旱地区地膜覆盖对作

物产量和氮素效率的影响[J].应用生态学报,2001,12(2):205-209.

- [8] 薛少平,朱琳,姚万生,等.麦草覆盖与地膜覆盖对旱地可持续利用的影响[J].农业工程学报,2002,18(6):71-73.
- [9] 翟胜,梁银丽,王巨媛,等.地表覆盖对日光温室黄瓜生长发育及生理特性的影响[J].中国生态农业学报,2007,15(2):73-77.
- [10] 王婷,丁宁平,周海燕.秸秆还田方式对全膜双垄沟播玉米产量及土壤水分的影响[J].甘肃农业科技,2013(11):22-24.
- [11] 杨大晋.旱地玉米覆盖秸秆的增产效应研究[J].贵州农业科学,1996(5):15-20.
- [12] 张玉铭,马永清.麦秸覆盖夏玉米对其苗期生长发育的生化他感作用研究初报[J].生态学杂志,1994,13(3):70-72.
- [13] 卫新菊.小麦化感作用及其应用[J].小麦研究,2005,26(2):25-29.
- [14] 宋淑亚,刘文兆,王俊,等.覆盖方式对玉米农田土壤水分、作物产量及水分利用效率的影响[J].水土保持研究,2012,19(2):210-212,217.
- [15] 高亚军,李生秀.旱地秸秆覆盖条件下作物减产的原因及作用机制分析[J].农业工程学报,2005,21(7):15-19.

(上接第 163 页)

- [4] 李贵东,周云轩,田波,等.基于遥感和 GIS 的上海市滩涂湿地资源近期变化分析[J].吉林大学学报:地球科学版,2008,38(2):319-323.
- [5] 王芳,朱跃华.江苏省沿海滩涂资源开发模式及其适宜性评价[J].资源科学,2009,31(4):619-628.
- [6] 刘勇,黄海军,刘艳霞,等.基于 RS 和 GIS 的近代黄河三角洲滩涂变化分析[J].海洋科学,2012,36(2):82-87.
- [7] 牛明香,赵庚星.南四湖区湿地信息遥感提取技术研究[J].国土与自然资源研究,2004,10(1):51-53.
- [8] 蒋卫国,李京,王文杰,等.基于遥感与 GIS 的辽河三角洲湿地资源变化及驱动力分析[J].国土资源遥感,2005,17(3):62-66.
- [9] 宗秀影,刘高焕,乔玉良,等.黄河三角洲湿地景观格局动态变化分析[J].地球信息科学学报,2009,11(1):91-97.
- [10] 王薇,陈为峰,王燃葵,等.黄河三角洲新生湿地景观格局特征及其动态变化:以垦利县为例[J].水土保持研究,2010,17(1):82-87.
- [11] 张高生,李克勤,战立伟.现代黄河三角洲湿地动态变化及保护对策[J].生态环境学报,2009,18(1):394-398.
- [12] 黄翀,刘高焕,王新功,等.黄河流域湿地格局特征、控制因素与保护[J].地理研究,2012,31(10):1764-1774.
- [13] 金宝石,周葆华.安庆沿江湖泊近 20a 水域多时相动态

演变[J].国土资源遥感,2008(3):74-77,83.

- [14] 余瑞林,周葆华,刘承良.安庆沿江湿地景观格局变化及其驱动力[J].长江流域资源与环境,2009,18(6):522-527.
- [15] 周葆华,操璟璟,朱超平,等.安庆沿江湖泊湿地生态系统服务功能价值评估[J].地理研究,2011,30(12):2296-2304.
- [16] 刘杨杨,张行楠,徐双全,等.长江口滩涂地形冲淤分析研究[J].长江流域资源与环境,2010,19(11):1314-1322.
- [17] 叶庆华,田国良,刘高焕,等.黄河三角洲新生湿地土地覆被演替图谱[J].地理研究,2004,23(2):257-264,282.
- [18] 宁静,张树文,王蕾,等.资源型城镇土地退化时空特征分析:以黑龙江省大庆市为例[J].资源科学,2007,29(4):77-85.
- [19] 杨则东,陈有明,黄燕,等.长江安徽段泥沙淤积及湖泊湿地围垦遥感调查与监测[J].国土资源遥感,2010,18(S1):82-86.
- [20] 官兆宁,张翼然,官辉力,等.北京湿地景观格局演变特征与驱动机制分析[J].地理学报,2011,66(1):77-88.
- [21] 胡小贞,许秋瑾,蒋丽佳,等.湖泊缓冲带范围划定的初步研究:以太湖为例[J].湖泊科学,2011,23(5):719-724.