

近30年山东省沿海养殖用地遥感监测分析

徐源璟,张增祥,汪 潇,温庆可,刘 芳,李 娜

(中国科学院遥感与数字地球研究所,北京 100101)

摘要 :山东省是我国的近海养殖大省,近30年来,养殖用地的数量和空间分布发生了较大的变化。本文选择山东省沿海养殖用地为研究对象,以TM/ETM+、CBERS、HJ-1等多源遥感影像数据为基础,运用人机交互解译的方法,提取了1980年代末、2000、2005和2010年共4个时期的养殖用地信息,并运用单一土地利用动态度、重心迁移、景观破碎度等模型,研究近30年山东沿海养殖用地的时空演变格局。结果表明:(1)山东沿海地区养殖区面积呈增加趋势,养殖用地的单一土地利用动态度在1980年代末至2000年最大,为16.95%,2000至2005年下降到5.63%,2005至2010年最小,为5.19%。(2)养殖用地变化表现出空间异质性,东营市养殖面积增长速度最快,共净增加608.22 km²,其次为滨州市和威海市,青岛市和潍坊市呈现为先增加后减小的趋势。(3)近30年养殖区的破碎度增加了4.5倍,养殖区的分布重心向西北方向迁移。(4)增加的养殖用地主要源于城乡工矿居民用地、水域和耕地,而减少的养殖用地主要转化为城乡工矿居民用地和水域。

关键词 :遥感;山东沿海;养殖用地;土地利用;时空变化

DOI: 10.3724/SP.J.1047.2014.00482

1 引言

养殖是沿海滩涂资源开发利用的主要形式之一,也是滨海城市土地利用的一个主要类型,具有生产设施投入少、成本低、生产稳定、效益好等特点^[1-2]。近30年来,山东省经济发展迅速,水产养殖业快速发展,致使很多养殖区域生态环境不断地恶化,海洋灾害频发,海洋环境,特别是渤海湾水域的质量令人堪忧。养殖业快速发展的同时也带来了一系列生态环境问题,例如,沿海养殖对入海口及近岸海域造成的污染问题日益严重^[3]。为了促进土地资源的合理开发利用与经济的可持续发展,急需对海岸带养殖用地进行科学的规划和管理。卫星遥感数据以其多时相、周期短、覆盖范围广等特点,成为土地利用动态监测的重要数据来源^[4]。利用遥感技术可以客观、及时、准确地监测水产养殖的动态变化,为养殖产业的规划与管理提供有效的途径^[5]。

国内外许多学者和相关部门以遥感为手段,对养殖用地进行了各种研究。杨英宝、吴岩峻、宫鹏等对太湖和海南省海水和岛上水产养殖区分别

进行了调查;包括对海水养殖场在内的全国湿地分布进行了目视解译,并绘制了专题图^[6-11]。同时,分析了水产养殖业对该地区独特的红树林生态系统的影响等。

山东省是国内围海养殖变动最大的区域之一,本文采用TM/ETM+、CBERS、HJ-1等多源遥感影像,对山东省沿海地区的水产养殖进行遥感监测,利用人机交互分析,提取了不同时期山东省沿海地区养殖用地信息,并应用时空模型和景观指数研究山东省海岸带养殖用地在1980年代末-2010年的时空变化特征与规律,以利合理规划沿海养殖用地,为土地资源的开发利用提供依据。

2 研究区特征与数据源

(1)山东省位于中国东部沿海、黄河下游、山东半岛三面环海,大陆海岸线北起河北与山东交界的漳卫新河河口(38°15'N, 117°50'E),绕山东半岛南至日照绣针河河口(35°04'N, 119°17'E),全长

收稿日期 2013-10-21;修回日期:2013-11-26.

基金项目 :国家“973”计划项目“大尺度土地利用变化对全球气候的影响”(2010CB95090102)。

作者简介 :徐源璟(1988-),女,山东威海人,硕士生,研究方向为国土资源遥感应用研究。E-mail: xuyj@irsa.ac.cn

3121.9 km, 约占全国大陆海岸线总长的 1/6, 居全国第二位。沿海岛屿 299 个, 岛屿岸线长 550 km; 沿海海湾 70 余处。近海海域面积 15 万 km², 其中, 0~20 m 深的浅海总面积为 2.9×10^4 km², 潮间带滩涂面积为 3200 km² [12]。

研究区海水养殖最远的地方距海岸线 10 km (图 1), 研究区范围为 35°04'~38°23'N, 117°30'~122°43'E, 行政区域包括日照、青岛、威海、烟台、潍坊、东营、滨州 7 个地市的 26 个县, 面积约为 4.46 万 km²。该地区属于暖温带季风气候, 水热条件好, 地形以平原丘陵为主, 发展养殖业优势明显。



图1 研究区范围

Fig.1 Study area

(2) 本文以 1980 年代末、2000、2005 和 2010 年 4 期经几何精校正的遥感影像为数据源。其中, 1980 年代末、2000 年的遥感数据为 6~9 月的美国陆地卫星 (Landsat) TM 数据, 空间分辨率为 30m; 2005 年的遥感数据主要选用 TM 数据和 19.5m 空间分辨率的中巴资源卫星 (CBERS2B) CCD 数据; 2010 年的遥感数据为 TM 数据和“环境一号”卫星 (HJ-1) CCD 数据, 空间分辨率均为 30m。

主要的辅助数据为 1980 年代末、2000、2005 和 2010 年 4 期山东沿海土地利用矢量数据。该数据由中国科学院遥感与数字地球研究所等单位建设, 用于分析养殖用地与其他土地利用类型的相互转化。分类系统的 6 个一级类型包括耕地、林地、草地、水域、城乡工矿居民用地、未利用地, 包括土地利用数据库中未作为土地利用类型的海域。另外, 还利用了耕地、水域、城乡工矿居民用地的二级类型。

3 近海养殖用地时空变化遥感监测分析

3.1 近海养殖用地的图像识别方法

由于研究区范围较小且目视解译不仅考虑了像元的灰度差异, 还充分考虑了像元纹理和像元间空间分布的差异性, 解译精度较计算机自动解译高 [13], 因此, 本文的遥感信息提取方法采用全数字人机交互目视判读技术。通过信息解译发现, 在遥感影像上沿海水产养殖区域多呈现为规则的格网状空间分布特征, 但在威海荣成市的海水养殖多为筏式养殖, 影像特征表现为分布在海面上的较为密集的条带状分布 (图 2)。颜色多为深蓝色或天蓝色, 纹理细腻、均一, 主要分布于海湾、浅海滩涂、河流沿岸、水库、湖泊等地。依据山东省 1980 年代末、2000、2005 和 2010 年 TM/ETM+、CBERS 影像特征, 建立山东省沿海水产养殖用地解译标志。

以提取的 1980 年代末的养殖用地数据为基准, 通过比较 2000 年和 1980 年代末的分县遥感影像, 发现变化区域, 提取动态图斑, 并在 ArcInfo 中通过空间叠加获取 2000 年的养殖用地数据, 从而获取



(a) 内陆沿海养殖



(b) 海水养殖

图2 沿海水产养殖的典型影像特征

Fig.2 Typical image features of coastal aquaculture

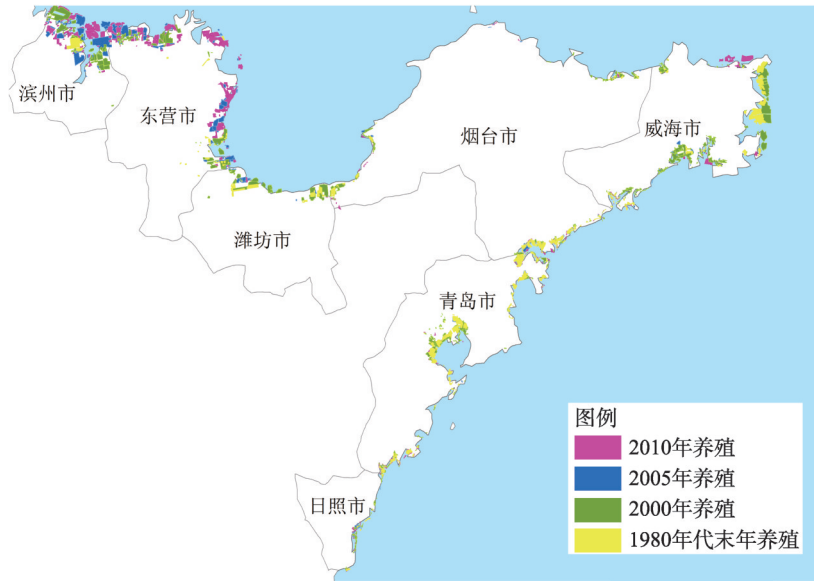


图3 1980年代末-2010年山东沿海养殖用地分布图

Fig.3 Spatial distribution of aquaculture in the Shandong coastal areas(1980s~2010)

1980年代末-2000年、2000-2005年,以及2005-2010年的动态变化图形,并根据每一次生成的扩展图形文件,分类统计不同时期养殖用地面积、占地比重,以及扩展变化过程中对周边土地利用类型的占用情况^[14-15]。通过人机交互式目视解译方法得到1980年代末、2000、2005和2010年山东沿海地区养殖用地遥感监测结果(图3)。

3.2 养殖用地的时空分析方法

为了研究1980年代末、2000、2005和2010年4个时期山东省养殖用地的数量变化和空间变化特征,本文选取单一土地利用动态度、空间重心转移模型、空间区域分布和动态转换、景观破碎度多项指标,从数量、空间、动态转换和景观生态4个方面进行综合分析^[4]。

(1)单一土地利用动态度:分析土地利用类型的动态变化,可真实地反映区域土地利用/覆盖中变化的强度^[16]。单一土地利用类型动态度可表达区域一定时间范围内某种土地利用类型的数量变化^[17],如式(1)所示:

$$K = \frac{S_b - S_a}{S_a} \times \frac{1}{T} \times 100\% \quad (1)$$

式中, K 为研究时段内某一土地利用类型动态度; S_a 、 S_b 分别为研究期初及研究期末某一种土地利用类型的数量; T 为研究时段长,通常以 a 为单位。当 T 设定为年时, K 则为研究时段内某一土地利用

类型的年变化率^[2,4,18-22]。本文通过计算1980年代末-2010年山东省沿海养殖用地数据的动态度,分析养殖用地整体动态变化特点。为进一步研究各时段养殖用地由海岸线向陆、向海的变化规律,本文以1980年代末海岸线作为基准,分别向陆地和海域作5带2 km间距的缓冲区,并分别计算其各时期动态度。

(2)重心迁移模型:土地利用的空间变化可用土地利用类型分布重心的变化来反映,重心计算公式如下^[23]:

$$X_t = \sum_{i=1}^n (C_{ti} \times x_i) / \sum_{i=1}^n C_{ti}, \quad (2)$$

$$Y_t = \sum_{i=1}^n (C_{ti} \times y_i) / \sum_{i=1}^n C_{ti} \quad (3)$$

式中, X_t 、 Y_t 为第 t 年某种土地利用/覆被类型的重心坐标; C_{ti} 为整个研究区中第 i 个小区单元该种土地类型的面积; x_i 、 y_i 为第 i 个区域单元的集合中心坐标; n 为研究区内小区单元的数量^[2,4-5,9]。本文分别计算了1980年代末-2010年山东沿海养殖用地4个时期的重心经纬度坐标。在求出各时期研究区养殖用地的重心坐标后,采用欧式距离公式得出养殖用地重心在不同时间尺度的迁移距离和迁移方向,迁移方向以正北方为0°^[4],逆时针旋转。

(3)景观破碎度指数:景观破碎度指数是指景观被分割的破碎程度^[24-25],即景观自然分割及人为切割的破碎化程度,即景观生态格局由连续变化的

结构向斑块镶嵌体变化过程的一种度量^[2]。景观破碎度指数的取值从0到1;0代表无生境破碎化存在,而1代表生态系统已完全破碎化。该指数越大,则说明斑块数量越多,密度越大,人为开发强度也越大,对生态系统的稳定性影响就越大^[5]。

景观破碎度指数如式(4)所示:

$$F=(N_p-1)/NC \quad (4)$$

式中, F 为景观破碎化指数; NC 是研究区内所有景观要素的平均面积; N_p 是研究景观要素的斑块数目。通过计算养殖用地的景观破碎度指数可以反映山东沿海养殖用地开发利用方式的变化。

3.3 养殖用地时空演变分析

3.3.1 养殖用地动态度变化分析

从1980年代末-2010年,养殖用地空间分布范围呈扩大趋势,其中山东省沿海养殖用地表现为持续增大的特点(图4)。1980年代末养殖用地面积为506.52 km²,1980年代末-2000年养殖用地面积增加了858.60 km²;2000-2005年,养殖用地面积增加了384.48 km²;2005-2010年,养殖用地面积增加了454.13 km²。到2010年,山东沿海养殖用地面积达到2203.73 km²,是1980年代末的4.35倍。从整体看来,山东沿海养殖用地面积持续增加但是增加的幅度有所不同。养殖面积占研究区的总面积也在逐渐增加,1980年代末养殖区占研究区的面积比率仅1.13%,而到2010年养殖区占研究区的面积比率达到4.95%。

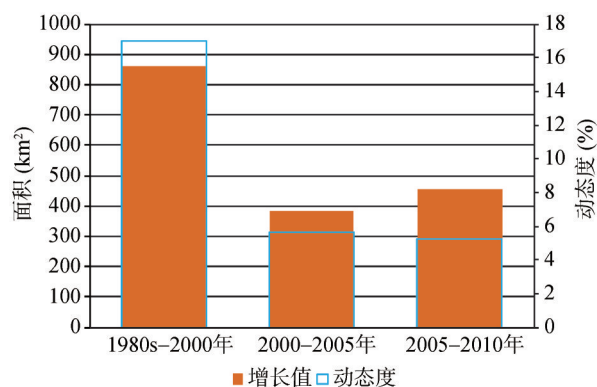


图4 1980年代末-2010年山东沿海养殖用地面积

Fig.4 Area of aquaculture in the Shandong coastal areas(1980s-2010)

通过计算1980年代末、2000、2005和2010年4期山东省沿海养殖用地数据的动态度等数值,得出1980年代末-2010年山东沿海养殖面积呈增长趋

势,但增长速度日益减慢。由图5可知,整个监测时期内,山东沿海地区养殖用地动态度为16.75%,说明养殖用地整体上呈增长的趋势。1980年代末-2000年养殖用地的增长值为858.60 km²,动态度为16.95%,该阶段山东沿海养殖用地呈迅猛增加的趋势;但2000年以后,动态度从5.63%下降到5.19%,

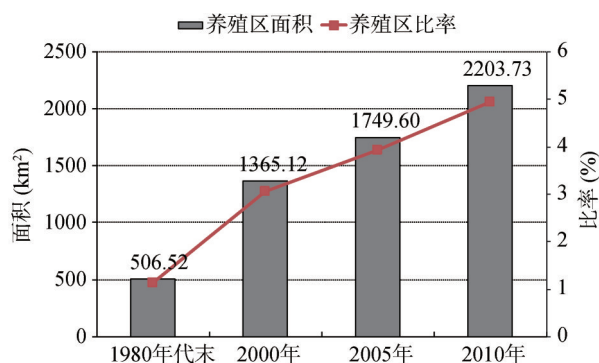


图5 1980年代末-2010年山东沿海养殖用地面积动态变化

Fig.5 Change of aquaculture area in the Shandong coastal areas(1980s~2010)

养殖用地增加速度逐渐减慢。

由缓冲区动态度分带计算结果(表1)看出,各时期养殖用地由海岸线向陆、向海的变化规律。其中,1980年代末-2010年,各缓冲区的动态度均为正值,说明研究区的养殖用地整体上呈增长趋势。1980年代末-2000年养殖用地向陆、向海扩展速度最快,而2000年以后,养殖用地的增长在空间分布上比较均匀,扩展速度逐渐减少。研究区养殖用地向陆扩展的动态度为0.27,向海扩展的养殖用地动态度为0.14,这表明养殖用地向陆地扩展速度比向海洋扩展速度快。1980年代末-2010年间,养殖用地向陆扩展缓冲区中4带缓冲区动态度最大,为1.48;其次为5带缓冲区,动态度为0.65,由此说明养殖用地向陆增长主要集中在6~10 km的区域,而海岸6 km以内的陆地区域增长比较稳定。另外,向海扩展的养殖用地集中在1带,2带缓冲区,即距海岸线4 km的海域范围内,动态度分别为0.16和0.11,而4 km以外的海域动态度均为0。

3.3.2 养殖动态空间格局与区域差异

(1) 养殖用地重心迁移变化分析

本文计算出的各时期研究区养殖用地重心迁移距离和迁移角度结果(表2)。

结果表明,1980年代末-2010年间,山东省沿海地区养殖用地总体上是向西北方向迁移,养殖用地

表1 研究缓冲区的各时期养殖用地单一土地利用动态度分带计算结果

Tab.1 Results of the change degree

	向陆				向海			
	1980s-2000	2000-2005	2005-2010	1980s-2010	1980s-2000	2000-2005	2005-2010	1980s-2010
1带	0.16	0.06	0.05	0.17	0.21	0.02	0.03	0.16
2带	0.18	0.05	0.14	0.26	0.18	0.00	0.01	0.11
3带	0.16	0.17	0.13	0.36	0.00	0.00	0.00	0.00
4带	0.82	0.19	0.11	1.48	0.00	0.00	0.00	0.00
5带	0.47	0.23	0.01	0.65	0.00	0.00	0.00	0.00
整体	0.19	0.09	0.09	0.27	0.20	0.01	0.03	0.14

表2 1980年代末-2010年养殖区重心迁移距离和迁移角度

Tab.2 Changes of the magnitude and angle of aquaculture area centroids from the 1980s to 2010

时间	1980s-2000	2000-2005	2005-2010	1980s-2010
迁移距离(km)	18.91	13.10	20.34	51.59
迁移角度(°)	53.95	60.92	75.99	64.25

重心整体上向北偏西 64.25°移动了 51.59 km。其中,1980年代末-2000年间,养殖用地重心向北偏西 53.95°挺进了 18.91 km;而 2000-2005 年养殖用地分布重心向北偏西 60.92°偏移了 13.10 km,偏移量变小;2000-2005 年养殖重心向西北偏移了 20.34 km,空间迁移明显。

为了进一步分析养殖区的变化区域,本文分析了 1980 年代末-2000 年,2000-2005 年,2005-2010 年 3 个时段山东沿海新增和减少的养殖用地,以研究山东省沿海养殖区的主要发展区域。从图 3 可看出,山东省养殖的发展主要向西北部的渤海湾、莱州湾地区扩展。1980 年代末-2000 年,渤海湾、莱州湾地区养殖大量增加,威海市东部海水养殖新增量较大,胶州湾也有少量增加。2000-2005 年,新增养殖主要分布于滨州市沿海和东营市东部莱州湾沿海地区,潍坊市沿海养殖有所减少;2005-2010 年,新增养殖主要集中在山东沿海西北部渤海沿岸。莱州湾、胶州湾地区的养殖有所减少。

(2) 养殖用地区域分布差异

滨州、东营、烟台、威海、日照市均呈现出逐年增长的趋势,其中,东营市养殖面积增长速度最快,其次为滨州市和威海市(表 3)。由 1980 年代末的 21.48 km²增加到 2010 年的 629.70 km²。滨州市的养殖面积增长也较快,仅次于东营市,从 1980 年代末的 42.56 km²,增长到 2010 年的 554.26 km²。威海市在 1980 年代末至 2000 年增长迅速,由 137.47 km²

增加到 399.82 km²,2000 年之后保持平稳增长,由 2000 年的 399.82 km²增长到 2010 年的 466.29 km²。烟台市和日照市在 1980 年代末至 2010 年间养殖面积逐渐增加,但增加幅度不大。山东沿海 7 市当中,日照市养殖面积最小,到 2010 年养殖面积仅为 34.07 km²。青岛市和潍坊市的养殖面积呈现出先增长后下降的趋势,其中,青岛市 1980 年代末养殖面积为 167.28 km²,到 2000 年增长到 246.49 km²。2000 年以后,养殖面积有微弱减小的趋势,到 2010 年下降了 21.40 km²。潍坊市 1980 年代末养殖面积为 65.48 km²,2000 年达到顶峰时期为 173.61 km²,2000-2010 年下降了 14.62%。

综上所述,山东省的养殖面积变化表现为 1980 年代末至 2010 年整体呈现迅速增加的趋势,但养殖面积的区域分布呈现出均匀性。研究时段内,山东省各沿海地市养殖面积变化不同,养殖面积的变化有地区性的差异。

3.3.3 养殖用地景观格局分析

由 1980 年代末、2000、2005 和 2010 年 4 期数据的景观破碎度指数(表 4)可看出,山东沿海地区养殖用地的景观破碎度指数都较小,均小于 0.001,1980 年代末养殖用地景观破碎度指数仅为 0.000178,到 2010 年增加到 0.000980,约为 1980 年代末的 4.5 倍,景观破碎度指数呈现出逐渐增大的趋势。这表明整个研究区域的景观格局朝着破碎化方向发展。养殖区增多,原来大片的养殖区被开发造成了景观破碎度的增大,越来越多的小型养殖

表3 1980年代末-2010年各市养殖用地面积统计表
Tab.3 Aquaculture area of seven cities in Shandong from the 1980s to 20

面积(km ²)	1980s	2000	2005	2010
青岛市	167.28	246.49	242.64	225.09
东营市	21.48	170.62	339.66	629.70
烟台市	62.08	127.32	136.21	146.10
潍坊市	65.46	173.61	160.69	148.23
威海市	137.47	399.82	414.36	466.29
日照市	10.18	26.21	31.40	34.07
滨州市	42.56	221.06	424.64	554.26
总面积	506.52	1365.12	1749.60	2203.73

表4 1980年代末-2010年山东沿海养殖区破碎度指数
Tab.4 The fragmentation indexes of aquaculture area in the Shandong coastal areas(1980s-2010)

时间	养殖区面积(km ²)	最大养殖区 斑块面积(km ²)	最小养殖区 斑块面积(km ²)	斑块 个数	斑块平均 面积(km ²)	景观 破碎度指数
1980s	506.52	16.89	0.025	301	1.68	0.000178
2000	1365.12	53.47	0.000054	934	1.47	0.000636
2005	1749.60	54.19	0.000054	1129	1.60	0.000704
2010	2203.73	54.19	0.000054	1489	1.52	0.000980

区涌现,养殖区的发展规划趋向分散化。

3.3.4 养殖用地动态转换

山东沿海养殖用地的时空变化通常表现为养殖用地与其他5类土地利用类型之间的相互转化。

1980年代末-2010年间,增加的养殖用地集中分布在山东半岛西北部渤海湾、莱州湾地区,统计发现增加的养殖用地主要来源于城乡工矿居民用地、水域和耕地。养殖用地占用城乡工矿居民用地、水域和耕地的面积分别为1030.01 km²、465.30 km²和238.70 km²,转换比重分别为56.43%、25.49%和13.08%。其中,转移的城乡工矿居民用地主要为工交建设用地,其转移面积为1028.31 km²;转移的水域主要是海域、海涂,以及水库坑塘用地,转移面积分别为142.98 km²、45.47 km²和267.09 km²;转移的耕地主要是平原区旱地,转移面积为229.71 km²。

将减少之区域与1980年代末-2010年的土地利用数据进行叠加发现,1980年代末-2010年,城乡工矿居民用地和水域向养殖用地转化较为明显,其转换面积分别为103.04 km²和23.49 km²,转换比重为80.49%和18.35%。其中,转移的城乡工矿居民用地主要为工交建设用地和城镇用地,转移面积为88.13 km²和14.90 km²;转移的水域为水库坑塘和海域,面积分别为17.06 km²和6.42 km²。

3.3.5 养殖用地时空变化原因分析

山东省养殖业起步较早,自20世纪80年代以来,山东省在“以养为主”的方针政策指导下,掀起了海洋虾类和贝类养殖浪潮,养殖规模迅速扩大,向海向陆的扩展速度很快。然而2000年以后,随着经济的不断发展,城镇等建筑用地增加,并且自2003年实施了半岛制造基地规划后,山东半岛沿海地区对产业结构进行了调整,因而海水养殖业受到了严重的制约;导致2000年以后,山东沿海的养殖用地增长速度日益减慢。

在整个山东沿海地区中,养殖面积变化有地区性的差异。东营市和滨州市的养殖用地呈现出明显增加的趋势,这是由于滨州、东营市地处黄河三角洲地区,工农业缺水严重,修建了大量的平原水库,另外,滩涂渔业资源丰富,开发潜力很大,因而水产养殖发展迅速。近年来,该地区修建大量的水产养殖场,发挥了巨大的社会效益和经济效益。而近年来山东沿海城市产业结构的调整,养殖水域被制造业等非养殖用地项目征用,许多海湾受人类活动影响剧烈,海水富营养化加剧,导致威海市东部、莱州湾,以及胶州湾的海水养殖有所减少,养殖业的发展受到的极大的制约。此外,养殖场的发展也由大规模的海水养殖转变为许多小型公司承包制养殖的方式,导致养殖用地在空间分布上呈现分散破碎的形态。随着山东省沿海养殖用地的不断增

加,养殖重心向西北迁移,也对渤海湾的生态环境造成了一定程度的影响。渤海湾是一个C型半封闭海湾,其天然的纳污能力比开放海域弱。养殖的重心逐渐向半封闭海域转移,将对海洋生态环境影响日益加大。

4 结论

通过对1980年代末至2010年近30年来的山东沿海养殖用地时空演变过程进行了研究和分析,得出以下结论:

(1)1980年代末-2000年间山东沿海养殖用地动态度最大,达到16.95%,而2005-2010年动态度最小;2000年以后,增长幅度日趋缓和。

(2)1980年代末-2010年山东沿海养殖用地面积变化呈现出区域性的差异:滨州市和东营市养殖用地面积增长较快;威海市保持平稳增长;日照市和烟台市增长较缓;而青岛市和潍坊市有先增长后下降的趋势。

(3)近30年来,山东省养殖用地开发利用日益破碎,养殖用地空间分布趋向分散化,出现大量小型养殖区。同时,养殖用地空间分布发生了明显的迁移,养殖重心向西北方向偏移明显。

(4)养殖用地面积扩展的主要源自城乡工矿居民用地、水域和耕地。减少的养殖用地主要转变成城乡工矿居民用地,其次为水体。

参考文献:

[1] 沈豹.合理发展养殖实现滩涂利用的可持续发展[J].中国渔业经济,2004(3):43-44.

[2] 高雷,杨晓梅,苏奋振,等.珠江口养殖开发重心迁移的空间信息动态遥感分析[J].热带海洋学报,2010,29(3):35-40.

[3] 李大海,潘克厚,韩立民.我国海水养殖业的发展历程[J].中国渔业经济,2005(6):11-13.

[4] 王晓轩,夏丽华,邓姗姗,等.基于RS和GIS的南海区基塘用地时空变化分析[J].资源与产业,2011,13(4):55-60.

[5] 高雷.高分辨率遥感支持下的粤东海岸带调查与养殖开发变化分析[D].济南:山东科技大学,2009.

[6] 杨英宝.东太湖湖泊面积及网围养殖动态变化的遥感监测[J].湖泊科学,2005,17(2):133-138.

[7] 吴岩峻,张京红,田光辉.利用遥感技术进行海南省水产养殖调查[J].海洋科学,2006,30(8):10-12.

[8] 宫鹏,牛振国,程晓.中国1990和2000基准年湿地变化遥感[J].中国科学:地球科学,2010,40(6):768-775.

[9] 孙晓宇,苏奋振,周成虎,等.基于RS与GIS的珠江口养殖用地时空变化分析[J].资源科学,2010,32(1):71-77.

[10] 王晓轩.基于面向对象的海岸带水产养殖模式识别[D].广州:广州大学,2011.

[11] Pattanaik C, Prasad S N. Assessment of aquaculture impact on mangroves of Mahanadi delta (Orissa)[J]. Ocean & Coastal Management, 2011,54(11):789-795.

[12] 傅秀梅,宋婷婷,戴桂林,等.山东海洋渔业资源问题及其可持续发展策略[J].海洋湖沼通报,2007(2):164-170.

[13] 李利红,张华国,史爱琴,等.基于RS/GIS的西门岛海洋特别保护区滩涂湿地景观格局变化分析[J].遥感技术与应用,2013,28(1):129-136.

[14] 王茜.近30年中国城市扩展特征及驱动因素研究[D].北京:中国科学院,2007.

[15] 徐进勇.城市扩展遥感监测及其驱动因素分析——以江苏省城市扩展为例[D].北京:中国科学院,2008.

[16] 王思远,刘纪远,张增祥,等.中国土地利用时空特征分析[J].地理学报,2001,56(6):631-639.

[17] 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.

[18] 王宗明,张柏,张树清.吉林省近20年土地利用变化及驱动力分析[J].干旱区资源与环境,2004,18(6):61-65.

[19] 陈红霞.土地利用空间结构与生态系统功能关联性分析——以湖北省公陆市辛榨等二个乡土地整理为例[D].武汉:华中师范大学,2008.

[20] 陈铭,张柏,王宗明,等.湿地农田化过程对别拉洪河流域生态系统服务价值的影响[J].农业系统科学与综合研究,2007,23(2):231-235.

[21] 吴大放,刘艳艳,董玉祥,等.珠海市耕地变化时空特征及其驱动力分析[J].热带地理,2009,29(5):472-482.

[22] 马艳.伊犁河谷地西部区域土地利用变化及驱动力研究[D].乌鲁木齐:新疆师范大学,2011.

[23] 王思远,刘纪远,张增祥,等.近10年中国土地利用格局及其演变[J].地理学报,2000,57(5):523-530.

[24] 林巧莺,林广发,陈志鸿,等.近20年来厦门市滩涂养殖时空演变与政策驱动分析[J].地球信息科学,2007,9(2):9-13.

[25] 薛振山.GIS和RS支持下的珠江口景观格局变化研究[D].长春:东北师范大学,2007.

Remote Sensing Monitoring and Temporal Variation Analysis of Coastal Aquaculture in Shandong Province in the Recent Three Decades

XU Yuanjing*, ZHANG Zengxiang, WANG Xiao, WEN Qingke, LIU Fang and LI Na

(Remote Sensing and Digital Earth Institute, CAS, Beijing 100101, China)

Abstract: Shandong is one of the largest aquaculture producing provinces in China, and its aquaculture land changes significantly in both quantity and spatial distribution in the recent 30 years. This paper chose the coastal aquaculture land use in Shandong Province as the research object. In order to extract the aquaculture land use information, the interactive visual interpretation method incorporating spatial and spectral information from multi-source image objects was applied to Landsat TM/ETM+, CBERS-02B and HJ-1 images which were acquired in the late 1980s, 2000, 2005 and 2010 covering the coastal area of Shandong Province. Furthermore, to reveal the spatial pattern of Shandong coastal aquaculture land use evolution, we adopted different models including the single land use dynamic index, the gravity center, the landscape fragmentation and multi-model analysis of spatial information such as changes in the distribution area statistics. Results show that: from the late 1980s to 2010, Shandong coastal aquaculture area has increased, but the increase rate varies slightly in different periods; the dynamic degree from the late 1980s to 2000 is about 16.95%, which is the largest. It decreases gradually after 2000. The changes of aquaculture land use indicate the spatial heterogeneity. The aquaculture area in Dongying city keeps growing fast, followed by Binzhou city and Weihai city. But the growth rate in Qingdao city and Weifang city has dropped after a period of increment. For nearly 30 years, the fragmentation degree of the aquaculture area has increased by 4.5 times, and the gravity center of the aquaculture area has migrated to the northwest. The increased aquaculture land is mainly transformed from the construction land, sea water bodies and the agriculture land. The loss in aquaculture land is mainly turned into construction land and other forms of water bodies.

Key words: remote sensing; Shandong coast aquaculture area; land use; spatial and temporal change

*Corresponding author: XU Yuanjing, E-mail: xuyj@irsa.ac.cn