

珠江口养殖开发重心迁移的空间信息动态遥感分析

高雷^{1,2}, 杨晓梅¹, 苏奋振¹, 刘勇^{1,2}

(1. 中国科学院地理科学与资源研究所资源与环境信息系统国家重点实验室, 北京 100101; 2. 山东科技大学测绘工程学院, 山东 青岛 266510)

摘要: 珠江口作为我国经济发展最活跃的区域, 经历着快速城市化与工业化进程, 各项资源的有效可持续利用成为人们开发利用空间资源所追求的目标。根据珠江口3个时相的多源遥感信息与常规调查数据予以分类系统和空间精度的一致化处理, 挖掘提取了相同空间尺度和精度的养殖信息, 并引入单一土地利用动态度、景观破碎度模型与区域面积分布统计变化和重心迁移等多模型空间信息分析。量化结果表明, 养殖区面积从1985年的125.49km²增加到2005年的345.20km², 是1985年的2.75倍, 1985—1995年的养殖区面积年均增长率为14.30%, 1995年以后面积年均增长率下降到1.32%; 1985—2005年的20年间养殖区破碎度逐渐增加, 由1985年的0.000015增加到2005年的0.002824; 20年间珠江口各市养殖面积变化呈现区域性差异, 广州、东莞和珠海三市呈现持续增加趋势, 增长速度差异较大, 而中山和深圳两市则先增长后下降。综合分析得出养殖区分布重心整体向西北迁移。

关键词: 珠江口; 遥感; 养殖; 重心

中图分类号: TP79 文献标识码: A 文章编号: 1009-5470(2010)03-0035-06

Remote sensing analysis of gravity-center migration of the aquaculture in the Zhujiang River Estuary

GAO Lei^{1,2}, YANG Xiao-mei¹, SU Fen-zhen¹, LIU Yong^{1,2}

(1. State Key Laboratory of Resources and Environment Information System, Institute of Geographical Science and Natural Resources, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100101, China; 2. College of Surveying Science and Engineering, Shandong University of Science and Technology, Qingdao 266510, China)

Abstract: The Zhujiang River Estuary, the most active region in China's economic development, is experiencing rapid urbanization and industrialization, of which effective sustainable use of the funding sources becomes an ultimate goal to develop and utilize space technology and resources. In this article the authors mined and extracted the farming information with the same spatial scale and precision based on the analysis of data from the three-phase multi-source remote sensing information of the Zhujiang River Estuary and conventional survey with classification system and spatial accuracy consistency, to introduce the model of single land use dynamic index, the landscape fragmentation, and multi-model analysis of spatial information such as changes in the distribution area statistics and the gravity center. Quantified results show that from 1985 to 2005 aquaculture area increased from 125.49km² to 345.20km², 2.75 times as large as that in 1985. The average annual growth rate of aquaculture area was 14.30% between 1985 and 1995, and dropped to 1.32% after 1995. In the past 20 years from 1985 to 2005, the fragmentary degree of aquaculture area gradually increased from 0.000015 to 0.002824. The change of aquaculture area presented regional differences for the five cities in the Zhujiang River Estuary. The growth rate in Guangzhou, Dongguan and Zhuhai City kept going up, with quite large difference among them; but for Zhongshan and Shenzhen, the growth rate dropped after a period of increment. Comprehensive analysis leads to the conclusion that the gravity center of the aquaculture area migrated to the northwest in the whole.

Key words: Zhujiang River Estuary; remote sensing; aquaculture; gravity center

收稿日期: 2008-10-07; 修订日期: 2010-03-17。孙淑杰编辑

基金项目: 国家自然科学基金项目(40971224); 国家 863 计划(2009AA12Z148)

作者简介: 高雷(1984—), 男, 山东省泰安市人, 硕士研究生, 主要研究方向为遥感与地理信息系统应用。E-mail: gaol@lreis.ac.cn

面对当前日益加剧的人口-资源-环境问题,全球变化研究成为近年来国际上最为活跃的研究领域之一。而在众多的全球变化问题中,土地利用/土地覆盖变化研究显得尤为重要^[1]。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^[2],其时空演变过程能敏感反映城市中产业经济发展、生态环境变化及政策导向 3 个因素之间的博弈关系,引起了有关管理部门和研究人士的重视。过度的海水养殖不仅是赤潮的主要诱因,而且也是形成海洋环境复合污染的主要原因之一。本文以土地资源遥感调查数据为基础,利用遥感和地理信息系统方法,结合统计分析,揭示珠江口海岸带地区 1985—2005 年间养殖的时空变化特征,为该区养殖管理决策奠定基础,也为珠江口海岸带与海域环境综合治理、生态环境保护以及

进一步深入研究提供数据依据。

1 研究区地理背景

珠江口位于 21°48'—23°9'N、119°9'—114°37'E。全球低海面时,珠江口为大陆组成部分,到后冰期,海平面上升,逐渐形成伶仃洋、黄茅海两个喇叭形湾之间的弧形沉积带。诸多河流经虎门、蕉门、宏奇门、横门、磨刀门、鸡鸣门、虎跳门、崖门等八大口门注入南海。珠江口沿海各市、县海涂主要是由河流输沙而成,其开发利用主要是围垦造地和水产养殖等。

本文以海岸线向陆纵深 5km 为研究区,范围为 21°49'—22°48'N、113°24'—114°18',即东起深圳湾,西迄磨刀门,北至广州市,南达万山群岛。行政区域上包括珠海市、中山市、广州市、东莞市、深圳市(图 1、2)。

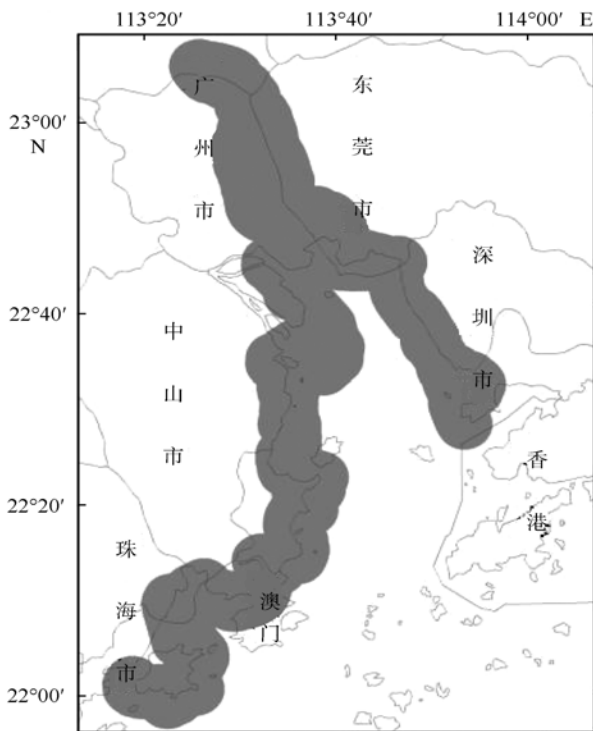


图 1 研究区域图

Fig. 1 Study area

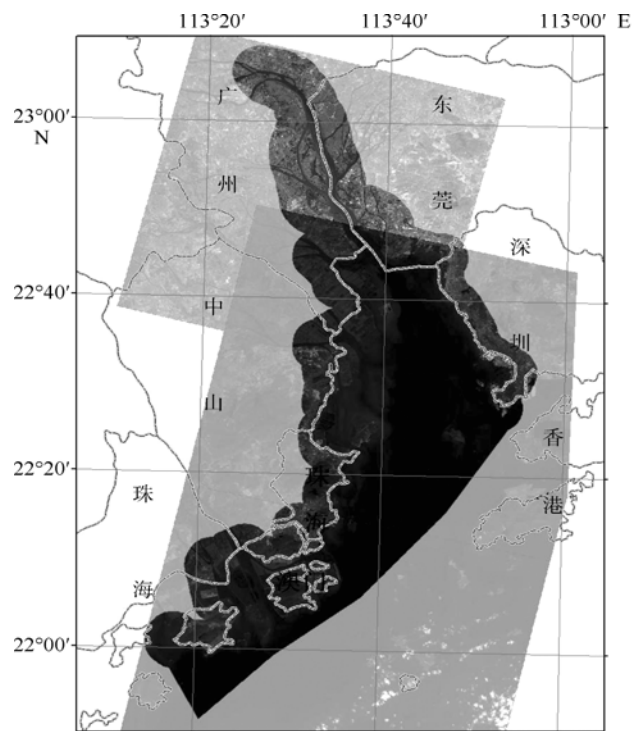


图 2 珠江口 SPOT-5 卫星图像分布

Fig. 2 SPOT-5 remote sensing images of the Zhujiang River Estuary

2 数据源与技术支撑

如表 1 所示,本研究区的数据源主要采用常规调查、TM 与 SPOT-5 遥感影像等。

鉴于表 1 所示数据的来源不同,各数据之间存在着如下所述的不一致性。

表 1 研究区数据源

Tab. 1 Data source of study area

常规调查	TM 遥感调查	SPOT-5 图像	地形图	其他
1980 年代全国海岸带 1:10 万调查资料	1995 年 1:10 万土地利用数据	2004 与 2005 年影像及其 1:5 万土地利用数据	1:5 万	海图、行政区划图等

1) 空间精度不一致：不同期的土地利用数据来源于不同分辨率的遥感影像，由于土地利用数据并非按照同一比例尺生成，20 世纪 80 年代数据和 1995 年 1 : 10 万比例尺数据整体上斑块较大，边界较为粗糙；不同分辨率遥感影像的校正精度的不一致，导致生成的矢量数据空间精度不一致。

2) 土地利用分类系统不一致：两种来源的数据用途和成图比例尺不同，造成分类体系的差异。2005 年的数据是针对海岸带调查所作，共有 47 个三级分类，而 1995 年 1 : 10 万的数据是对全国土地利用作的共有 25 个二级分类，前者多了诸如养殖、园地、已围待用地等海岸带特色的利用类型，后者分类则显得粗化(无专门的养殖类)。

分类系统的不一致会使得数据缺乏可比性，为此，依据统一后的分类系统对数据进行重新分类，在上述三期数据中提取出专门的养殖类来；而空间精度的不一致会使研究结果缺乏可信度，为此，在不同空间精度数据之间依据统一后的分类系统和成图比例尺的要素取舍要求进行适当的制图综合处理。

综上所述，如图 3 所示，针对目标数据进行了分类系统一致化来提取养殖信息和空间精度一致化处理，进而建立珠江口海岸养殖开发时空变化数据库。

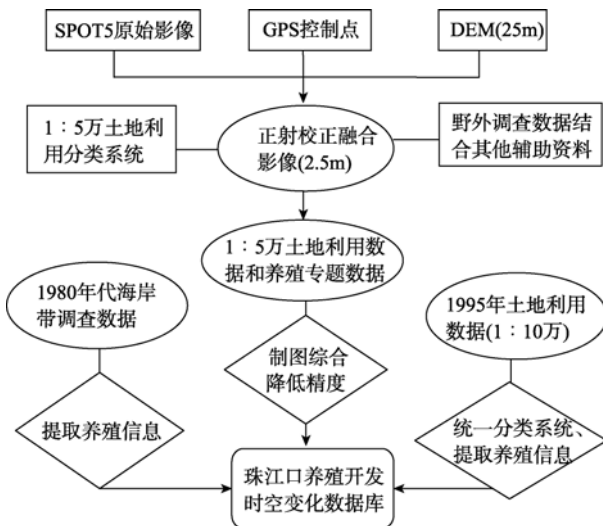


图 3 数据处理流程图
Fig. 3 Data processing flow chart

2.1 多源数据养殖信息提取

如图 4 所示，为了在 1 : 10 万数据中提出养殖水域一类，必须利用遥感影像与矢量数据进行叠加分析，并结合 2005 年 1 : 5 万的矢量数据，从中找到实地养殖水域类型与矢量数据中的类型匹配关系(图 5)。

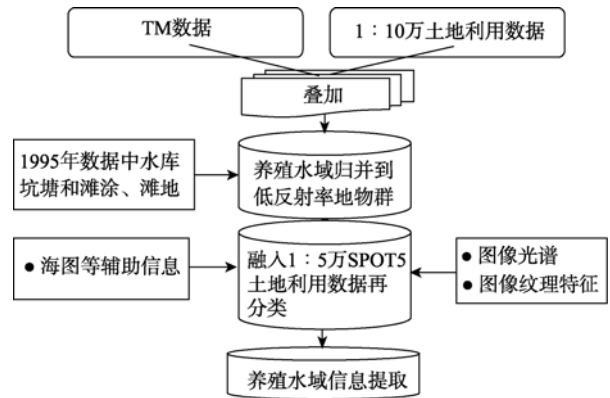


图 4 多源空间信息融合提取养殖场信息流程
Fig. 4 Flow chart of aquaculture extraction by multi-source spatial information

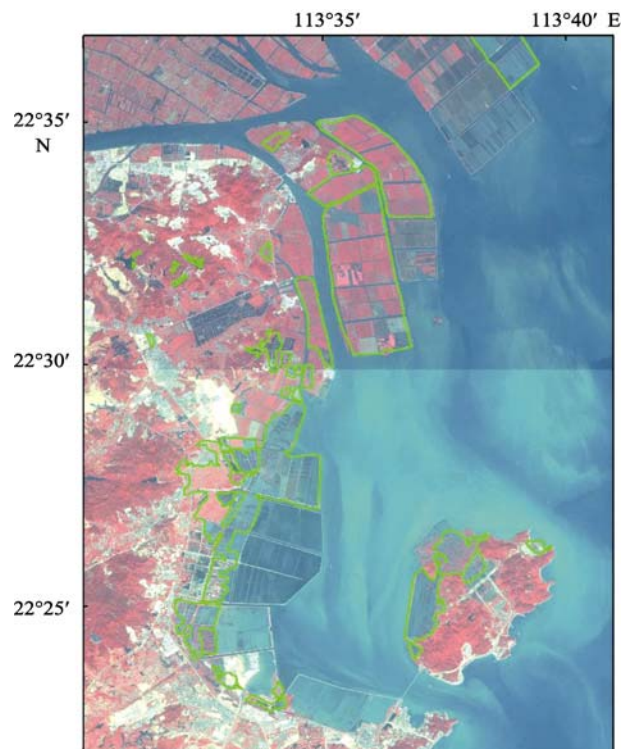


图 5 多源空间信息处理表现的养殖区
Fig. 5 Performance of the aquaculture area by multi-source spatial information

2.2 空间精度的一致化处理

在空间精度方面，由于要素提取的精度要求不同，2005 年数据明显优于其他两期数据。根据要素选取标准的一致化处理要采取向下看齐的原则，本研究将 2005 年数据精度适当降低，使之与 1980 年代海岸带调查数据和 1995 年 1 : 10 万比例尺数据的要素选取标准相一致。

1) 达不到 1 : 10 万上图标准、分布又非常零散的图斑直接利用 ArcGIS 中 Eliminate 工具归并到相邻的较大图斑中；

2) 达不到 1 : 10 万上图标准、但是分布非常集中的同类型图斑簇利用 ArcGis 中 Dissolve 工具合并为一个或几个较大的图斑。

3) 对于形状接近线状的地物, 如公路、水渠等, 如果宽度小于 100m 则利用网格切割后归入相邻斑块。

3 养殖场时-空动态信息的多模型分析

为揭示珠江口海岸带 1980 年代、1990 年代和 2000 年后 3 个时期养殖开发的数量变化和空间变化特征, 采用单一土地利用类型动态度、景观破碎度、空间区域分布和移动方向多项指标进行描述和统计分析, 为该区海岸带综合管理决策、生态环境保护以及进一步深入研究奠定基础(图 6)。

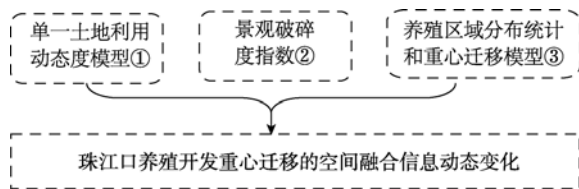


图 6 养殖区多模型分析

Fig. 6 Multi-model analysis in the aquaculture area

① 单一土地利用动态度模型

单一土地利用动态度可定量反映区域一定时间内某种类型变化的幅度与速率^[2-3], 本文采用单一土地利用动态度指标来反映滩涂养殖区数量上的动态变化。

单一土地利用动态度的公式可以表示为:

$$S = \frac{S_b - S_a}{S_a} \times \frac{1}{T} \times 100\%$$

式中 S_b 、 S_a 分别为研究区研究初期及研究末期的某一土地利用类型的面积; T 为时间段; S 为研究时间段内研究区中某一土地利用类型的年平均变化率。

景观破碎度指数

景观破碎度是指景观被分割的破碎程度^[2-3], 是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。本文采用景观破碎度指数来分析养殖区景观格局的动态变化, 反映人为开发利用养殖场的变化现状。景观破碎度指数越大, 则斑块数量增多、斑块密度增大, 说明珠江口养殖区人为开发强度越大, 对养殖区生态系统稳定性影响越大。

景观破碎度指数的计算公式:

$$F_i = (n_i - 1) / Q$$

式中 F_i 为景观要素 i 的破碎指数; n_i 是景观要素 i 的

斑块数; Q 是研究区内所有景观要素的平均面积。

养殖区域分布统计和重心迁移模型

土地利用变化区域差异和重心迁移模型可从空间上很好地描述土地利用景观类型的时空演变过程^[2,4], 可以在一定程度上了解区域土地利用空间格局的变化^[2]。本文通过分析养殖区重心迁移模型来阐明其空间分布的演变过程。

$$X_t = \sum_{i=1}^n (C_{it} \times X_{it}) / \sum_{i=1}^n C_{it};$$

$$Y_t = \sum_{i=1}^n (C_{it} \times Y_{it}) / \sum_{i=1}^n C_{it}$$

式中 X_t 、 Y_t 分别为第 t 年土地利用类型分布重心的经纬度坐标; C_{it} 是第 t 年第 i 块土地利用类型斑块面积; X_{it} 、 Y_{it} 分别是第 t 年第 i 块土地利用类型斑块几何中心的经纬度坐标。

3.1 珠江口养殖区面积的动态变化

通过计算 1980 年代、1995 年和 2005 年三期的珠江口养殖数据的动态度等数值(表 2 和表 3), 可看出 1985—2005 年间珠江口养殖面积持续增长, 但是增长的速度日趋减慢。养殖区面积从 1985 年的 125.49km² 增加到 2005 年的 345.20km², 是 1985 年的 2.75 倍; 珠江口海岸带养殖区面积占研究区总面积比率也在逐年增加, 由 1985 年的 7.57% 增加到 1995 年的 15.52%, 而到了 2005 年养殖区占研究区面积比率达到 17.19%。1985 年到 1995 年的年均增加面积是 17.939km², 年均增长率为 14.30%; 1995 年以后珠江口海岸带养殖区面积增长开始呈下降趋势, 1995—2005 年年均增加面积为 4.032km², 面积年均增长率从 14.30% 下降到 1.32%。

以上数据表明, 近 20 年来珠江口可供养殖区利用的空间资源面积趋于极限, 特别是近 10 年来养殖区面积增长缓慢(图 7)。

表 2 1985—2005 年珠江口养殖区面积表

Tab. 2 Area of aquiculture in the Zhujiang River Estuary (1985—2005)

	1985 年	1995 年	2005 年
养殖区面积/km ²	125.49	304.88	345.20
研究区总面积/km ²	1657.32	1964.33	2007.80
养殖区比率/%	7.57	15.52	17.19

表 3 1985—2005 年珠江口海岸带养殖区面积变化

Tab. 3 Change of aquiculture area in the Zhujiang river estuary (1985—2005)

	1985—1995	1995—2005
年均变化值/km ²	17.939	4.032
年均变化率/%	14.30	1.32

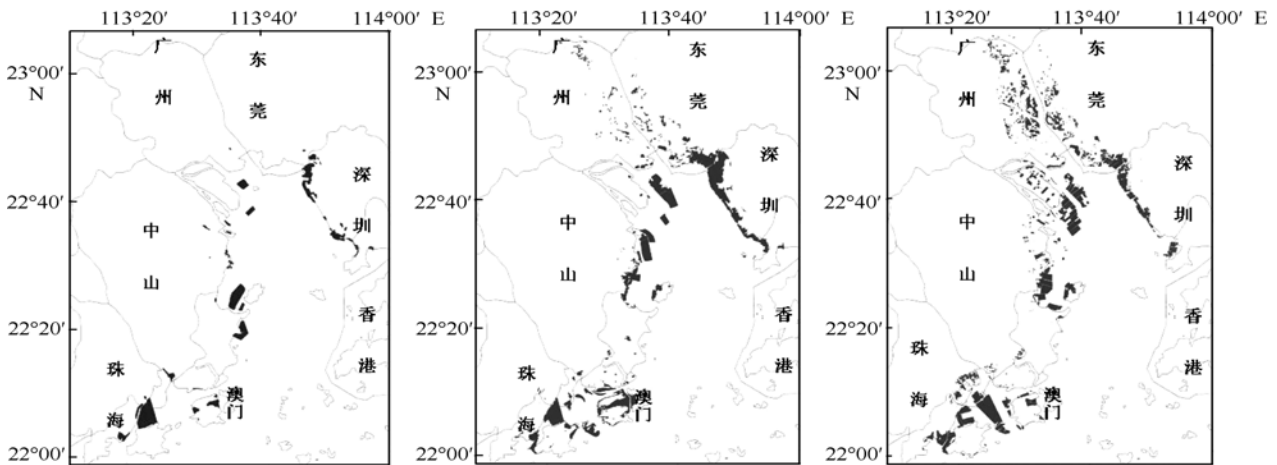


图 7 1985—2005 年珠江口养殖区分布图

a. 1985 年; b. 1995 年; c. 2005 年

Fig. 7 Spatial distribution of aquaculture in the Zhujiang River Estuary (1985–2005)

3.2 珠江口养殖区景观格局的动态变化

由上述三期数据的景观破碎指数(表 4)可看出, 珠江口养殖区破碎度指数都比较低, 均小于 0.0029, 呈增大的趋势, 1985 年养殖区景观破碎度指数为 0.000015, 到 1995 年增加到 0.000199, 而 2005 年则达到 0.002824。这说明 1985 年到 2005 年的 20 年间珠江口养殖区的开发利用越来越破碎, 成片大规模的开发利用呈下降的趋势, 越来越多的小片小规模养殖区是主流。

表 4 1985—2005 年珠江口养殖区破碎度指数

Tab. 4 Fragmentation of aquiculture area in the Zhujiang River Estuary (1985–2005)

年份	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
1985	125.49	28.86	0.06	44	2.85	0.000015
1995	304.88	49.11	0.001	247	1.23	0.000199
2005	345.2	26.66	0.0004	988	0.35	0.002824

3.3 珠江口养殖区域分布统计

图 8 示出珠江口养殖区域分布统计结果, 表明广州、东莞、珠海三市养殖区面积呈现逐年增长的趋势, 其中广州市养殖面积增长速度最快, 由 1985 年的 9.92km² 增加到 1995 年的 48.59km², 而 2005 年则达到 112.29km², 仅次于珠海市; 珠海市 20 年来一直保持平稳增长, 养殖面积由 74.61km² 增加到 2005 年的 118.86km², 其养殖区总量也一直高居五市之首; 东莞市在 20 世纪 80 年代养殖面积非常少, 20 年间来逐渐增加, 到 2005 年最高达 48.42km²。深圳、珠海两市则表现为先增长后下降的趋势, 其中深圳市 1985 年养殖面积是 32.89km², 1995 年增加了一倍多, 达 66.07km², 而 2005 年下降到 20 年的水平; 中山市 1985 年养殖面积为 7.73km², 1995 年养殖面积达到顶峰时期为 42.23km², 2005 年养殖面积下降了 22.3%。

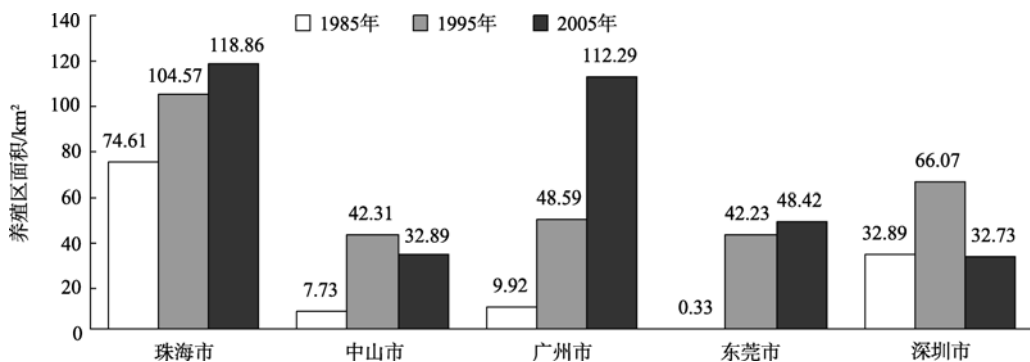


图 8 珠江口 5 市养殖区面积统计图

Fig. 8 Aquaculture areas of five cities in the Zhujiang River Estuary

综上所述, 珠江口养殖面积变化表现为区域差异不平衡性的特点, 三个时间段养殖面积的分布呈不均匀性。20年间珠江口5个城市的养殖面积变化不同, 广州、东莞和珠海三市养殖面积持续增加, 而中山和深圳两市养殖面积则先增长后下降, 养殖面积变化有地区性差异。

3.4 珠江口养殖区空间上的迁移

分别计算了1985年、1995年、2005年3个时期的珠江口养殖区重心经纬度坐标, 如表5所示。

表5 1985—2005年珠江口养殖区重心变化
Tab. 5 Migration of gravity center of the aquaculture area (1985—2005)

年份	经度	纬度
1985年	113.569951°E	22.382203°N
1995年	113.573634°E	22.494735°N
2005年	113.551123°E	22.600135°N

可以看出1995—2005年珠江口养殖区空间分布上是向西北方向迁移的。1985—1995年养殖区的分布重心向北迁移了 0.1125° , 向东偏移了 0.0037° ,

整体向东北方向偏移了12477m; 而1995—2005年养殖区分布重心向北偏移了 0.1054° , 向西偏移了 0.0225° , 整体向西北偏移了11909.49m。1985—2005年近20年间珠江口养殖区重心向北偏移了 0.2179° , 向西偏移了 0.0188° , 整体重心向西北偏移了24232.51m, 空间迁移明显。

4 结语

综上所述可知:

- 1) 1985—2005年的近20年间珠江口养殖区发生大幅度变化, 面积持续增加, 但增长幅度日趋缓和, 特别是近10年间养殖区面积增加极为缓慢;
- 2) 20年来珠江口养殖面积变化呈现区域性差异, 广州、东莞和珠海三市养殖面积呈现持续增加, 而中山和深圳两市则先增长后下降;
- 3) 近20年间珠江口养殖区开发利用日趋破碎, 成片大规模的开发利用呈下降的趋势, 越来越多的小片小规模养殖区成为主流, 养殖区的空间分布发生了明显的迁移, 养殖区重心向西北方向迁移。

参考文献

- [1] 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, (1): 81—87.
- [2] 林巧莹, 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, (2): 9—13.
- [3] 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.
- [4] 陈新军, 许柳雄, 田思泉. 北太平洋柔鱼资源与渔场的时空分析[J]. 水产学报, 2003, (4): 334—342.
- [5] 许振成. 珠江口海域环境及其综合治理问题辨析[J]. 热带海洋学报, 2003, 22(6): 88—93.
- [6] 林永水, 周雅操, 王国才. 珠江口赤潮生物及其与环境关系[J]. 热带海洋, 1994, 13(4): 58—64.
- [7] 李喆, 秦其明, 刘大平, 等. 土地利用变化的时空分析及其在云南丽江的应用[J]. 云南地理环境研究, 2004, (3): 10—13.
- [8] 杨英宝, 江南, 殷立琼, 等. 太湖围湖利用及网围养殖的遥感调查与分析[J]. 农村生态环境, 2006, (1): 93—99.
- [9] 朱会义, 李秀彬, 何书金, 等. 环渤海地区土地利用的时空变化分享[J]. 地理学报, 2001, (3): 253—260.
- [10] 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.
- [11] SUI DANIEL Z, ZENG HUI. Modeling the dynamics of landscape structure in Asia's emerging desakota region[J]. Landscape and Urban Planning, 2001, 53: 37—52.
- [12] TAYLOR J C, BREWER T R, A C BIRD. Monitoring landscape change in the national parks of England and Wales using aerial photo interpretation and GIS[J]. Remote Sensing, 2000, 21(13): 2737—2752.
- [13] SANTIAGO SAURA. Effects of remote sensor spatial resolution and data aggregation on selected fragmentation indices[J]. Landscape Ecology, 2004, 19: 197—209.