

文章编号: 1674 - 5566(2011)06 - 0902 - 08

## 地理信息系统在海洋渔业中的应用现状及前景分析

龚彩霞<sup>1</sup>, 陈新军<sup>1,2,3</sup>, 高峰<sup>1,2,3</sup>, 官文江<sup>1,2,3</sup>, 雷林<sup>1,2,3</sup>

(1. 上海海洋大学 海洋科学学院, 上海 201306; 2. 上海海洋大学 大洋生物资源开发和利用上海市重点实验室, 上海 201306; 3. 上海海洋大学 大洋渔业资源可持续开发省部共建教育部重点实验室, 上海 201306)

**摘要:**地理信息系统(geographic information system, GIS)作为一种高效的时空分析工具,于20世纪80年代末期应用于海洋渔业领域,并在渔况数据采集与分析、渔业资源与海洋环境关系、水产养殖选址、渔业资源评估与分析、标志放流、海洋生态系统以及渔情预报等方面得到广泛应用。但GIS在渔业方面的应用仍然面临着巨大挑战,渔业信息已不再局限于渔业数据及相关环境数据,还应包含与渔民本身相关的社会经济数据,即未来的海洋渔业GIS应是一个集自然资源与环境系统、人类系统、社会系统与经济系统为一体的综合系统。基于生态系统的海洋渔业管理及可持续性已得到全社会和国际组织的共同关注,GIS相比于传统分析方法具有很大的优势,将有助于提高海洋渔业信息决策分析。未来GIS在海洋渔业中的应用将注重以下几个方面:(1)基础数据库的建立及数据标准化;(2)鱼类关键栖息地的分析与研究;(3)海洋保护区的确定;(4)渔业资源的长期监测与管理;(5)鱼类洄游分布及海洋环境的三维化。结合我国大洋渔业的研究现状,提出了建立基于GIS我国大洋渔业信息系统的框架。

**研究亮点:**简要概述了GIS在海洋渔业中的研究现状及面临的主要挑战,展望了海洋渔业GIS的应用前景,提出了基础数据库的建立及数据标准化、鱼类关键栖息地的分析与研究、海洋保护区的确定、渔业资源的长期监测与管理,以及鱼类洄游分布及海洋环境的三维化等未来重点研究的领域。同时提出了基于GIS的我国大洋渔业的信息系统框架。

**关键词:**地理信息系统;海洋渔业;海洋生态系统;应用展望

**中图分类号:** S 931

**文献标志码:** A

地理信息系统(geographic information system, GIS)是集计算机科学、空间科学、信息科学、测绘遥感科学、环境科学和管理科学等学科为一体的新兴边缘科学。GIS从20世纪60年代开始,至今只有短短的五十年时间,但它已成为多学科集成并应用于各领域的基础平台,成为地理空间信息分析的基本手段和工具。目前地理信息系统不仅发展成为一门较为成熟的技术科学,而且在各行各业发挥越来越重要的作用。为了进一步促进GIS技术在我国海洋渔业领域中的应用与发展,本文将根据国内外几十年来海洋渔业GIS技术发展现状,以及海洋渔业学科发展趋势,对

其发展历程、应用现状和前景进行较为系统的论述,为我国海洋渔业学科的发展提供参考。

### 1 渔业GIS的发展历程

GIS是用于输入、存储、查询、分析和显示地理参照数据的计算机系统。地理参照数据也被称为地理空间数据,是用于描述地理位置和空间要素属性的数据。GIS的基本操作归纳为空间数据输入、属性数据管理、数据显示、数据分析和GIS建模<sup>[1]</sup>。20世纪60年代初,第一个专业GIS在加拿大问世,标志着通过计算机手段来解决空间信息的开始。经过近半个世纪的发展,GIS已

收稿日期: 2011-03-15 修回日期: 2011-09-25

基金项目: 国家高技术研究发展计划(2007AA092201; 2007AA092202); 国家发改委专项(2060403); 教育部博士点基金(20093104110002); 上海市捕捞学重点学科建设项目(S30702)

作者简介: 龚彩霞(1986—),女,硕士研究生,研究方向为渔业资源学。E-mail: gongcai1111@163.com

通讯作者: 陈新军, E-mail: xjchen@shou.edu.cn

成为处理地理问题多领域的主体<sup>[2]</sup>。GIS 首先在陆地资源开发与评估<sup>[3-4]</sup>、城市规划<sup>[5-6]</sup>与环境监测<sup>[7]</sup>等领域得到应用,20 世纪 80 年代开始应用于内陆水域渔业管理和养殖场的选择<sup>[8-9]</sup>。20 世纪 80 年代末期,GIS 逐步运用到海洋渔业中。

尽管在渔业方面的应用于 20 世纪 90 年代扩展到外海,覆盖三大洋,但是与陆地相比,它们的应用仍然受到很大的限制<sup>[10]</sup>。根据以往的一些参考文献,GIS 与渔业 GIS 各发展阶段的特征及发展动力如表 1<sup>[2,11-13]</sup>所示。

表 1 GIS 与渔业 GIS 发展历程  
Fig.1 Development of GIS and fishery GIS

阶段	GIS		渔业 GIS	
	特征	发展动力	特征	发展动力
1960s	开拓期:专家的兴趣及政府引导起作用、限于政府及大学的范畴,国家间交往甚少	学术探讨、新技术应用、大量空间数据处理的生产需求		
1970s	巩固发展期:数据分析能力弱、系统应用与开发多限于某个机构,政府影响逐渐增强	资源与环境保护、计算机技术迅速发展、专业人才增加		
1980s	快速发展期:应用领域迅速扩大、应用系统商业化	计算机技术迅速发展、行业需求增加	开拓期:初期出现,发展速度缓慢;主要用于内陆水域渔业管理和养殖位置的选择	卫星遥感技术的发展;FAO 对 GIS 工作的支持;陆地 GIS 技术的应用
1990s	提高期:GIS 已成为许多机构必备的办公室系统、理论与应用进一步深化	社会对 GIS 认识普遍提高、需求大幅度增加	快速发展期:GIS 在渔业上得到广泛应用,为加速发展期间(沿岸到外海)	计算机技术的发展以及日益完善的海洋生物资源与环境调查数据
2000s	拓展期:社会信息技术的发展及知识经济的形成	各种空间信息关系到每个人日常生活所必要的基本信息	拓展期:巩固和扩展到更多领域(外海到远洋渔业)	数据的可利用性和贮存;并获得了普遍的认同

阻碍渔业 GIS 的快速发展,主要有 3 个方面原因<sup>[2,11,14-15]</sup>:首先是在资金方面,收集水生生物的生物学、物理化学、底形等方面的数据需要很大的资金,特别是需要长时间的资源与环境调查;第二个原因就是水域系统的复杂和动态性,水域系统比陆地系统更为复杂和动态多变,需要不同类型的信息。水域环境通常是不稳定的,通常要用 3 维甚至 4 维(3D + 时间)来表示;第三个原因是由于许多商业性软件开发者通常以陆地信息为基础,这些软件还无法直接有效地处理渔业和海洋环境方面的数据。

尽管海洋渔业 GIS 技术发展面临着很多困难,但由于计算机技术和获取海洋数据手段的快速发展,以及海洋渔业学科发展的自身需求,在近 10 多年来,海洋渔业 GIS 技术得到了长足的发展。GIS 在渔业中的应用越来越受到科研人员及国际组织的重视。1999 年,第一届渔业 GIS 国际专题讨论会在美国西雅图举行,之后每三年举办一次<sup>[16]</sup>,目前已举办了四届(www.esl.co.jp/Sympo/outline.htm)。研讨会内容包括 GIS 技术

在遥感与声学调查、栖息地与环境、海洋资源分析与管理、海水养殖、地理统计与模型、人工渔礁与海洋保护区等海洋渔业领域的应用,以及 GIS 系统开发。此外,一些研究机构、大学和公司开发了海洋渔业 GIS 系统和软件,比较著名的有:(1)日本 Saitama 环境模拟实验室研发的 Marine Explorer;(2)美国俄亥俄州立大学、杜克大学、NOAA、丹麦等研究机构研发的 Arc Marine 和 ArcGIS Marine Data Model;(3)Mappamondo GIS 公司研发的 Fishery Analyst for ArcGIS9.1<sup>[2]</sup>。

## 2 GIS 在海洋渔业中的应用状况

综合目前国内外 GIS 技术在海洋渔业中的应用,通常涉及以下几个主要方面:渔况数据采集与分析,渔业资源与海洋环境关系,水产养殖选址,渔业资源评估与分析,标志放流,海洋生态系统以及渔情预报等。

### 2.1 渔况数据采集与分析

数据采集主要是通过通过各种方法获取数据,包括利用声学调查和遥感(卫星或航天飞机等)等

仪器设备获得数据。近年来,卫星图像及其它遥感的数字信息越来越多地被用于海洋生物分布及其与海洋环境关系的动态研究,如声学调查的数字信息纳入到 GIS 中,用于现场三维生物量的估计、海底地形测绘等<sup>[17]</sup>;仇天宇等<sup>[18]</sup>综述了卫星测高数据在渔情分析中的应用;SAGAWA 等<sup>[19]</sup>利用 IKONOS 卫星高精度多光谱图像对日本 Enakoshi 海湾海藻床进行了制图;KOMATSU 等<sup>[20]</sup>利用窄波多波束声纳数据,对日本海 Toyama 湾马尾草分布进行了制图与量化分析;MCREA 等<sup>[21]</sup>利用高分辨率侧扫声纳对鱼类栖息地分布进行了制图。

浮游植物是渔海况中极为重要的因子之一,也是生态系统食物链中许多高营养级生物的基础,因此识别浮游植物生物量的分布是了解生态与海洋环境的第一步<sup>[22]</sup>。蔡文贵等<sup>[23]</sup>在 GIS 的支持下对粤西海域浮游植物丰度的时空分布特征及其密集中心位置的变化进行了分析和模拟;SCHAEFFER 等<sup>[22]</sup>利用 MODIS、表面采集系统及现场测量数据,对加拉帕戈斯海洋保护区浮游植物生物量分布及其与高产栖息地关系进行了研究。

有专家指出,如果在数据收集方法上没有根本转变,GIS 在海洋渔业中的应用潜力将变得很困难<sup>[15]</sup>。尽管应用 GIS 技术研究了上述问题,但仍然存在很大的局限性,比如数据标准化还没有统一的标准等。

## 2.2 渔业资源与海洋环境关系

海洋渔业资源与海洋环境息息相关,它是海洋渔业 GIS 研究中最基础的问题,通常涉及 GIS 制图与建模等内容。GIS 作为一种空间分析工具,可用来解释不同地区间的差异<sup>[14]</sup>。GIS 建模是 GIS 在以空间数据建立模型过程中的应用,GIS 能综合不同数据源,包括地图、数字高程模型、全球定位系统数据、图像和表格,建立各种模型,如二值模型、指数模型、回归模型和过程模型等<sup>[24]</sup>,在渔业中常用的是指数模型和回归模型,且要求 GIS 用户对数字打分和权重加以考究,它常用于栖息地适宜性分析和脆弱性分析。回归模型可在 GIS 中用地图叠加运算把所需的全部自变量结合起来,常用于渔业资源的空间分布和资源量大小的估算。

此外,确定鱼类关键栖息地在渔业资源管理

中是非常重要的。其特点是存在生物与非生物参数的集合,它适应支持与维持鱼类种群的所有生活史阶段<sup>[25]</sup>。由于鱼类关键栖息地的时空变化显著,GIS 作为一种高效的时空分析工具,越来越受到管理者的关注与重视,在这方面的研究也与日俱增。

综合上述分析,GIS 在渔业资源与海洋环境关系方面得到了广泛应用,目的是为了了解渔业资源分布与海洋环境之间的关系,研究确定鱼类栖息地分布范围,从而进一步掌握渔业资源的动态分布,最终对鱼类栖息地进行评估与管理(表 2)。

表 2 GIS 在渔业资源与海洋环境关系研究中的应用

Fig. 2 Application of GIS in the relationship between fishery resources and marine environment

研究目的	研究案例及其内容	参考文献
资源分布与环境关系	头足类资源量与环境之间的关系	PIERCE 等 <sup>[26]</sup>
	舌鳎( <i>solea solea</i> ) 肥育场的空间分布	EASTWOOD 等 <sup>[27]</sup>
	稚鲷肥育场空间分布与环境变量之间的关系	STONER 等 <sup>[28]</sup>
栖息地确定与制图	GIS 图像处理技术制图海洋底栖生境	SOTHERAN 等 <sup>[29]</sup>
	利用物理环境数据的海洋底栖生境的一种新的制图方法	HUANG 等 <sup>[30]</sup>
	利用 GIS 环境建模方法设计重要鱼类栖息地	VALAVANIS 等 <sup>[25]</sup>
资源动态监测	西班牙地中海水域小型中上层鱼类物种的重要栖息地鉴定	BELLIDO 等 <sup>[31]</sup>
	南方蓝鳍金枪( <i>Thunnus maccoyii</i> ) 鱼补充量的空间动态变化	NISHIDA <sup>[32]</sup>
栖息地评估与管理	南加州海洋保护区星云副鲈( <i>Paralabrax nebulifer</i> ) 的活体范围与栖息地的使用	MASON 和 LOWE <sup>[33]</sup>
	利用 GIS 和 GAM 建立南极电灯笼鱼( <i>Electrona antarctica</i> ) 栖息地模型	LOOTS 等 <sup>[34]</sup>
	GIS 在栖息地评估和海洋资源管理中的应用	STANBURY 和 STARR <sup>[35]</sup>

## 2.3 海水养殖及养殖场的选择

养殖场的选择是影响水产养殖的关键因素<sup>[6,36]</sup>,因为它直接影响到养殖运行成本、种类生长和死亡<sup>[36]</sup>。目前,GIS 在近岸和外海海水养殖中的应用案例很多,如网箱养鱼<sup>[36-38]</sup>和近岸贝类养殖<sup>[39-40]</sup>。海水养殖及其管理也涉及地理或

空间信息,当前阻碍 GIS 在海水养殖中应用的主要是空间信息方面仍存在很大差距,如地理覆盖率和时间差距及其分辨率。GIS 在海水养殖中的研究需要花很多的时间用于收集、整理各种属性的数据,明确对养殖生物的环境要求。

#### 2.4 渔业资源分析与管理

GIS 在渔业资源评估与管理上的应用主要包括海洋保护区(MPA)、渔礁、生态系统等。海洋科学家通常评估栖息地以掌握资源的分布及相关丰度,然而,由于自然栖息地的空间和相关时空变化,使用传统的同化数据分析方法往往很难。GIS 为帮助解决空间数据内部分析问题提供了一个有效工具,GIS 能有效地收集、存储、显示、分析和模拟时空信息。此外,结合不同的数据类型,如底质类型、鱼类分布等,管理人员可利用 GIS 来分析有关信息为制定管理方法提供决策<sup>[35]</sup>。GIS 也常被用于 MPA 的决策支持工具。目前意识到许多种群已经受到威胁,通过海洋保护区(MPAs)或类似的非作业区(No-Take Zones, NTZs)或海洋保护区(marine reserves)的建立,来保护渔业资源,这实际上就是对空间问题的解决。正如 NATH<sup>[41]</sup>所说,GIS 正在成为全球自然资源管理活动中不可或缺的组成部分。

苏振奋等<sup>[42]</sup>用 GIS 对 1987-1997 年东海区鱼类资源进行时空分析,计算了主要渔场的重心年际变化,发现东海渔业资源某些区域的漂移规律明显。HARRIS 和 WHITEWAY<sup>[43]</sup>利用 GIS 绘制了公海 MPA 海底地貌和海洋景观分类图,对公海 MPA 的潜在地点进行了鉴定。MASON 和 LOWE<sup>[33]</sup>认为掌握物种的洄游模式是鉴定一个物种是否受益于 MPA 的关键组成部分,研究表明,即使是很小的 MPA 可能也是一种有效地管理策略。FREITAS 和 TAGLIANI<sup>[44]</sup>认为在很多案例中,由于未能充分利用所有可用的信息和知识,管理政策的实施并未达到效果,因此利用 GIS 结合当地捕捞者对他们所捕获的资源的态度与实践知识和科学信息,对自然资源的管理是很重要的。

#### 2.5 标志放流

GIS 在海洋渔业标志放流的研究中也得到应用。主要集中在海洋渔业资源的动态变化与环境信息之间的多尺度时空研究问题,目的是为了掌握海洋渔业资源各生活史阶段的特性,或其洄

游路径。GIS 被用来进行多尺度的 3D 时空分析。然而,应用电子标记方法记录鱼类洄游路径及其生存环境,并结合 GPS、GIS 及遥感技术进行时空分析已成为重要的研究手段。近年来,在北美水域应用 GIS 和遥感技术在海龟研究领域取得了很大的进展,并将其分为三大类:(1)利用 GIS 和遥感跟踪远距离运动,并迅速建立海龟种群动态;(2)跟踪短距离海龟运动,分析主要栖息地和评估造成海龟死亡的原因;(3)分析海龟栖息地,实施健全的养护措施<sup>[45]</sup>。多尺度时空分析是海洋渔业 GIS 所面临的重要挑战之一<sup>[2]</sup>,还有待进一步深入研究。

#### 2.6 海洋生态系统

在渔业科学与管理中,生态系统与群落的时空尺度研究已越来越重要。EDWARDS 等<sup>[46]</sup>利用 GIS 技术研究了美国东北部大陆架海域以生态系统为基础的渔业资源管理,其研究的目标就是确定渔业资源管理的目标是否与以生态为基础的管理一致,研究方法采用 3 年时间 10 分一格的种类分布、捕捞努力和渔获量等进行空间分析。STELZENMÜLLER 等<sup>[47]</sup>在英国大陆架对贝叶斯统计网络 GIS 系统(Bayesian belief network-GIS, BN-GIS)框架进行了评估,以支持海洋发展规划,该 BN-GIS 框架将人类活动的累计压力、海洋景观敏感性及景观脆弱性可视化,以评估潜在的海洋计划目标和结果在各种海洋管理措施下的变化,结果表明,基于 BN-GIS 的工具能够用于自适应海洋管理的决策支持过程。ROBERTS 等<sup>[48]</sup>以 ArcGIS 为平台,建立了海洋地理空间生态系统(Marine geospatial ecology tools, MGET),MGET 在 ArcGIS 平台上集成了 Python、R、MATLAB 及 C++ 等多种系统,并在生态系统研究中得到很好的应用。

#### 2.7 渔情预报

近十年来,随着卫星遥感信息的获取及可视化分析与制图技术的提高,对海洋渔业海况的掌握得到了飞速发展,特别是对单一鱼类或某一类型渔业的时空分布及其变化和预测的技术手段和方法越来越成熟,并成功运用于渔情预报系统中<sup>[49]</sup>。渔情预报的主要方法有统计分析预报(如线性回归分析、相关分析、判别分析与聚类分析)、空间统计分析及空间建模(如空间关联表达、空间信息分析模型)、人工智能(如专家系统、

神经网络)、模糊性及不确定性分析(如贝叶斯统计理论)以及数值计算与模拟(如蒙特卡洛模拟法)等,其应用实例见表3。GIS 依赖所建立的自主数据库,可实现时空数据的一体化管理、

空间叠加与缓冲区分析、等值线分析、空间数据的探索分析、模型分析结果的直观显示、地图的矢量化输出等功能,结合各统计学方法和渔海况数据,实现智能型的渔情预报<sup>[50-54]</sup>。

表3 GIS 在海洋渔情预报的应用举例

Fig.3 Cases study of GIS in marine fishing ground forecasting

渔情预报方法	GIS 应用举例	参考文献
统计分析预报	西北太平洋柔鱼最适栖息地与适宜渔场的鉴定	CHEN 等 <sup>[50]</sup>
空间分析与建模	海洋渔业电子地图系统软件设计与实现	邵全琴等 <sup>[51]</sup>
人工智能	印度尼西亚苏拉威西岛南部及中部沿岸水域渔场预报	SADLY 等 <sup>[52]</sup>
不确定性分析	基于遥感与 GIS 的冰岛北部海域中上层鱼类渔情预报	SÁNCHEZ <sup>[53]</sup>
数值计算与模拟	赤道太平洋鳀鱼饵料生物分布预测	LEHODEY 等 <sup>[54]</sup>

### 3 前景分析

随着结合基于生态系统的渔业资源管理研究不断深入,以及多学科的发展趋势,GIS 技术在海洋渔业中的应用将会越来越广泛。渔业信息已不再局限于渔业资源数据及相关环境数据,还应包含与渔民本身相关的社会经济数据,即未来的海洋渔业 GIS 应是一个集自然资源与环境、社会与经济为一体的综合系统。今后重点应用领域将包括:1)基础数据库的建立及数据标准化;2)鱼类关键栖息地的研究;3)海洋保护区的确定;4)渔业资源的长期监测与管理;5)鱼类洄游分布及海洋环境的三维化等。

远洋渔业是我国海洋渔业的重要组成,建立大洋渔业 GIS 系统将有助于我国对大洋性渔业资源的掌控、中心渔场的掌握等,从而实现依靠信息技术来改造传统海洋捕捞业的目标。建立大洋渔业 GIS 系统应重点做好以下几个方面:大洋渔业信息共享标准的制订;大洋渔业基础底图研制(水深、底形、底质、专属经济区、领海、港口等);大洋渔业资源信息数据库建立(海洋生物量分布或密度、定量或定性估计,如鱼类、海洋哺乳动物、浮游生物、头足类、贝类等分布);大洋渔业环境信息数据库建立(遥感资料、栖息地、温度、盐度、水色、叶绿素、海流等);大洋渔业生产信息数据库建立(捕捞努力量、渔获量、渔场的分布等);大洋渔业管理信息数据库建立(国际渔业法规、公约等,渔获量规则,如网目尺寸、捕捞季节等,捕捞权,捕捞配额,总许可渔获量,禁渔区,管理区域等);以及发展各种大洋渔业资源、渔场与

环境的专家系统。

#### 参考文献:

- [1] CHANG K T. 地理信息系统导论[M]. 3 版. 陈健飞,译. 北京:清华大学出版社,2006:1-11.
- [2] MEADEN G. Chapter 4: Geographical Information Systems (GIS) in Fisheries Management and Research [M]//2nd edition. MEGREY B A, MOKSNESS E. Computers in fisheries research. Springer Netherlands, 2009: 93-120.
- [3] GERRARD R, STINE P, CHURCH R, et al. Habitat evaluation using GIS: A case study applied to the San Joaquin Kit Fox [J]. Landscape and Urban Planning, 2001, 52:239-255.
- [4] WEIERS S, BOCK M, WISSEN M, et al. Mapping and indicator approaches for the assessment of habitats at different scales using remote sensing and GIS methods[J]. Landscape and Urban Planning, 2004, 67:43-65.
- [5] TANAKA T, ABRAMSON D B, YAMAZAKI Y. Using GIS in community design charrettes: Lessons from a Japan-U. S. collaboration in earthquake recovery and mitigation planning for Kobe[J]. Habitat International, 2009, 33:310-318.
- [6] HOSSAIN M S, CHOWDHURY S R, DAS N G. et al. Integration of GIS and multicriteria decision analysis for urban aquaculture development in Bangladesh[J]. Landscape and Urban Planning, 2009, 90:119-133.
- [7] SCHRÖDER W. GIS, geostatistics, metadata banking, and tree-based models for data analysis and mapping in environmental monitoring and epidemiology[J]. International Journal of Medical Microbiology, 2006, 296:23-36.
- [8] KAPETSKY J M, MCGREGOR L, NANNE E H. A geographical information system to plan for aquaculture: A FAO-UNEP/GRID study in Costa Rica [M]. Rome: FAO Fisheries Technical Paper, 1987, 287:51.
- [9] KAPETSKY J M, HILL J M, WORTHY L D. A geographical information system for catfish farming development [J]. Aquaculture, 1988, 68:311-320.
- [10] 苏奋振,周成虎,邵全琴,等. 海洋渔业地理信息系统的发

- 展、应用与前景[J]. 水产学报,2002,26(2):169-174.
- [11] MEADEN G. GIS in Fisheries Management[J]. GeoCoast, 2000,1(1): 82-101.
- [12] 邵全琴,李启虎,郑立中,等. 海洋渔业地理信息系统研究与应用[M]. 北京:科学出版社,2001:5-11.
- [13] 王兴涛,翟世奎. 地理信息系统的发展及其在海洋领域中的应用[J]. 海洋地质与第四纪地质, 2003(2):123-127.
- [14] MEADEN G J, DO C T. Geographical information systems: applications to marine fisheries [M]. Rome:FAO Fisheries Technical Paper, 1996:1-355.
- [15] ST MARTIN K. GIS in Marine Fisheries Science and Decision Making [M]//FISHER W L, RAHEL F J. Geographic information systems in fisheries. American Fisheries Society, 2004:237-258.
- [16] BOOTH A, NISHIDA T. Recent approaches using GIS in the spatial analysis of fish populations[M]. Fairbanks, Alaska USA: Alaska Sea Grant College Program, 2001:19-36.
- [17] 西田 勤, MEADEN G, 伊藤 喜代志. 海洋GISと空間解析—水産海洋分野における現状と展望—[J]. 月刊海洋, 2004,5(36):1-22.
- [18] 仇天宇,邵全琴,周成虎. 卫星测高数据在渔情分析中的应用探索[J]. 水产科学,2001, 6(20):4-8.
- [19] SAGAWA T, MIKAMI A, KOMATSU T, et al. Mapping seagrass beds in Funakoshi Bay, Sanriku Coast, Japan, using an IKONOS high-precision multi-spectral image and GIS Tatsuyuki Sagawa technology[C]// GIS/Spatial Analyses in Fishery and Aquatic Sciences, 2007,3:85-96.
- [20] KOMATSU T, MATSUOKA Y, SHIBATA K, et al. Mapping and quantifying a Sargassum forest off Osaka (Toyama Bay, the Sea of Japan) by using narrow multibeam sonar and GIS [C]//GIS/Spatial Analyses in Fishery and Aquatic Sciences, 2007,3:97-114.
- [21] MCREA J E, GREENE H G, OCONNELL V M, et al. Mapping marine habitats with high resolution side scan sonar[J]. Oceanologica Acta, 2000,22(6):679-686.
- [22] SCHAEFFER B A, MORRISON J M, DANIEL K, et al. Phytoplankton biomass distribution and identification of productive habitats within the Galapagos Marine Reserve by MODIS, a surface acquisition system, and in-situ measurements[J]. Remote Sensing of Environment, 2008, 112: 3044-3054.
- [23] 蔡文贵,贾晓平,李纯厚. 基于GIS的粤西海域浮游植物的时空变化分析[J]. 生态学报, 2004(10):2143-2148.
- [24] 陈键飞. 地理信息系统导论[M]. 北京:科学出版社, 2003:274-284.
- [25] VALAVANIS V D, GEORAKARAKOS S, KAPANTAGAKIS A, et al. A GIS environmental modelling approach to essential fish habitat designation [J]. Ecological Modelling, 2004, 178:417-427.
- [26] PIERCE G J, WANG J, BELLIDO J M, et al. Relationships between cephalopod abundance and environmental conditions in the Northeast Atlantic and Mediterranean as revealed by GIS[J]. ICES Journal of Marine Science, 1998,55:14-33.
- [27] EASTWOOD P D, MEADENA G J, CARPENTIER A, et al. Estimating limits to the spatial extent and suitability of sole (*Solea solea*) nursery grounds in the Dover Strait [J]. Journal of Sea Research, 2003, 50: 151-165.
- [28] STONER A W, SPENCER M L, RYER C H. Flatfish-habitat associations in Alaska nursery grounds: Use of continuous video records for multi-scale spatial analysis [J]. Journal of Sea Research, 2007,57:137-150.
- [29] SOTHERAN I S, FOSTER-SMITH R L, DAVIES J. Mapping of marine benthic habitats using image processing techniques within a raster-based geographic information system [J]. Estuarine, Coastal and Shelf Science, 1997,44: 25-31.
- [30] HUANG Z, BROOKE B P, HARRIS P T. A new approach to mapping marine benthic habitats using physical environmental data[J]. Continental Shelf Research, 2011,31(2):4-16.
- [31] BELLIDO J M, BROWN A M, VALAVANIS V D, et al. Identifying essential fish habitat for small pelagic species in Spanish Mediterranean water [J]. Developments in Hydrobiology, 2008, 203: 171-184.
- [32] NISHIDA T, LYNE V, MIYASHITA K, et al. Spatial dynamics of southern bluefin tuna recruitment[C]//The first international symposium on GIS in fishery science, 1999:89-106.
- [33] MASON T J, LOWE C G. Home range, habitat use, and site fidelity of barred sand bass within a southern California marine protected area[J]. Fisheries Research, 2010, 106: 93-101.
- [34] LOOTS C, KOUBBI P, DUHAMEL G. Habitat modelling of *Electrona antarctica* (Myctophidae, Pisces) in Kerguelen by generalized additive models and geographic information systems[J]. Polar Biology, 2007, 30:951-959.
- [35] STANBURY K B, STARR R M. Applications of Geographic Information Systems (GIS) to habitat assessment and marine resource management[J]. Oceanologica Acta, 2000, 22:699-703.
- [36] PÉREZ O M, ROSS L G, TELFER T C, et al. Water quality requirements for marine fish cage site selection in Tenerife (Canary Islands): predictive modelling and analysis using GIS [J]. Aquaculture, 2003,224:51-68.
- [37] PÉREZ O M, TELFER T C, BEVERIDGE M C, et al. Geographical information systems (GIS) as a simple tool to aid modelling of particulate waste distribution at marine fish cage sites[J]. Estuarine, Coastal and Shelf Science, 2000, 54: 761-768.
- [38] CORNER R A, BROOKER A J, TELFER T C, et al. A fully integrated GIS-based model of particulate waste distribution from marine fish-cage sites [J]. Aquaculture, 2006, 258: 299-311.
- [39] LONGDILL P C, HEALY T R, BLACK K P. An integrated GIS approach for sustainable aquaculture management area site selection[J]. Ocean & Coastal Management, 2008, 51: 612-624.

- [40] RADIARTA I N, SAITOH S I, MIYAZONO A. GIS-based multi-criteria evaluation models for identifying suitable sites for Japanese scallop (*Mizuhopecten yessoensis*) aquaculture in Funka Bay, southwestern Hokkaido, Japan [ J ]. Aquaculture, 2008, 284:127 - 135.
- [41] NATH S S, BOLTE J P, ROSS L G, et al. Applications of geographical information systems ( GIS) for spatial decision support in aquaculture[ J ]. Aquacultural Engineering, 2000, 23: 233 - 278.
- [42] 苏奋振, 周成虎, 邵全琴, 等. 东海区鱼类资源时空变化 [ J ]. 中国水产科学, 2001, 8(3): 15 - 19.
- [43] HARRIS P T, WHITEWAY T. High seas marine protected areas: Benthic environmental conservation priorities from a GIS analysis of global ocean biophysical data [ J ]. Ocean & Coastal Management, 2009, 52: 22 - 38.
- [44] DE FREITAS D M, TAGLIANI P R A. The use of GIS for the integration of traditional and scientific knowledge in supporting artisanal fisheries management in southern Brazil [ J ]. Journal of Environmental Management, 2009, 90: 2071 - 2080.
- [45] RINGLE W M, DORCAS M E. The use of geographic information systems in marine turtle research [ EB/OL ]. [ 2011-09-25 ]. <http://www.bio.davidson.edu/people/midorcas/GISclass/GISwebsites/willson/willson.htm>.
- [46] EDWARDS S F, ROUNTREE P, SHEEHAN D D, et al. An inquiry into ecosystem-based management of fishery resources on Georges Bank [ C ] // The first international symposium on GIS in fishery science, 1999: 2 - 4.
- [47] STELZENMÜLLER V, LEE J, GARNACHO E, et al. Assessment of a Bayesian Belief Network-GIS framework as a practical tool to support marine planning [ J ]. Marine Pollution Bulletin, 2010, 60: 1743-1754.
- [48] ROBERTS J J, BEST B D, DUNN D C, et al. Marine Geospatial Ecology Tools: An integrated framework for ecological geoprocessing with ArcGIS, Python, R, MATLAB, and C++ [ J ]. Environmental Modelling & Software, 2010, 25: 1197-1207.
- [49] 樊伟, 崔雪森, 沈新强. 渔场渔情分析预报的研究及其进展 [ J ]. 水产学报, 2005, 29(5): 706 - 710.
- [50] CHEN X J, TIAN S Q, CHEN Y, et al. A modeling approach to identify optimal habitat and suitable fishing grounds for neon flying squid (*Ommastrephes bartramii*) in the Northwest Pacific Ocean [ J ]. Fishery Bulletin, 2010, 108: 1 - 14.
- [51] 邵全琴, 周成虎, 张明金, 等. 海洋渔业电子地图系统软件设计与实现 [ J ]. 水产学报, 2001, 25(4): 367 - 372.
- [52] SADLY M, HENDIARTI N, SACHOEMAR S I, et al. Fishing ground prediction using a knowledge-based expert system geographical information system model in the South and Central Sulawesi coastal waters of Indonesia [ J ]. International Journal of Remote Sensing, 2009, 30: 6429 - 6440.
- [53] SÁNCHEZ E E L. Remote sensing and geographic information system for pelagic fishing ground forecasting in North Iceland waters [ J ]. UNU - Fisheries Training Programme, 2003: 1 - 56.
- [54] LEHODEY P, ANDRE J M, BERTIGNAC M, et al. Predicting skipjack tuna forage distributions in the equatorial Pacific using a coupled dynamical bio-geochemical model [ J ]. Fish Ocenogr, 1998, 7(314): 317 - 325.

## Development and application of geographic information system in marine fisheries

GONG Cai-xia<sup>1</sup>, CHEN Xin-jun<sup>1,2,3</sup>, GAO Feng<sup>1,2,3</sup>, GUAN Wen-jiang<sup>1,2,3</sup>, LEI Lin<sup>1,2,3</sup>

(1. College of Marine Sciences, Shanghai Ocean University, Shanghai 201306, China; 2. Key Laboratory of Oceanic Fisheries Resources Exploitation of Shanghai Education Commission, Shanghai Ocean University, Shanghai 201306, China; 3. Key Laboratory of Sustainable Exploitation of Oceanic Fisheries Resources, Ministry of Education, Shanghai Ocean University, Shanghai 201306, China )

**Abstract:** Geographic information system (GIS), as a powerful spatio-temporal analysis tool, has been applied to marine fisheries since the late 1980s, and which is widely used in the fields of data processing and analysis of fishery conditions, relationship between fishery resources and environment, aquaculture selection, fishery resources assessment, tagging, marine eco-system and fishing ground forecasting. But GIS in the marine fisheries still faces with great challenges. The information of fishery resources includes not only fishery data and environmental data, but also social-economic data which are closely related with fishermen. That is, in the future GIS in marine fishery should be a set of natural resources and environment systems, human systems, social systems and economic systems. Fisheries management and sustainability based marine eco-system has been a common concern of community and international organizations, and GIS has greater advantages than traditional methods and will further enhances fishery decision-making. The applications of GIS in fisheries will focus on: (1) the establishment of the database and data standardization; (2) the design of key essential fish habitat; (3) the definition of marine protected areas; (4) long-term monitoring and management of resources; (5) distribution and migratory of fish specis and 3-D analysis of marine environment. Finally, the establishment of GIS-based framework for ocean fisheries information system in our country is proposed.

**Key words:** geographic information system; marine fisheries; marine eco-system; application prospect