

文章编号: 1000- 0615(2002)02- 0169- 06

#综述#

# 海洋渔业地理信息系统的发展、应用与前景

苏奋振<sup>1,2</sup>, 周成虎<sup>2</sup>, 邵全琴<sup>2</sup>, 杜云艳<sup>2</sup>, 仇天宇<sup>2</sup>

(1. 中国科学院遥感应用研究所, 北京 100101;

2. 中国科学院地理研究所资源与环境信息系统国家重点实验室, 北京 100101)

关键词: 海洋渔业; 地理信息系统

中图分类号: S91; S93 文献标识码: A

## Development and application of marine fishery geographic information system

SU Fen2zhen<sup>1, 2</sup>, ZHOU Cheng2hu<sup>2</sup>, SHAO Quan2qin<sup>2</sup>, DU Yun2yan<sup>2</sup>, ZHANG Tian2yu<sup>2</sup>

(1. Institute of Remote Sensing Application, Chinese Academy of Science, Beijing 100101;

2. Institute of Geographical Sciences and Natural Resources Research, Chinese Academy of Science, Beijing 100101)

Abstract: Geographic information system (GIS) is a powerful tool to store, to manipulate and to analyse large spatiotemporal data and it has been applied to the research for marine fisheries since late 1980. s. The development of marine fishery geographic information system can be divided into three phases: mapping, electronic atlas and information system. It has been used in evaluation of fish habitats, relating fish distributions to environment, site selection for mariculture and building the position related fishery database, etc. And it can also be applied to the fishery modeling, artificial enhancement, fishing quotas management, etc.

Key words: marine fishery; geographic information system

渔业科学多年来一直注重研究生物形态学、分类学、行为学、生理学、细胞学和育种学等,而对于鱼类种群或群聚及其组成成分在海洋中的分布格局、形成、演变及其与环境条件的关系或驱动过程等空间方面的研究较少<sup>[1]</sup>;另一方面,地理信息系统(Geographic information system, GIS)作为处理空间问题的有力工具愈来愈被各学科所接受。上世纪 80 年代中后期 GIS 开始应用于海洋渔业研究<sup>[2]</sup>,并在 90 年代得到了较大的发展<sup>[3]</sup>。海洋渔业地理信息系统的发展可以分为三个阶段:海洋渔业制图,海洋渔业电子图集,海洋渔业地理信息系统。主要应用于评价鱼类栖息地、研究渔业资源分布及其与环境的关系、养殖选点和建立渔业基础地理信息数据库等方面;并有望在渔业模型建立、增殖方案确定和配额管理等方面得到进一步应用。

## 1 海洋渔业 GIS 的发展

地理信息系统是指运用数字技术,对蕴涵空间位置信息的数据进行采集、存储、管理、分析、显示和应用的通用技术。

收稿日期: 2002 12 05

资助项目: 国家 863 计划海洋监测主题资助项目(818- 11- 03)和青年基金资助项目(2001AA639080)

作者简介: 苏奋振(1972- ),男,福建永定人,博士,从事地理信息系统、资源环境和生态方面的研究,通讯地址:北京安外大屯 917 大楼信息室,邮政编码: 100101, E2mail: sufz@reis. ac. cn

为了便于叙述和表达,以下把运用地理信息系统处理海洋渔业问题的理论、方法和技术统称为海洋渔业地理信息系统。其发展从简单到完善大体可划分为三个阶段:

### 1.1 GIS 应用于海洋渔业制图(八十年代中后期)

GIS 主要是作为一种制图工具首先为海洋渔业领域所认识。比如 Meaille 等<sup>[4]</sup>为了确定地中海生物群落的分布和变化,将 26 幅海洋生物分布图进行综合,这 26 幅图共有超过 100 类海洋信息,他们首先确定 25 个标准类,在对 26 幅图进行数字化时将原有类别转变成标准类,对 26 幅图按数据质量赋予权重,然后基于 25m@25m 的栅格进行综合,引入人工智能的技术对权重进行修改,综合结果表明,GIS 可以用于产生标准的海洋渔业图,并能发现群落分布的变化。联合国粮农组织<sup>[5]</sup>则以菲律宾 Quezon 省的 Calauag 湾和 Lopez 湾为研究区,利用 spot 多波段 20m 分辨率数据(1988 年 2 月 5 日),结合地面调查和土地利用图,从遥感影像中提取海域信息,叠加地形图上的岸上信息,生成 1:50000 的专题图,专题图提供了:岸线、潮间带不同的土地利用类型和养殖池、浅水区不同的底质类型和等深线。专题图可以用来更新航海图,寻找海草资源,选择水产养殖点和放箱点,监测环境或评价土地利用等。该研究同时论证了遥感数据在经济上和上是更新 GIS 数据的有效手段。

### 1.2 海洋渔业电子图集的应用(九十年代初期)

海洋渔业电子图集是一个数据库加一个简单的显示工具。按数据库可分为两类,一类是数据库存储一些制作好的图件,另一类是数据库存储数据,电子图即时生成。这类研究具有海洋渔业 GIS 的雏形,研究实例较多。比如 Ostrowski<sup>[6]</sup>完成了 Skagex 电子图集,其数据库数据包括七个波罗的海国家海域的物理、水文化学和生物参数,数据来源于采样调查数据,以记录形式存贮,记录以船号、船位、采样时间来索引,数据 15MB,图集可以显示平面分布,其三维显示采用 SURFER 软件,并有一定的制图功能,该系统已提交给 ICES 数据中心。英国海洋数据中心则实施了数字图集项目(UKDMAP)<sup>[7]</sup>,1992 年完成 V2.0 版,1994 年完成 Windows 版,图集包括 462 张图表,主要包括英国 Isles 附近地区的海洋地质、地貌、海洋公园、保护区、海岛、海洋哺乳动物、流潮、风、波、气象、水温、盐、营养物质、化学分布、渔业作业区、鱼产卵区、渔区统计,英国海洋数据中心的数据类别等,数据 10M,有较为完善的用户界面,可完成一定的叠加功能,能较为方便地更新数据和输出用户所需的图件,但仍只是具有 GIS 简单功能(叠加、距离量算、查询),不能算是一个完善的 GIS 系统。

### 1.3 海洋渔业 GIS(九十年代中后期)

随着工作的深入,海洋渔业与 GIS 的结合越来越紧密,海洋渔业 GIS 也就愈来愈完善,功能愈来愈强大,理论与技术研究也更加深入。例如 Pollitt<sup>[8]</sup>综合利用 GIS、数据库技术和专家系统,建成渔业保护信息系统(FPIS),为爱尔兰海域渔业巡逻服务,并对在该水域作业船只进行管理,每艘巡逻艇上装有船上系统,系统上可以查询相关法规,专家系统用于判定渔业合法性,其后台数据库存放于海军计算中心,数据库数据较为全面,除法规外,还有船只信息,背景信息,比如管线、地质、地貌等,数据更新采用卫星通讯。Meaden<sup>[9]</sup>的小组则综合运用 GPS、DBMS 和 GIS 技术开发了 FISHCAM2000,其管理模块基于面向对象的数据管理系统(ODBMS),它具有满足管理需要的一系列数据处理和分析功能;ODBMS 与一个 GIS 相连,可以以报表、图形或地图方式输出系统分析结果。

在此阶段,我国海洋渔业 GIS 也得到了长足的发展。相关单位针对东海区综合运用 GIS、GPS、DBMS 和 RS 技术开发了海洋渔业服务地理信息系统,并研制了具有海洋渔业行业特色的海洋渔业电子地图系统<sup>[10-12]</sup>。张华国等<sup>[13]</sup>则针对海洋自然保护区建立了地理信息系统。王瑞富等<sup>[14]</sup>模拟海域划界的工作流程建立了海域划界模拟系统。这些为我国海洋渔业 GIS 的发展作出了可贵的贡献。

## 2 海洋渔业 GIS 的应用

### 2.1 鱼类栖息地评价

鱼类栖息地的评价,对于渔场的确定、鱼类保护区的划定等都极为重要。Long 等<sup>[15]</sup>在澳大利亚的 Torres 海峡建立了 Torres Strait GIS,系统可为许多目的提供图件,如按 TIN 插值对海草顶枯面积的变化进行计算,对儒艮(Dugong)保护区的划定;利用底质、水温、溶解氧等评价指标找出最佳栖息地,然后将最适栖息地与当前栖息地进行叠加分析,从其差别中判断人类捕杀的影响。Collins 和 Hurlbut<sup>[16]</sup>则对渔场进行风险评价,他们将溢油扩散的路线与捕捞场地进行叠加,分析上层、中上层、底层渔场的危险性。Eastwood 和 Meaden<sup>[17]</sup>则按不同季节对英吉利海峡舌鳎(Solea solea)的栖息地进行评价。

### 2.2 渔业资源分布及其与环境的关系

研究鱼类的分布对于建立鱼类种群的迁移模型和管理海洋渔业资源非常重要。GIS 可用于检测环境分布模式及其

变化,可用于标识不同的地理种群并描述其主要分布,可用于提高采样方案的科学性,选择最佳捕捞地,划定海洋保护区等<sup>[18-21]</sup>。在这方面已有一些研究,比如澳大利亚的 CSIRO 渔业部为研究鱼类分布与水文气象及底质的关系<sup>[22]</sup>,收集了 Carpentarian 湾四个站台的气象数据,用 GPS 定位,对海区按 30 海里 @30 海里间隔进行采样获取底质数据,用模型计算获取海区温盐数据,在对非生物环境进行深入分析的基础上,发现生物量高低与底质的粗糙程度密切相关。更进一步地,FAO<sup>[23]</sup>建立了西非海域底层鱼类的管理 GIS,将水深、底温、沉积进行叠加生成栖息地适宜图,由捕捞点图生成的生物密切指数图(bioaffinity index, BAI),然后将两图进行叠加,可以找出不同种群在不同季节的分布与栖息地的关系。而 Brown 等<sup>[24]</sup>则对捕捞数据进行主成分变换,发现不同的主成分可以反映不同鱼种的空间分布。

苏奋振等<sup>[25-28]</sup>对东海区十一年的捕捞数据进行时空分析,探求东海渔业资源的时空动态变化及其与环境的关系,利用 Geary 指数和半变异函数分析了东海渔业资源分布的空间相关性及其异质性,针对东海各主要渔场计算了每年的渔场重心,发现东海渔场十一年来存在空间漂移规律。杜云艳等<sup>[29]</sup>则利用这十一年的捕捞数据和遥感反演的海表温及其梯度数据探求其相互关系。仇天宇等<sup>[30]</sup>则在 GIS 的支持下探索了卫星测高数据在渔情分析中的应用。

由研究分布进而保护渔业种群,美国国家海洋渔业服务 NMFS<sup>[31]</sup>作了很好的示范。为了避免缅因湾(Gulf of Maine)鳕(Gadus morhua)种群的消退,NMFS 建议严格限制捕捞,然而在 Massachusetts 湾的渔民们却报告说鳕的产量在上升,不需要有限制措施,NMFS 经过 GIS 分析发现,鳕集中在 Massachusetts 湾,而在 Maine 湾的其它地方却更为稀少,若不采取措施,鱼类的集中将加剧过度捕捞,可见 NMFS 的 GIS 分析极为及时和有效。

### 2.3 养殖选点

水产养殖点选取对于水产养殖的成功与否至关重要,选取不当会带来许多严重问题,比如疾病,污染等。因此在养殖前,需要用可靠的数据和方法去分析水生环境,并对其进行科学的评估,这方面已有一些成功范例。比如 Kapetsky<sup>[32]</sup>等考虑基础设施、土地利用(价格成本)、养殖安全和土壤类型等,评价了贝、鱼、虾三类养殖适宜地,部分数据从遥感中获取。又比如 Ross<sup>[33]</sup>等用 GIS 进行选址,评估鱼放箱养殖地,研究区选在苏格兰 Argyll 的 Camas Bruaich Ruaidhe,采用的数据有:a)地形图 1B2000; b)水深图 1B2000,等高距 2m; c)海流图,包括不同潮位的方向、速度; d)波高图,波高由风速、风向持续时间计算; e)水质,垂直剖面的溶解氧、盐度、温度。将这些数据栅格化,各指标按不同等级赋值,进行叠加运算,生成养殖适宜性图,用于指导养殖规划。

加拿大 Newfoundland 及 Labrador 的水产部门建立了网上的 AquaGIS<sup>[34]</sup>,系统具有收集、管理和分发水产信息,可以为政府管理部门、规划部门、渔业商业团体及个人提供信息服务,包括水产地理信息和政府报告等,用户可以方便地查询区域养殖点的分布和土地利用情况。

### 2.4 建立基础数据库

对于任何 GIS 的开发和应用都需要有基础数据的支持,海洋渔业研究的基础数据不仅仅是海洋渔业资源数据本身,还包括许多物理环境、社会经济特征数据等。因此全球许多渔业区域,渔业管理机构,研究机构,企业生产者都很重视数据库的建设,投入了许多资金和人力去建设数据库,包括建立区域数据中心,行业数据中心,生产管理数据库等<sup>[35-36]</sup>。比如政府间海洋委员会 IOC 管理着全球 57 个海洋数据中心,这些中心可提供各区域的海洋数据。又比如 ACZISC (Atlantic Coastal Zone Information Steering Committee)通过网站(<http://is.dal.ca/ac21sc/aceisc/>)提供数据;FAO(Food and Agriculture Organization of the UN)委托 SIFAR (Support Unit for International Fisheries and Aquatic Research),正在开发/onefish0 站点([www.onefish.org](http://www.onefish.org) 和 [www.sifar.org](http://www.sifar.org)); Lalwani 和 Stojanovic<sup>[37]</sup>提供了一系列 internet 海洋信息站点,而美国的 NOPP (National Ocean Partnership Program)则建议建立虚拟海洋数据中心 VMDC (Virtual Marine Data Center)<sup>[38]</sup>,这一虚拟机构由许多海洋机构通过 internet 相连组成,并通过它访问所有主要的数据集和数据产品。

在建立基础数据库方面,国内也开展了不少的工作。邵全琴等<sup>[39]</sup>提出了海洋渔业数据建模的 E-R 方法,杜云艳等<sup>[40]</sup>则对海洋数据库设计方法及海洋渔业数据质量控制展开了研究。而在国家或部门的项目中也建立了不少的基础数据库,比如/我国专属经济区和大陆架生物资源地理信息系统、/渤海生物资源管理和环境保护环境信息地理信息系统和/南海海洋渔业 GIS 管理系统,另外还有由国家海洋局组织设计的国家海洋信息系统(NMIS)<sup>[41]</sup>。但作为基础数据库来说,我国尚未有全国性的海洋渔业基础数据支撑库。

### 2.5 其他应用研究

其它应用研究还包括渔业制图、资源评价、渔业管理以及探讨人类对渔业的影响<sup>[3,18,42]</sup>。比如渔业捕捞与努力量分析,渔业管理者对哪里捕捞强度大,捕获量是多少,捕获量与努力量关系如何等极为关心,这方面研究较多<sup>[43-46]</sup>。GIS 可以统计以获取此类问题的答案,主要方法是将捕捞量的分布图与努力量分布图进行叠加分析,从中找出规律或冲突。

### 3 海洋渔业 GIS 前景

从前面所述,海洋渔业 GIS 在过去几年里成为渔业领域新兴的高新技术之一,但相对于 GIS 在陆上资源与环境研究应用来说,渔业领域 GIS 仍处于起步阶段,研究大都用 GIS 来描述一些渔业现象,有许多领域尚需进一步的研究,同时随着海洋渔业的发展许多新的问题会逐次出现<sup>[3]</sup>,而目前许多研究有意无意地回避困难或有问题领域,而实际上这些领域才是最能推动 GIS 或海洋渔业 GIS 的发展,这些问题的解决将有利于人们进一步研究海洋或海洋渔业。

#### 3.1 系统理论与技术

从信息系统及其技术的角度来看,海洋渔业 GIS 发展到现在已比较完备,但有些方面却仍需要更多更深入的研究工作,主要有两方面,一是其内部理论技术的研究和发展,其次是如何吸纳其他学科新技术的问题。

由于 GIS 是从陆地应用发展起来的,其许多理论和技术在海洋中应用必然会遭遇一些困难。比如海洋是时空互动的三维空间,这就需要研究一种比传统数据结构更适合的数据结构,用于描述这种鱼类生存的动态环境。又比如对鱼类分布有重要影响的海洋锋、中尺度涡旋等海洋现象,其边界是模糊的,则需要研究对这些现象进行描述、识别和操作的方法及其技术,笔者正开展此方面研究。

另一方面,随着信息技术的发展,海洋渔业 GIS 也需要不断的吐故纳新,目前海洋渔业 GIS 已运用了遥感、数据库、模型库、GPS(全球定位系统)等先进的技术,但对于人工智能方面的技术引入,尚欠不够。目前沈新强等<sup>[47]</sup>建立了中心渔场智能预报系统,苏奋振<sup>[48]</sup>引入空间数据挖掘的概念和技术对大沙区温度与渔场关系进行研究,发掘其时空关联规则,叶施仁等<sup>[12]</sup>则利用案例推理方法对渔场进行预测,这些研究均取得较为满意的效果。

#### 3.2 数据方面

首先是数据获取问题。由于海洋浩瀚、环境恶劣,收集数据比较困难,需要依赖新技术的发展。目前自动数据收集器(robotic data collector)水下自行平台(Autonomous underwater vehicles, AUV. s)发展极为迅速,据估计<sup>[49]</sup>到 2004 年全球将有超过 3.3 亿美金的产值。其它海台基自动技术同样发展迅速,如声纳设备、浮标、海底探测系统等。美国计划建立 2 个海床基数据自动收集网络,届时数据将实时地通过浮标传输到岸上。我国 95 计划开始此方面研究,并取得显著成果,比如 863-818 项目海洋环境立体监测系统上海示范区<sup>0</sup>,所获数据包括物理数据(波、流、温、盐及其它化学测量)和生物数据(位置、数量、营养)。相对于直接测量海洋环境,航空和航天遥感越来越多介入到数据获取中<sup>[50]</sup>。这些先进手段对海洋数据获取,无论从数量、质量、分辨率、精度来说都是革命性变化。

其次是数据标准的问题。陆上 GIS 领域数据标准的重要性已被充分认识,并进行了深入的研究,但在海洋环境的研究中标准问题仍然是个大问题,目前至少有 30 种主要的数据标准(格式),这需要主要的国际组织,比如国际标准化组织(International Standards Organization, ISO)、国际水文委员会(International Hydrographic commission, IHO)或政府间海洋委员会(Intergovernmental oceanographic Commission, IOC)等,尽快讨论并制定统一的海洋数据标准。

当然数据方面问题还有采样设计和插值优化<sup>[42]</sup>,数据误差产生,传播,质量控制,对二手数据的收集,数据组织等。

#### 3.3 应用方面

海洋渔业 GIS 除在海洋养殖、海洋捕捞、渔业权利、控制海岸带过渡利用、海洋保护区建立、全球变化对渔业影响、渔船监控、渔业收税、船用 GIS、综合渔业工具模型、减少错捕损失等方面的应用外,应该进一步在鱼类分布与环境关系模式上进行研究,环境因子主要包括温度(特别是温锋),上升流,水深,叶绿素,底质和盐度等。鱼类行为模型和运动模型方面的研究<sup>[51]</sup>也是渔业 GIS 的高级应用方向之一。

海洋渔业 GIS 还可以用于增殖方案确定,比如放流前用 GIS 对环境进行分析从而选取最佳放流时间与地点。再比如,选取投礁点,如何充分考虑投礁对原有系统的改变,从而选取有利于渔业增殖最佳地点,而又不会对生物和非生物环境造成破坏。

另一个具有潜力的应用是配额管理。目前的配额管理对空间概念极其粗糙,典型的配额是针对某一鱼种、某一年,而不考虑鱼的空间分布,海洋渔业 GIS 将实时地加入捕捞与努力量数据,修正资源评估模型,预测产量,从而修正配额,对于不同鱼种应有不同的配额管理方式。

### 4 结束语

从前面的论述来看,GIS 正逐步进入海洋渔业,并且将在各个应用层次、决策层次中起作用;但是也应该注意到 GIS 一进入海洋渔业,无论是海洋渔业或 GIS 都已发生相应的变化,这种变化随着研究和应用的深入而迅速改变。作为一个

全球尚处于开始阶段,非常新的领域,海洋渔业 GIS 蕴藏着大量的理论、技术和应用创新的机会。

本文得到东海水产研究所韩士鑫、程炎宏、陈卫忠、沈新强研究员的热忱指导,在此表示衷心感谢。

## 参考文献:

- [1] Kracker L M. The geography of fish: the use of remote sensing and spatial analysis tools in fisheries research[J]. *ProfesGeo*, 1999, 51(3): 440 - 450.
- [2] Kapetsky J M, McGregor L, Nanne E H. A geographical information system to plan for aquaculture: A FAO/UNEP/ GRID study in Costa Rica [R]. FAO Fish Techni Pap No.287. FAO, Rome, Italy. 1987. 51.
- [3] Meaden G J, Do Chi T. Geographical information systems: applications to marine fisheries[R]. FAO Fish Techni Pap No. 356. FAO, Rome Italy. 1996. 335.
- [4] Meaille R, Wald J. A geographic information system for some mediterranean benthic communities[J]. *IJGIS*. 1990.4(1):79- 86.
- [5] FAO. Use of high resolution satellite data for coastal fisheries[R]. FAO Remote Sensing Series No. 58. 1991.
- [6] Ostrowski M. The skagex atlas: User's Guide[M]. Bergen: ICES and the Nordic Council of Ministers, 1994.
- [7] Ramster J. Marine resource atlases: the implications for policy makers and planners[J]. *Underwater Tech*, 1994, 19(4):12- 19.
- [8] Pollit M. Protecting irish interest: GIS on patrol[J]. *GIS Europe*. 1994, 3(6):18- 20.
- [9] FishCAM2000 program[Z]. <http://www.cant.ac.uk/depts/acad/geography/fish/fishcam.htm>.
- [10] Dang S X, Yang C J, Wang Y F. Study on sea surface temperature retrieval from NOAA/ AVHRR data[J]. *High Technology Letters*, 11(3): 49- 52. [党顺行,杨崇俊,王宇飞. 卫星遥感海表温度反演研究[J]. *高技术通讯*, 2001, 11(3): 49- 52.]
- [11] Shao Q Q, Zhou C H, Zhang M J, et al. Software design and development for marine fisheries electronic mapping system[J]. *J fish China*, 2001, 25(4): 367- 372. [邵全琴,周成虎,张明金,等. 海洋渔业电子地图软件设计与实现[J]. *水产学报*, 2001, 25(4): 367- 372.]
- [12] Ye S R, Shi Z Z. Predicting center fishery based on CBR[J]. *High Technology Letters*, 2001, 11(5): 64- 68. [叶施仁,史忠植. 基于 CBR 的中心渔场预报[J]. *高技术通讯*, 2001, 11(5): 64- 68.]
- [13] Zhang H G, Zhou C B, Huang W G. Primary exploration of developing marine nature reserve geographic information system[J]. *Geo2 information Science*, 2001, 3(1): 21- 26. [张华国,周长宝,黄韦良. 海洋自然保护区地理信息系统建设初探[J]. *地球信息科学*, 2001, 3(1): 21- 26.]
- [14] Wang R F, Huang W M, Zhang J. Development of GIS system for sea area delimitation[J]. *Geo2 information Science*, 2000, 2(3): 14- 23. [王瑞富,黄卫民,张杰. 海域划界模拟系统的构建研究[J]. *地球信息科学*, 2000, 2(3): 14- 23.]
- [15] Long B. Torres Strait marine geographic information system[A]. Bellwood O, Choat H, Saxena N: *Recent Advances in Marine Science and Technology* [C]. Hawaii, USA : Pacon Intentional, 1994. 231- 239.
- [16] Collins N, Hurlbut S. Environmental risk analysis of salvaging the Irving whale[A]. *GIS93* [C]. Ottawa: The Canadian Institute of Geomatics, 1993. 1: 326- 336.
- [17] Eastwood P, Meaden G. J. Spatial modelling of spawning habitat suitability for the sole in the eastern English Channel and southern North Sea [A]. the ICES Annual Science Conference[C]. Bruges, Belgium. No. CM2000/ N:05, 2000.
- [18] Isaak D J, Hubert W A. Integrating new technologies into fisheries science: the application of geographic information systems[J]. *Fisheries*, 1997, 22(1): 6- 10.
- [19] Booth A J. Spatial analysis of fish distribution and abundance patterns: a GIS approach[A]. *Fishery Stock Assessment Models*[C]. University of Alaska Sea Grant College Program AK2 SC29201. 1998. 719- 740.
- [20] Sakurai Y, Bower J R, Kiyofuji H, et al. Changes in inferred spawning sites of *Todarodes pacificus* (Cephalopoda ommastrephidae) due to changing environmental conditions[A]. The ICES Annual Science Conference[C]. ICES CM 1998/ M:18. 7- 16.
- [21] Brown E D, Norcross B L. Effect of herring egg distribution and ecology on year2class strength and adult distribution[A]. *Spatial Processes and Management of Fish Population2Proceeding of 17th Lowell wakefield fisheries symposium*[C]. Anchorage: 1999. 258- 269.
- [22] Somers I F, Long B G. Note on the sediments and hydrology of the Gulf of Carpentaria[J]. *Australian J of Mar and Freshwater Research*, 1994, 45:283- 291.
- [23] FAO CRODT2ORSTOM. A simulated GIS exercise to demonstrate its usefulness in the management of senegalese demersal fisheries[R]. Report of the training course on the application of GIS to fisheries. FAO project GCP/ RAF/ 288/ FRA, Rabat, Morocco, 1995.
- [24] Brown S K, Buja K R, Jury S H, et al. Habitat suitability index models for eight fish and invertebrate species in Casco and Sheepscot Bays, Maine[J]. *North American Journal of Fisheries Management*. 2000, 20: 408- 435.
- [25] Su F Z, Zhou C H, Shao Q Q, et al. GIS spatiotemporal analysis of fishery resources in East China Sea[J]. *High Technology Letters*, 2001, 11(5): 60- 63. [苏奋振,周成虎,邵全琴,等. 东海区鱼类资源变化 GIS 时空分析[J]. *高技术通讯*, 2001, 11(5): 60- 63.]

- [26] Su F Z, Zhou C H, Shao Q Q, et al. Spatio-temporal analysis for fishery resources in East China Sea[J]. J Fish Sci China, 2001, 8(3): 45-51. [苏奋振, 周成虎, 邵全琴, 等. 东海区鱼类资源时空迁移[J]. 中国水产科学, 2001, 8(3): 45- 51.]
- [27] Su F Z, Zhou C H, Shao Q Q, et al. Analysis of spatio-temporal fluctuations of East China Sea fishery resources using GIS[A]. Rodriguez G R, Brebbia C A: Environmental Coastal Regions III[C]. Southampton: WIT Press. 2000. 249- 257.
- [28] Su F Z, Shao Q Q, Zhou C H, et al. Analysis for spatial heterogeneity of East China Sea fishery resources using GIS Based on Semivariogram [A]. The Third International Fishery Congress[C]. Beijing, China, 2000.
- [29] Du Y Y, Zhou C H, Shao Q Q, et al. Sea surface temperature and purse net productivity in East China Sea[J]. High technology letters, 2001, 11(2): 56- 60. [杜云艳, 周成虎, 邵全琴, 等. 东海区海表温度与中上层渔获量关系时空分析[J]. 高技术通讯, 2001, 11(2): 56- 60.]
- [30] Zhang T Y, Shao Q Q, Zhou C H. Application of satellite altimeter data in fishery stock assessment[J]. Fish Sci, 2001, 20(6): 4- 8. [仇天宇, 邵全琴, 周成虎, 等. 卫星测高数据在渔情分析中的应用探索[J]. 水产科学, 2001, 20(6): 4- 8.]
- [31] SNMFS[Z], <http://www.netsc.nmfs.gov>, 1999.
- [32] Kapetsky J M. A geographical information system for aquaculture development in Johor state[R]. Rome: FAO technical cooperation program, FI: TCP/MAL/6754. 1989.
- [33] Ross L G. The use of geographical information systems for site selection for coastal aquaculture[J]. Aquaculture, 1993, 112(2- 3): 165- 178.
- [34] AquaGIS, [http://www.aquagis.com/scripts/aquagis/run2phtml.pl/aqua\\_a00717/](http://www.aquagis.com/scripts/aquagis/run2phtml.pl/aqua_a00717/).
- [35] Durand C. Programmation graphique de chînes de traitement SIG sous ArcView[A], IFREMER: Note Technique TC104. Sillage / IFREMER, Plouzane(France), 1996: 19.
- [36] Valavanis V, Gogarakarakos S, Haralambous J. A methodology for GIS interfacing of marine data[A]. GISPLANET. 98 International Conference [C]. Lisbon. 1998.
- [37] Lalwani C S, Sojanovic T. The development of marine information systems in the UK[J]. Marine Policy, 1999, 23(4- 5): 427- 438.
- [38] Searle B. Technical developments in marine data management[A]. IOC/IODE2TAD2V111/II Meeting[C]. Paris, 2000.
- [39] Shao Q Q, Zhou C H, Du Y Y, et al. A practical method of GIS database design taking the example of MFGIS[J]. Geographical Research, 1998, 17(suppl): : 108- 115. [邵全琴, 周成虎, 杜云艳, 等. 海洋渔业数据建模的E2R 方法研究[J]. 地理研究, 1998, 17(增刊): 108- 115.]
- [40] Du Y Y, Zhou C H, Shao Q Q, et al. Data quality research on ocean fishery database[J], 2001. [杜云艳, 周成虎, 邵全琴, 等. 海洋渔业数据库质量控制研究[J]. 中国图像图形学报, 2001.]
- [41] Liu B Y, Zhang J. A new frontier area for marine science2. Digital Ocean. [J]. Ge2 information Science, 2000, 2(1): 1- 8. [刘宝银, 张杰. 海洋科学前沿- / 数字海洋0[J]. 地球信息科学, 2000, 2(1): 1- 8.]
- [42] Fisher W L, Toepfer C S. Recent trends in geographic information systems educations and fisheries research applications at U. S. universities [J]. Fisheries, 1998, 23(5): 10- 13.
- [43] Meaden G J, Kemp Z. Monitoring fisheries effort and catch using a Geographical information system and a Global Positioning System[A]. Hancock D A, Smith D C, Grant A et al: Developing and Sustaining World Fisheries Resources[C]. Risbane: World Fisheries Organization, 1996. 238- 244.
- [44] Denis V, Robin J P. Present status of Frehch Atlantic fishery for cuttlefish ( *Sepia officinalis* ) [A]. ICES Annual Science Conference. ICES CM 1998/M: 43. Lisbon. 14- 16.
- [45] Fogarty M J, Murawski S A. Large2 scale disturbance and the struvure of marine systems: Fishery impacts on Georges Bank [J]. Ecological Applications, 1998, 8(Suppl): 6- 22.
- [46] 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[A]. ICES Annual Science Conference. ICES CM 1998/M: 20. Lisbon. 22- 24.
- [47] Shen X Q, Fan W, Han S X, et al. Design and realization of intelligent predicting system of central Fishing ground[J]. J Fish Sci China, 2000, 7(2): 69- 72. [沈新强, 樊伟, 韩士鑫, 等. 中心渔场智能预报系统的设计与实现[J]. 中国水产科学, 2000, 7(2): 69- 72.]
- [48] Su F Z. Spatio-temporal distribution of marine fisheries resources[D]. Beijing: Chinese Academy of Science. 2001. [苏奋振. 海洋渔业资源时空动态研究[D]. 北京: 中国科学院. 2001.]
- [49] Westwood J. The World UUV Report[R]. Canterbury: Dougl2 Westwood Ltd. , 2000.
- [50] Holdaway R, Jeffrey K. Oceanography from space2 the next 10 years[R]. Oxford: Rutherford Appleton Laboratory. 1999.
- [51] Ault J S, Luo J. Coastal bays to coral reefs: Visualisation of a spatial multi2stock production model[A]. ICES Annual Science Conference No ICES CM 1998/S: 1. Lisbon.