

# 海水养殖发展和 管理的地理信息系统、 遥感和制图



#### 封面照片：

这些照片反映了在处理海水养殖发展和管理方面应用地理信息系统、遥感和制图的多种类型，从左至右包括选址和分区、有害藻华、水产养殖对环境的影响、水产养殖与渔业的竞争、发展海藻养殖以及近海水产养殖战略规划。背景照片摄于2004年2月22日（费尔南多•加拉提供），展示了位于南纬41度、西经72度智利南部内海雷隆卡维河口的高科技2000吨生产能力的大西洋鲑养殖场，在其保护的峡湾和通道的复杂系统内，为水产养殖提供了好的条件。气候温和以及丰富的定期淡水进入代表着养殖外来物种的竞争优势，例如鲑鱼和鳟鱼，使智利成为世界上最大的养殖鲑鱼生产国之一。

# 水养殖发展和 管理的地理信息系统、 遥感和制图

粮农组织  
渔业  
技术论文  
**458**

作者：

粮农组织渔业和水产养殖部水产养殖管理和养护处

詹姆斯·麦克纳德·凯匹特斯基  
顾问

和

何塞·阿吉拉尔-曼加雷兹  
渔业资源官员

联合国粮食及农业组织  
罗马，2009年

本信息产品中使用的名称和介绍的材料，并不意味着联合国粮食及农业组织对任何国家、领地、城市、地区或其当局的法律或发展状态、或对其国界或边界的划分表示任何意见。提及具体的公司或厂商产品，无论是否含有专利，并不意味着这些公司或产品得到联合国粮食及农业组织的认可或推荐，优于未提及的其它类似公司或产品。

ISBN 978-92-5-505646-8

版权所有。为教育和非商业目的复制和传播本信息产品中的材料不必事先得到版权持有者的书面准许，只需充分说明来源即可。未经版权持有者书面许可，不得为销售或其它商业目的复制本信息产品中的材料。申请这种许可应致函：

Chief, Electronic Publishing Policy and Support Branch  
Communication Division  
FAO  
Viale delle Terme di Caracalla, 00153 Rome, Italy  
或以电子函件致：  
[copyright@fao.org](mailto:copyright@fao.org)

---

## 本文件的编撰

本文件的主要目的是，促进利用地理信息系统（GIS）、遥感和制图，以改善海水养殖的可持续性。在将重点放在发展中国家方面，我们强调的是以最低成本和免费从因特网下载数据来实施地理信息系统。我们的做法是通过应用工具的若干实例，展示地理信息系统、遥感和制图的效用和局限。

本文件是粮农组织水产养殖管理和养护处长期技术活动的产品之一，涉及改进水产养殖和内陆渔业可持续性的空间工具。本出版物的读者对象为治理服务领域的渔业部门中从事管理和技术的专业人员、在国际组织和水产养殖行业中的专业人员。

詹姆斯·麦克纳德·凯匹特斯基（J.M. Kapetsky）博士是前粮农组织渔业资源高级官员。

## 摘要

地理信息系统（GIS）、遥感和制图在海水养殖发展和管理的地理和空间所有方面可以发挥作用。卫星、空中、地面和水下传感器获取许多有关数据，特别是温度、流速、波高、叶绿素浓度以及利用土地和水的数据。地理信息系统用以处理和分析所有来源的空间和特性数据，还用于按图示、数据库和文本格式提供报告，便利于决策。

本文件的目标是，说明地理信息系统、遥感和制图在海水养殖发展和管理本身以及与竞争性和冲突性利用有关的方面发挥作用的方式。范围是全球性的。方法是采用旨在解决海水养殖许多重要问题的应用实例。重点是采用解决问题的正在使用的工具，而不是工具和技术本身。在这方面，我们认为，GISFish – 联合国粮食及农业组织（粮农组织）互联网适用于水产养殖和内陆渔业的地理信息系统、遥感和制图网关，可作为本技术论文的补充来源。

根本目的是激励在海水养殖的政府、企业和教育领域的个人有兴趣更有效地利用这些工具。本文介绍了空间工具以及在海洋渔业领域利用的例子。挑选了最近的应用情况，以反映现状，让读者自己评估在其自己的专业领域利用这些工具的好处和限制。还选择了其他应用情况，说明了这些工具的发展演变情况。

本文主要强调的是地理信息系统。遥感被看作是获得数据的一个重要工具，随后被纳入地理信息系统，并对经营管理的水产养殖设施的环境条件进行实时监控。地图通常是一个地理信息系统的产出，但可以是进行空间交流的有效工具，因此，实例包括了水产养殖制图。

本文按照海水养殖的主线条对问题进行了排列：网箱养鱼、贝类养殖和养殖海洋植物。在表格中对最近和历史的应用情况进行了汇总。由于数据的可获得性是海水养殖中利用空间工具的主要问题之一，本文包括了典型研究，说明如何免费下载数据，并用于预测海水养殖潜力，专门有一节描述各种数据。由于地理信息系统的最终目的是帮助决策，本文包括决策支持工具一节。

最后，我们总结了成果，对在海水养殖发展和管理中应用地理信息系统、遥感和制图的状况提出了一些结论。

**詹姆斯·麦克纳德·凯匹特斯基；何塞·阿吉拉尔-曼加雷兹**

海水养殖发展和管理的地理信息系统、遥感和制图

粮农组织渔业技术文集 第458号，罗马，粮农组织，2009年，123页。

## 致 谢

我们要感谢热心提供论文、文章和技术报告副本的很多同事，并特别感谢评论者对英文版本提出的很多宝贵意见。按字母顺序排列，他们是：威廉·阿诺德，马尔科姆·贝弗里奇，威廉·费舍，亚历山德·罗洛瓦泰利，詹姆斯·缪尔，奥斯卡·佩雷斯，林赛·罗斯，菲利普·斯科特和多丽丝·索托。此外，我们要感谢史蒂夫·沃克对表4.3的有益贡献。蒂娜·法莫和弗朗索瓦·斯查托-泰里比勒监督本出版物的出版。西尔维亚·娜博尔格西编撰了封面，法比奥·卡罗奇协助设计。刘小兵将英文翻译为中文。

# 目 录

本文件的编撰	iii
摘要	iv
鸣谢	v
图	viii
表格	x
缩略词	xi
<b>1. 引言</b>	1
1.1 目标和概述	1
1.2 海水养殖的重要性	3
1.2.1 渔业领域中海水养殖产量和趋势	3
1.2.2 重要的海水养殖国家	3
1.2.3 海水养殖中重要的水生物种组	3
1.2.4 按专属经济区的区域重要性	3
1.2.5 海水养殖发展和管理	3
1.3 影响海水养殖的近海和外海空间背景问题	5
1.3.1 近海和外海范围	5
1.3.2 近海和外海问题	5
1.3.3 海水养殖的超前规划	7
1.4 采用地理信息系统、遥感和制图	8
1.4.1 空间角度的海水养殖发展和管理	8
<b>2. 海洋环境和渔业领域的地理信息系统、遥感和制图-概述</b>	11
2.1 地理信息系统的历史	11
2.2 海洋环境中的地理信息系统	11
2.3 渔业领域中的地理信息系统、遥感和制图出版物	11
2.3.1 回顾和手册	12
2.3.2 座谈会、研讨会和因特网	14
<b>3. 若干应用情况的回顾</b>	17
3.1 海水养殖中制图应用	17
3.1.1 引入制图	17
3.1.2 用于水产养殖发展的制图	18
3.1.3 用于水产养殖实践和管理的制图	25
3.2 海水养殖中遥感的应用	27
3.2.1 遥感应用概述	27
3.2.2 用于水产养殖发展的遥感	29
3.2.3 用于水产养殖实践和管理的遥感	30

---

3.3 海水养殖中应用地理信息系统	33
3.3.1 海水网箱中引入地理信息系统	33
用于海水网箱养殖的GIS	34
用于海水网箱养殖实践和管理的GIS	39
用于包括海水网箱养殖的多领域发展和管理的GIS	41
3.3.2 贝类养殖中引入地理信息系统	45
用于发展海水贝类养殖的GIS	45
用于贝类养殖实践和管理的GIS	49
用于包括海水贝类养殖的多领域发展和管理的GIS	58
3.3.3 在海藻养殖中引入地理信息系统	62
3.4 经济学、社会-经济学和GIS	63
3.4.1 经济学和网箱养殖	65
3.4.2 全球水产养殖数据和社会经济学	66
4. 利用遥感和GIS预测专属经济区开阔海域水产养殖潜力: 观测	69
4.1 介绍	69
4.2 材料和方法	69
4.3 结果	75
4.4 讨论	79
5. 数据的可获得性	85
5.1 全球覆盖的地理信息系统数据	85
5.1.1 地理信息系统数据收集	86
5.1.2 用于运行管理的实时遥感数据	87
5.2 国家数据	88
6. GIS中的决策和模化工具	91
6.1 介绍	91
6.2 分类	91
6.3 多标准评价	92
6.4 模化	93
6.5 决策支持工具	94
7. 概要、讨论和结论	101
7.1 概要	101
7.2 讨论和结论	104
8. 词汇表	109
参考文献	113

# 图

1.1	1995–2004年渔业领域按环境的产量趋势	2
1.2	2004年不包括中国的海水养殖产量和总产量	2
1.3	按ISCAAP组的海水养殖趋势	4
1.4	2004年海水养殖产量和EEZ面积（不含中国）	4
1.5	可能见于1到4级的网箱类型	6
2.1	GISFish面临的挑战分类	13
2.2	GISFish主页（2007年1月17日原型）	16
3.1	楠榜发展海水养殖的潜在地点	19
3.2	设得兰群岛沿海海域水产养殖的拟议管理区域	20
3.3	概述图12	21
3.4a	针对第一阶段评估过程中确定的限制海水养殖背景的拟议AMA	22
3.4b	凯帕拉港主要和次要航线	23
3.5a	为发展西班牙马拉加省沿海水产养殖进行选址研究，以找出潜在区带	24
3.5b	西班牙马拉加省单个水产养殖设施、港口设施航空照片和平面图	24
3.6a	来自帮助网页的AquaGIS服务概览	26
3.6b	AquaGIS图浏览器显示的水产养殖地点、地点界限和社区	26
3.6c	AquaGIS图浏览器显示的在南部沿海区域水产养殖GIS可评估的分层	27
3.6d	来自AquaGIS的水产养殖地点概况和相应位置图	28
3.7	地点适宜性模拟程序	28
3.8a	鱼类死亡	31
3.8b	麻痹性贝毒	31
3.9	2003年一种藻华的生成	32
3.10	(a) 海站, (b)海洋材料和(c)考拉塞网箱的波浪适宜性图	36
3.11	保留地全图	36
3.12a	在特尼里弗旅游业中纳入海水网箱养鱼适宜性分析的概念性结构	38
3.12	在特尼里弗选择海水养鱼网箱地点的适宜性分析的概念性结构 (作为一个层次结构)，显示不同因素和子模型比重	40
3.13	集成模式结构	42
3.14	养鱼场地点的光栅图像轮廓显示预测的排泄物沉积，利用GIS分散模式。 (a)静态网箱模型, (b)移动网箱模型	43
3.15	加拿大芬迪湾开阔海域的水产养殖	44
3.16	巴西里约热内卢州对虾、双壳软体动物和鳟鱼的养殖适宜性	48
3.17a	委内瑞拉玛格丽塔岛以及附近两个较小岛屿的泻湖筏养牡蛎可 评估方法框架	51
3.17b	最后图显示在马卡脑南部和科切4.1平方千米区域超过80%的可能 地点 (■)	52
3.18	在巴克斯迪雷斯和布尔乔亚牡蛎租赁地50厘米的理论淤积率浸泡 时间损失 (%)	52

---

3.19	察普坦克河区域马里兰湾底调查资料数字化演示例子	56
3.20	模式和GIS整合	58
3.21	沿意大利亚得里亚北部海岸的萨卡娣戈罗泻湖养殖菲律宾蛤仔的预计承载能力	59
3.22	佛罗里达印弟安河泻湖租赁的贝类捕捞C区适宜硬壳蛤养殖的区域	60
3.23	蛤和SAV生境适宜性冲突区域	62
3.24	1993–2003年利姆水道贻贝最大密度	64
3.25	按GIS分析（绿色区具高度潜力，橙色区中度潜力）的帕拉伊海藻养殖潜在区域例子	64
3.26	新英格兰地区商业捕捞价值	65
3.27	依赖（直接和间接）水产养殖的穷国	67
3.28	最依赖（直接和间接）水产养殖的至少是中度贫穷的国家	67
3.29	脆弱性评估模型示意图	68
3.30	脆弱性	68
4.1	研究区域	70
4.2	基础数据：深度、SST和叶绿素-a	70
4.3	军曹鱼生长和水温	72
4.4	贻贝生长与水温	72
4.5	贻贝生长和叶绿素a浓度	74
4.6	从小湾在1、2和3小时单程航次到达养殖海域（22、44和66千米）	74
4.7	养殖结构的深度和适宜性	77
4.8a	按养殖结果和增长的军曹鱼养殖适宜性	77
4.8b	军曹鱼养殖的区域适宜性（平方千米）	78
4.9a	按温度、叶绿素-a浓度和深度分析贻贝养殖的适宜性	78
4.9b	贻贝养殖的区域适宜性（千米）	79
4.10a	从小湾的时间-距离分析军曹鱼养殖的适宜性	80
4.10b	从小湾的时间-距离分析军曹鱼养殖的区域适宜性	80

## 表 格

1.1	近海和外海水产养殖特征	6
1.2	按自然海洋学和风暴事件发生程度分类的海水养殖战略比较（来自布里杰等, 2003年。表1, 基于个人通信修改, 来自M.布里杰和D.索托）	8
1.3	与水产养殖相联系的关键环境问题	9
2.1	来自GISFish数据库的水产养殖主要问题 (2007年1月17日原版)	15
3.1	按主要问题的海水养殖应用制图概要	18
3.2	按主要问题的海水养殖应用遥感概要	29
3.3	显示适合牡蛎养殖适宜性的选址矩阵	30
3.4	按主要问题的网箱养鱼应用GIS概要	35
3.5	按主要问题的养殖海洋贝类应用GIS概要	46
3.6	里约热内卢潜力和需求的地理信息系统模式结果概要	48
3.7	选定适宜性标准和因素, 最佳考虑, 明确限制性水平	50
3.8	在利姆水道规范双壳贝类产量的GIS管理工具中描述的因素	63
4.1	实验和商业网箱设施深度特征以及来自制造商的规格	73
4.2	美国用于评价开阔海域水产养殖潜力的阈值综述 (大西洋、墨西哥湾和波多黎各-美属维尔京群岛EEZ)	76
4.3	免费下载的评估水产养殖潜力的空间数据和应用: 养殖的生物 (CO)、外海养殖设施 (OF) 以及从岸上设施到外海养殖设施的运输及维护 (TM)	83
6.1	支撑多标准分析的软件	95
6.2	基于GIS的MPA支持决策工具	98

## 缩略语

---

AMA	水产养殖管理区
ASCS	海底声学分类系统
AquaGIS	纽芬兰和拉布拉多水产养殖的地理信息系统
AATSR	先进的跟踪扫描辐射计
CCRF	负责任渔业行为守则
COC	位于特内里费的西班牙水产养殖局海洋学中心
EEZ	专属经济区
ESRI	环境系统研究所
ETOPO	2分全球救济数据网格
FOSS	免费和开放源码软件
GIS	地理信息系统
GISFish	用于水产养殖和内陆渔业的地理信息系统、遥感和制图全球网关
IOCCG	国际海洋水色协调组
IMS	因特网地图服务器
KML	锁眼置标语言
MCE	多标准评价
MERIS	中分辨率成像光谱仪
MODIS	中分辨率成像分光辐射度计
MPA	海洋保护区
NOAA	国家海洋和大气局
PAR	光合有效辐射
SAV	深层水生植被
SQL	系统查询语言
SSMP	地点适宜性模拟进程
SST	海水表面温度
HAB	有害藻华
UNEP	联合国环境规划署
WFP	世界粮食计划署
WVS	世界向量海岸线



# 1. 引言

## 1.1 目标和概述

本文件的主要目的是促进利用地理信息系统（GIS）、遥感和制图，作为协助发展和管理可持续海水养殖的一种手段。该系统的范围是全球性的，并将发展中国家作为重点。由于我们的重点，我们强调的是基于免费从因特网下载数据的最低成本来实施地理信息系统。使用美国的典型研究作为一个例子，我们展示了任何有兴趣的国家在其专属经济区内开展海水养殖潜力的第一近似值。我们审议的在海水养殖中应用地理信息系统、遥感和制图的一些情况反映了目前状况，使读者对这些手段的好处和限制做出自己的评估。本文件与GISFish – 粮农组织的一个因特网网关密切相关，通过对水产科学和渔业摘要的文献资料数据库以及在多数情况下对完整的论文和报告的检索，可以从该网关获得在水产养殖和内陆渔业中应用地理信息系统、遥感和制图方面积累的大量经验。第2.3.2节对GISFish有更充分地描述。

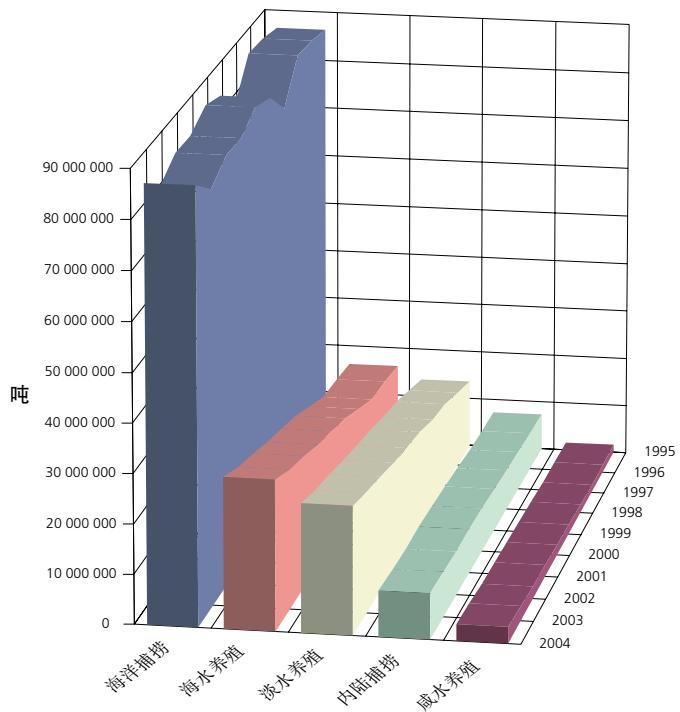
我们主要强调的是地理信息系统。遥感被看作是获得数据的一个重要工具，随后被纳入地理信息系统，并对经营管理的水产养殖设施的环境条件进行实时监控。地图通常是一个地理信息系统的产出，但可以是进行空间交流的有效工具，因此，实例包括了水产养殖制图。

在一些背景下应用这些工具具有最佳效果。首先，必须在渔业领域重视海水养殖。然后，在两个框架内看待地理信息系统、遥感和制图：一是影响目前和将来水产养殖发展的广泛的外围问题；二是更具体和集中于在以下方面应用这些工具的若干经验上：目的（研究，经营、发展和管理）、目标物种、环境（陆地、近海、外海）、养殖系统，地理范围、分析的因素和制约条件、模型和采用的决策方式。在单独的章节中涉及了地理信息系统数据的可获得性、模型和决策。

如上所述，我们的重点是如何应用已被用来解决海水养殖重要问题的工具，而不是工具和技术本身。然而，作为帮助了解应用的重要技术方面，本出版物提供了词汇部分，并与有关术语相关联。更详细的技术资料以及与免费和商业软件的链接，可访问GISFish获得。

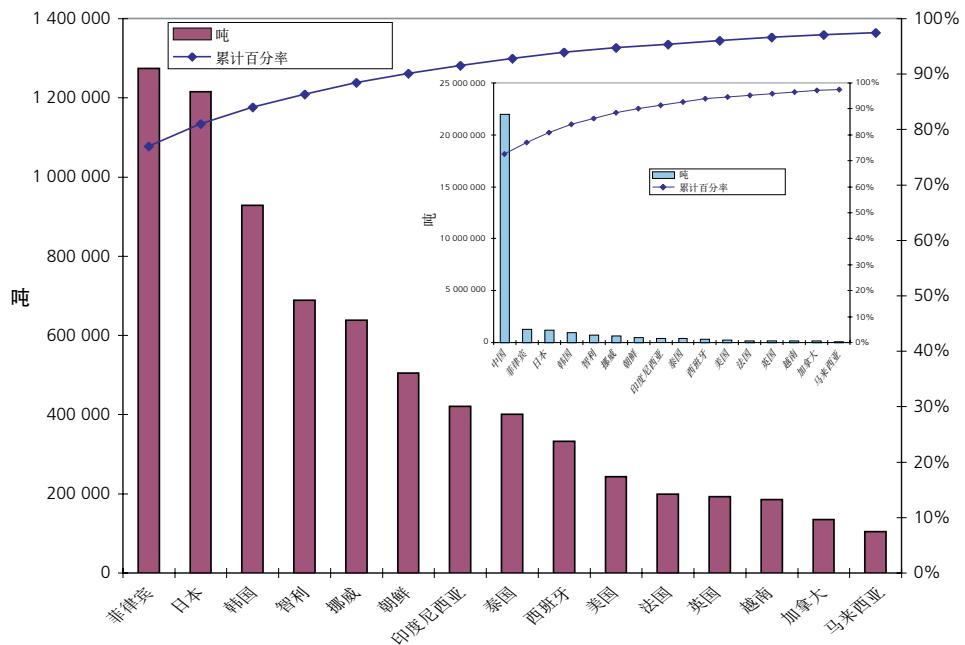
最后，我们对在海水养殖发展和管理中应用地理信息系统、遥感和制图的状况做出了评论，并就改进实施提出了一些建议。

图 1.1  
1995–2004年渔业领域按环境的产量趋势



来源：粮农组织（2006a）

图 1.2  
2004年不包括中国的海水养殖产量和总产量



来源：粮农组织（2006a）

## 1.2 海水养殖的重要性

### 1.2.1 渔业领域中海水养殖产量和趋势

2004年渔业总产量达到近1.56亿吨。按环境和来源，海水捕捞产量为8700万吨，内陆捕捞为900万吨，海水养殖为3000万吨，淡水养殖为2700万吨，其余300万吨来自咸水养殖（粮农组织，2006年）。

海水养殖产量快速增长。在过去10年，海水养殖产量占总产量的比例从13%增加到19%，淡水养殖从11%增加到17%，而海洋捕捞产量从69%减少到56%，咸水养殖从1%增加2%。内陆捕捞在总产量的比重稳定在6%（图1.1）。

### 1.2.2 海水养殖方面重要的国家

在全世界186个拥有海岸的国家中，2004年有86个国家向粮农组织报告了海水养殖产量，其中中国报告了2200万吨，占全球总量的近73%。菲律宾和日本均报告了100多万吨的产量，还有13个国家报告的其产量超过10万吨。这些主要生产国的产量占全球产量的97%（图1.2）。

### 1.2.3 海水养殖重要的水生物种组

2004年产量组别广泛，海水养殖产量中最主要的是水生植物（46%）和软体动物（43%），而河海洄游鱼类（主要是鲑科鱼类）占5%，海洋鱼类占4%。占2%的甲壳类重要性最低。过去十年相关比例没有变化（图1.3）。2004年海水养殖产值为278亿美元。

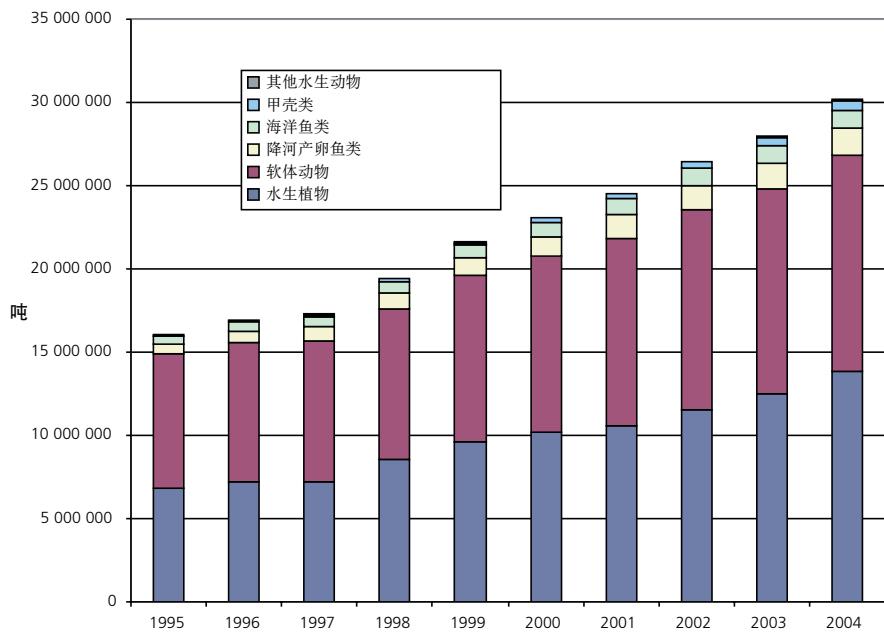
### 1.2.4 按专属经济区的区域重要性

专属经济区（EEZ）是以符合1982年《联合国海洋法公约》的规定宣布的国家管辖海域（宽度为370千米或不超过200海里）。在EEZ内，沿海国有权勘探和开发生物和非生物资源，并有养护和管理的责任。EEZ是海水养殖从目前近岸扩大到外海或开阔海域的主要区域。大多数国家有着与本土相联的巨大的EEZ，许多国家有着大规模的与海外属地相联系的额外EEZ区域。乍看起来，在EEZ内扩大海水养殖的机会似乎是无限的，但目前在与深度有关的技术、海洋条件以及竞争利用的问题减少了可获得的区域，制约着养殖规模的扩大。不过，在主要海水养殖生产国中，本土EEZ面积与2004年产量之间似乎没有任何关系（图1.4）。EEZ每平方千米的产量从中国的近25吨到加拿大的0.02吨。

### 1.2.5 海水养殖发展和管理

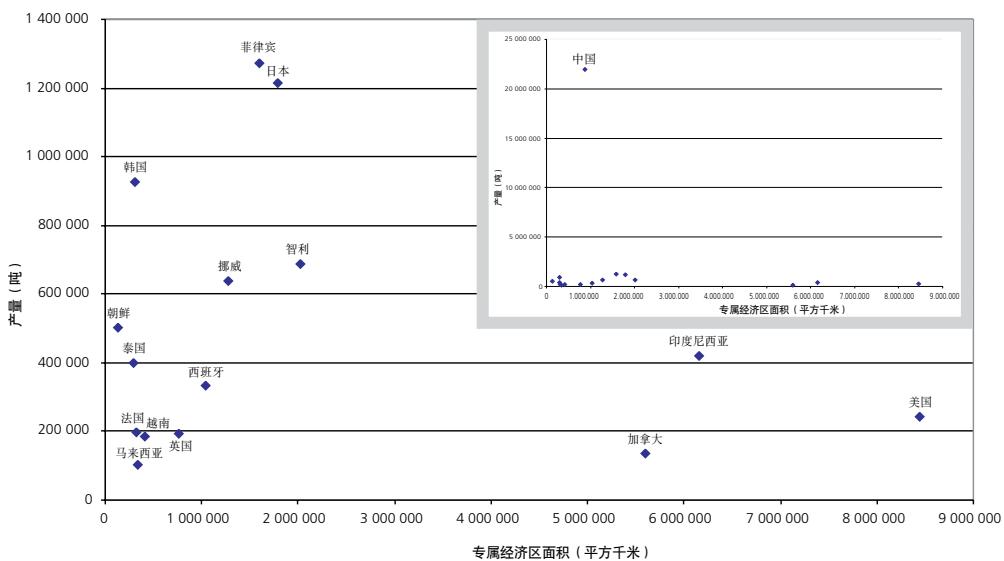
在海水养殖发展和管理方面有大量的文献资料，包括技术和经济，特别是在纳入沿岸带管理的环境方面（例如GESAMP，2001年），但是，《负责任渔业行为守则》（CCRF）（粮农组织，1995年）提供了最好的起点，以理解广泛的水产养殖问题以及在国际和国家框架内的潜在解决办法。粮农组织负责任渔业

图 1.3  
按ISCAAP组的海水养殖趋势



来源: 粮农组织 (2006a)

图 1.4  
2004年海水养殖产量和EEZ面积 (不含中国)



来源: 粮农组织 (2006a)

技术准则（粮农组织，1997年）涉及守则的第9条－水产养殖的发展，是对CCRF的补充。基于第三个千年水产养殖大会的曼谷声明和战略（Subasinghe *et al.*, 2000年）提供了20年的发展战略。

一些座谈会和随后的会议记录强调对海水养殖技术和物种进行应用研究（例如，海水养殖的今天和明天，Bridger and Costa-Pierce, 2002年），其他的则涉及发展的重要方面，例如政策、机制、社会-经济、工程、环境、后勤和运行，比如“开阔海域养殖”；“从研究到商业现实”（Bridger and Costa-Pierce, 2003年）；“在深蓝海水养殖”（Ryan, 2004年）；“海水养殖的未来：亚太区域海水养殖负责任发展的区域办法”（粮农组织/NACA, 出版中）；以及“2006年外海海水养殖”（<http://www.offshoremariculture.com>）。

海水养殖发展速度的不同反映在不同国家产量的巨大差异（1.2.2节）。在这方面，一个重要的考虑是，尽管各国具有许多相同或相似的问题，但解决办法和发展速度有着国家的特点。另一个重要的考虑是，部署GIS、遥感和制图的理由是海水养殖发展和管理的许多问题有着地理或空间背景。

## 1.3 影响海水养殖的近海和外海空间背景问题

### 1.3.1 近海和外海范围

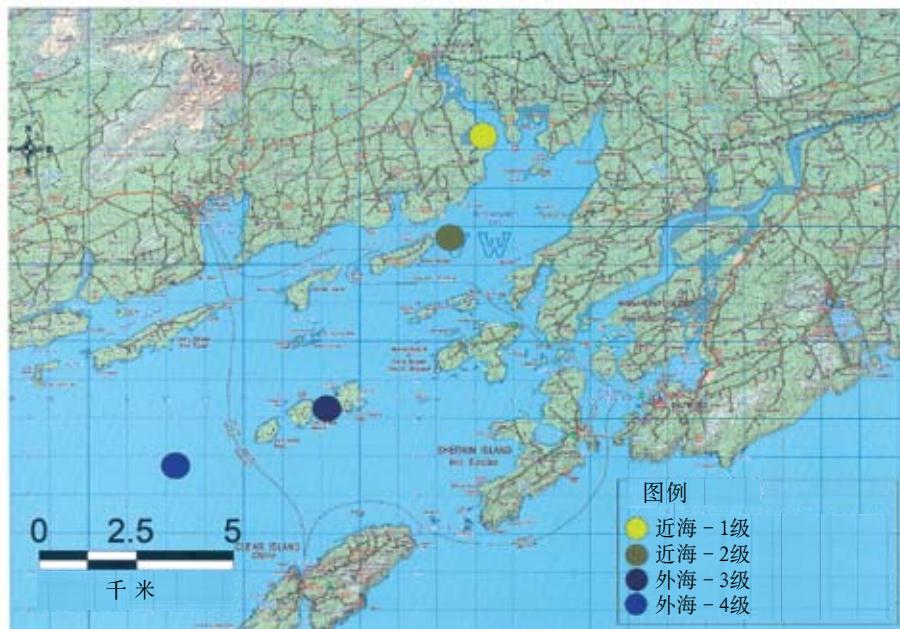
在处理海水养殖时，有两个明显的环境范围：近海和外海或开阔海域。每个范围有其自己的问题，不同点主要是相对的重要性。瑞安（Ryan）（2004年）提出，与离岸距离有关的“外海”伴随着波能的增加，并缺乏隐蔽处；但他认为还没有明确的定义。在具体到网箱特征方面，瑞安（同前）描绘了地点的4个级别，其中2个为外海类型，与近海类型相反（图1.5）。

同样，布里杰等（Bridger *et al.*）（2003年）根据受影响的程度提出海水养殖的4个级别：（1）陆基设施，（2）沿海环境（受保护的海湾和峡湾），（3）无遮蔽的地点以及（4）外海地点。缪尔（Muir）（2004年）基于4个标准提出了与近海养殖相对的外海养殖，标准包括地点/水文地理、环境、进入和运行（表1.1），提出需要注重受影响的程度和运行条件。布斯（Booth）和伍德（Wood）（2004年）提出了更全面的描述，认为近海是从岸上可以看到的区域（例如潮间带、海湾和河口），而外海区域从岸上看不到。从概念上看，“近海”和“外海”对海水养殖是水域空间的宽泛标识，但利用空间分析可以使我们更准确地确定在哪里发展水产养殖，以及预测管理需求。事实上，对养殖生物、养殖结构、岸上设施和进入方面的要求确定了海水养殖的潜力。在这方面，近海和外海的区分没有实际意义。

### 1.3.2 近海和外海问题

最近进行的审议总体上是有关海水养殖的问题（海水养殖工作组，2007年），特别是关于开阔海域的水产养殖（Stickney *et al.*, 2006年）。

图 1.5  
可能见于1到4级的网箱类型



级别	1	2	3	4
常规表述（与地点暴露程度有关）	遮蔽的近岸地点	半遮蔽的表面地点	暴露的外海地点	开阔海域外海地点
采用的网箱类型	表面重力	表面重力	表面重力、锚张力	表面重力、表面刚性、锚张力、水下重力、水下刚性

来源：瑞安（2004年）

表 1.1  
近海和外海水产养殖特征

特征	近海	外海
地点/水文地理	05-3千米；10-50米深；在视野范围内；通常至少半遮蔽	2+千米，一般在大陆架区带内，可能是开阔海域
环境	$H_s \leq 3-4$ 米，通常 $\leq 1$ 米；短分期，局部沿海水流，可能强劲的潮流	$H_s$ 5米或超过，一般2-3米，海面汹涌，不定风期，可能较少局部海流影响
进入	$\geq 95\%$ 至少每天进入一次，通常可上岸	通常 $> 80\%$ 可进入，可能周期性上岸，例如每3-10天
运行	定期、手工介入、投喂、监测等	遥控运行、自动投喂、远距离监测、系统功能

术语： $H_s$  =有效波高-标准的海洋学术语，大约平均最高相当于海浪的分之一。

来源：缪尔（2004年）

我们认为，最富有成果的办法是在海水养殖发展和管理中实施GIS、遥感和制图，首先评估问题，然后衡量这些工具在多大程度上能处理这些问题。凯匹特斯基（Kapetsky）和阿吉拉尔-曼加雷兹（Aguilar-Manjarrez）（2004年）提出了与水产养殖有关问题的明确框架，并利用其评估实施GIS的进展。问题的主要类别是：（1）发展，（2）水产养殖实践和管理，以及（3）包括水产养殖的多领域发展和管理。

考虑到外海和沿海环境，问题在性质上差异不大，但在程度上有差异。这反映为由于众所周知的理由把水产养殖向外海转移。实质上，这样可以减少或解决在近海遇到的最急迫问题（表1.2）。最重要的考虑是，减少水产养殖对近海环境的影响（表1.3）；对更多空间的需求，以容纳有更好规模经济的外海大型水产养殖生产；减少与其他利用的竞争和冲突；消除视觉影响以及改善水质。在后一方面，瑞安（2004年）提到，风和波浪产生比近岸海域更大的水交换，潮流也能使水产养殖废物散开，减少被体外寄生虫感染的几率。这种养殖类型的另一个优点是，外海出现极端温度的情况少，水温更稳定。到外海养殖的缺点成为重要问题。这些问题包括因缺乏遮蔽处，需要全天候的养殖结构；距离更远；运输饲料、得到服务、维护和监测外海设施并保证其安全的成本更高。

另一种观点认为，近海的空间问题涉及更多的是现有水产养殖的历史和实际问题，而外海养殖的空间问题，因其处于初始阶段，属于感觉到的或潜在的问题。近海养殖的许多类型，主要是贝类养殖，不能在现有技术条件下轻易地转移到外海。因此，如果在近海扩大海水养殖，将不得不面对近海的问题。

扬长避短要求详细的超前规划和关注，以满足选址的标准。

### 1.3.3 海水养殖超前规划

西塞-塞恩等（Cicin-Sain *et al.*）（2001年）在美国水域确立外海水产养殖政策框架过程中发现，在美国进行的所有研究中主要问题之一是涉及建立养鱼场与其他沿海水域利用之间的冲突，例如海上交通、捕捞渔业、旅游和自然保护区。那么，重要的是，要确立关于水产养殖站点的标准，将这类冲突在以后出现的机会减少到最低程度。几个国家（例如智利和挪威）在规范过程前，进行正式的确定“适合水产养殖的区域”的过程。

基于其早期工作，西塞-塞恩等（2005年）设计了美国联邦水域外海水产养殖发展的运行框架。他们强调，建立和运行外海养殖场要求投入数百万美元，他们提出，基于不充分或错误信息做出选点的决定能造成成本高昂的延迟、环境退化、降低产量、租赁问题、许可和其他规范要求，或最终导致项目失败。在这方面，他们建议要进行外海区域的综合制图，以确定适合外海水产养殖以及其他用途的区域，并进一步确立详细的以地图为基础的海洋区划。

这些作者预测了需要就外海水产养殖确立地点提供大量选择，并要求做出不同层次的努力和得到地理定义详情。选择包括：

- 专门租赁或用于水产养殖的地点;
- 指定或预先批准的水产养殖区域;
- 多用途区划; 以及
- 海水养殖园。

预测了7个层次的水产养殖分区, 从没有多少利用限制 (例如所有合理的商业利用, 包括水产养殖、运输和拖网作业, 但禁止采矿和开采石油) 到限制逐步增多区域, 以及对一块区带最大的限制是保留未开发状态, 进行保护。

## 1.4 采用地理信息系统、遥感和制图

### 1.4.1 空间角度的海水养殖发展和管理

地理信息系统、遥感和制图在海水养殖发展和管理的所有地理和空间方面能发挥作用。利用卫星、空中、地面和水下传感器的遥感, 用于获取大量近海和外海数据, 特别是关于温度、流速、浪高、叶绿素浓度以及土地和水的使用的数

表 1.2

按自然海洋学和风暴事件发生程度分类的海水养殖战略比较 (来自布里杰等, 2003年) 表1, 基于个人通信修改 (来自M. 布里杰和D. 索托)

地点	优点	缺点
陆基设施	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 控制水质</li> <li>- 不要求将运行与密集区域隔离</li> <li>- 完全不受风浪影响</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 有限空间</li> <li>- 高昂的资本投入</li> </ul>
沿海环境 (保护的海湾和峡湾)	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 资本投入低</li> <li>- 不受许多自然因素的影响</li> <li>- 以最少的投资进行监视是可能的</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 可能的自身污染</li> <li>- 扩大空间有限</li> <li>- 孤立于理想区域, 不受沿海人类污染的影响</li> <li>- 近岸存在利用者的冲突</li> </ul>
暴露的地点	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 利用以前未开发的环境</li> <li>- 一致的和大量的水供应</li> <li>- 依然可能从邻近的岸上在视线范围内进行保护</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 暴露于毁灭性的自然因素中</li> <li>- 近岸有限的空间</li> <li>- 近岸存在利用者的冲突</li> <li>- 随着暴露程度增加要求增加基础设施</li> <li>- 更多地依赖自动化技术</li> </ul>
外海地点	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 随着离岸距离的增加, 降低利用者之间的冲突</li> <li>- 非常一致的水供应</li> <li>- 改进了水流, 生产更高质量的鱼 (贝弗里奇)</li> <li>- 由于更大的水流, 有害藻华 (HAB) 发生几率减少, HAB更快通过 (贝弗里奇)</li> <li>- 企业扩张潜力大</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 真正暴露在没有保护的情况下</li> <li>- 因技术和机械化水平提高, 增加资本成本</li> <li>- 需要更好的经过培训 (更昂贵) 的工作人员, 包括潜水员以及有能力使用大型、更复杂船舶的人员 (贝弗里奇)</li> <li>- 如果水流强劲, FCR更差, 但可改善鱼的质量 (即更低的脂质), 能获得更好的价格 (贝弗里奇)</li> <li>- 要求大量投资以保证经济可行性</li> <li>- 完全孤立于岸上基地, 看不见岸</li> <li>- 逃逸的风险更高 (索托)</li> </ul>

表 1.3  
与水产养殖相联系的关键环境问题

问题领域	关键特征
废物和营养物承载	固状产出物; N.P; 维生素; 矿物质; 养殖/药物化学品; 抗生素、废物对邻近底层生物和水体以及物种/群落多样性、质量指标的影响, 并可能刺激水华发生;
水交换	冲刷网箱、围栏或其他构造; 要求数量; 抽取水的影响; 与“低质量”的废物稀释, 充足浓度以消除对质量的影响, 但太低不能进行简单处理。
逃逸的种群	从被毁的系统或通过洪水、被毁或无效的排出网; 与当地种群竞争/遗传污染的风险; 传播疾病; 直接或间接减少生物多样性;
被有养护需要的物种掠食	对养殖的种群造成损害、损失和压力导致的疾病, 要求控制, 而不顾养护意愿。
增加预先控制的需要	对现有和有意进行的开发活动要求预防性或甚至“零容忍”办法, 意味着对过程和风险的预先了解, 即使对环境风险非常低的区域也做出规定。

来源: 缪尔 (2004年)

据。从本质上说, 地理信息系统用以评估水产养殖发展的适宜性, 以及组织水产养殖管理的框架。“发展的适宜性”和“管理框架”可在两个层次看到。第一个层次仅涉及对开展水产养殖本身的要求。第二个层次是在土地和水资源其他用途背景中的水产养殖。对于发展和管理任务, 有关具体标准的所有来源的空间和特征数据在GIS平台内进行处理和分析, 以便做出决策。结果以数据库、地图和文件方式报告。

从地理角度, 信息的3个宽泛分级对海水养殖发展和管理至关重要: (1) 环境对准备养殖的动植物的适宜性; (2) 环境对养殖构造的适宜性以及; (3) 进入。进入是最宽泛和最复杂的。进入需要考虑行政管辖权以及底基、底层、水体、水面和土地(后者为确定岸上支持设施或陆基海水养殖)的竞争利用情况。还要检查支持养殖地点的成本(按时间和距离)以及养殖产品的市场分布。

地理信息系统不是脱离经济的。相反, 在其由经济专家参与并按经济学条件解释时, 基于地理信息系统的研究将提供最有用的结果。



## 2. 海洋环境和渔业领域中地理信息系统、遥感和制图 - 概述

本节的目的是提供GIS的演化和其在总体的海洋环境中以及特别在渔业领域中应用的简要回顾。

如下文详述，这些学科是相关的，原因是以水产养殖为目的的地理信息系统在很大程度上取决于应用于其他目的的数据和技术。此外，概述在第3节提供的背景更详细回顾了涉及海水养殖具体问题的应用情况。

### 2.1 地理信息系统的历史

GIS的地理根源可追溯到大约2500年前，在地理勘探、研究和理论建设方面具有其基础。上世纪60年代初，由于计算机工具的作用，开始正式组装地理知识，进行输入、存储、编辑、检索、分析并输出自然资源信息。第一个GIS是加拿大地理信息系统，标志着开始了世界范围的努力，使地理学准则正式和自动化，来解决空间问题。经过40多年的发展，除了自然资源外，现在GIS是处理地理问题多领域的主体（DeMers, 2003年）。

### 2.2 海洋环境中的地理信息系统

海洋环境中GIS工作的主要目的是宣传和展示各种应用情况。例如，莱特（Wright）和巴特利特（Bartlett）（2000年）在编辑的文卷中介绍了概念、技术和体制问题以及各种不同的应用情况。莱特（2002年）论述了在沿海和开阔海洋环境中以广泛应用GIS为重点的情况，包括制图和可视化、电子航海图表，并通过互联网提供地图和数据。布雷曼（Bremen）（2002年）整理收集了有关文章，展示了在海洋科学不同领域利用GIS的进展。应用情况按海域区域排列。其中一篇文章涉及渔业评估和管理。布雷曼（2002年）整理收集的另一个重要文章涉及ArcGIS海洋数据模型的创立（Bremen, Wright, and Halpin, 2002年）。该模型的目的是提供一个结构框架，准确代表水流动态特征。第6节的决策和GIS的模式工具包括海洋数据模型的更详细情况。

### 2.3 渔业领域地理信息系统、遥感和制图方面的出版物

应用于渔业的GIS、遥感和制图对海水养殖是重要的，有两个原因：（1）共同关心和利用的大部分数据（例如环境以及捕捞和养殖的物种）以及分析技术可

能是相同或相似的，因此对水产养殖有用。例如，用以空间地建立鱼类基本栖息地的程序和数据与用以找到最佳水产养殖“生境”的类似。（2）只用于水产养殖管理或只用于渔业管理的GIS在同一地理或行政范围可能无效，事实上，否定了GIS的一个重要优势，即促进跨领域的理解和合作。因此，在渔业和水产养殖中应用GIS和遥感的演化是按时间顺序排列的里程碑。为引起对不同类型信息的关注，有一节以回顾和手册形式介绍了综合经验。为描绘广度的经验，有另一节涉及座谈会、研讨班和因特网网址。

### 2.3.1 回顾和手册

认识到需要在沿岸带管理以及专属经济区多种利用背景下对渔业和渔业资源情况制图，巴特勒等（Butler *et al.*）（1987年）制作了载有实际指导方针和制图原则的粮农组织手册，主要目标对象是发展中国家的人员。在了解了遥感在协助渔民、渔业科学工作者和渔业管理人员以及商业捕鱼实体方面的潜力后，巴特勒等（1988年）编写了关于在海洋渔业中应用遥感技术的介绍手册。辛普森（Simpson）（1994年）非常详细地涉及了海洋渔业中遥感和GIS的能力，为未来应用方向奠定了基础。为更好地理解和为海洋利用、基础设施和社会-经济空间模式日益增加的变化率做出安排，特别是在渔业资源和渔业方面，粮农组织渔业管理和养护处进行了GIS在海洋渔业中应用的审议（Meaden and Kapetsky, 1996年）。为推进在发展中国家的水产养殖和内陆渔业中应用GIS和遥感技术，粮农组织水产养殖管理和养护处由米登（Meaden）和凯匹特斯基（Kapetsky）进行了漫长的审议（1991年），目的是保持技术和应用之间的平衡。纳特（Nath）等（2000年）以水产养殖中的应用为背景，确定了实施GIS的限制因素，提出了七个阶段的用户驱动的框架，以开发包括人员、活动和分析程序的GIS。瓦尔维尼斯（Valvanis）（2002年）从全球的角度审议了在海洋学和渔业中的GIS，首先提出在海洋环境中应用GIS的概念、方法和机制问题。然后，他将海洋和渔业中的GIS分开处理。在渔业部分，简要包括水产养殖中应用GIS，主要涉及水产养殖潜力和选址。

确定了需要有一个针对没有经过GIS正式培训的渔业人员的“自己做”实地手册，粮农组织水产养殖管理和养护处由德格拉夫等（De Graaf, *et al.*）（2003年）基于ArcView 3.x制作了手册，提出了基本知识以及在内陆和海洋渔业中应用的典型研究。

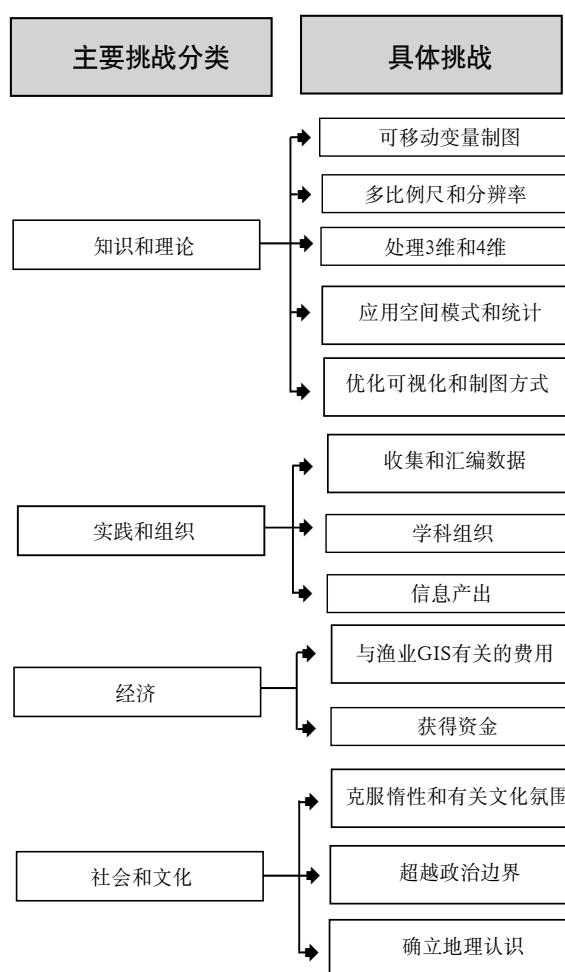
费希尔（Fisher）和罗哈爾（Rahel）（2004年）作为编辑的“渔业中的地理信息系统”在几个方面是重要的：有一章全面涉及在水环境领域部署GIS的知识和理论挑战（Meaden, 2004年）（见下文），并在渔业环境（例如湖泊、外海）部分论述了内陆和海洋渔业应用GIS的问题。此外，有一章按照问题框架专门论述水产养殖中应用GIS的问题（Kapetsky, 2004年）。

米登（2004年）提出的GISFish面临的阻止解决问题的运行挑战为四个主要类别，包括（1）知识和理论，（2）实际和组织，（3）经济以及（4）社会和文化。相关的具体挑战在图2.1做了概要。

根据米登（同前）的观点，在渔业中扩大GIS取决于促进或取得以下的进展：

- 减少数据成本（更广泛和方便地得到数据）；
- 多重数据收集技术；
- 在国际一级参与者的更好的组织；
- 机构之间的联网；
- 区域一级的大会；
- 在“被公认”的出版物中的应用实例；
- 展示分析和表象特征的项目实例；
- 数据收集格式的国际标准化；
- 除存储和模拟结构以外的3-D和4-D的GIS进展；以及
- 更容易获得的海洋信息的来源。

图 2.1  
渔业GIS面临的挑战分类



来源：米登（2004年）

统计分析毫无疑问是海水养殖地理学的一个重要组成部分。米登（2004年）简要论述了空间统计、空间模型和模化。他认为，作为软件平台或活动面的GIS可进行数值模式设计、评估或测试。

根据米登（同前）的观点，模化渔业数据至少有两个主要的数学挑战，一个是空间自相关，另一个是确保统计意义。

布斯（Booth）（2004年）充分审议了水产科学空间统计的基础和应用，以及与GIS在渔业科学的研究和空间统计方面的关系。

布斯和伍德（Wood）（2004年）审议了外海渔业的GIS应用情况，并对能获得的用于分析的技术进行了总结，同时提供了渔业研究和管理应用情况概述。

费希尔（出版中）审议了科学杂志中提到的论文所报告的渔业中应用GIS的情况。他认为，对GIS的利用正变得更加复杂；但应用的目标对象是生境和生物，而相对较少关注人的方面。

### 2.3.2 座谈会、研讨会和因特网

有关GIS座谈会的会议记录以及研讨会的报告是海水养殖直接或间接相关应用情况的宝贵来源。在审议渔业的GIS过程中，费希尔（出版中）发现，1999年后出版的100篇审查的论文中有35篇来自一次座谈会的会议记录。

通过GISFish研究组的行动，可以获得GISFish、遥感和制图的各类经验，其组织了三次座谈会，发表了两次座谈会的会议记录，第三次的记录正在编撰中（Nishida, Kailola and Hollingworth, 2001年；2004年，出版中）。不幸的是，这些座谈会上关于水产养殖中的应用很少。

塔卡奈特（Taconet）和本斯奇（Bensch）（2000年）审议了16篇论文和提供给一个研讨会的11篇文章，这些文件报告了地中海渔业管理中应用GIS的方式。他们发现，GIS在绘制结果方面是有用的，这些结果可用于通信、描绘海洋环境动态、资源位置、监测捕捞以及捕捞努力量的空间建模。

凯匹特斯基和阿吉拉尔-曼加雷兹（Aguilar-Manjarrez）（2004年）对1985-2002年期间在地理、环境、生物和问题方面水产养殖发展和管理中应用GIS的情况制作了详细目录并确定了数量。与纳特等一样，他们认为，尽管与空间有关的许多问题影响着水产养殖的可持续性，但没有系统和综合部署GIS来处理这些问题。他们按照以问题为基础的框架将1985-2002年的情况分为157个应用GIS类别，发现大多数应用于水产养殖发展以及水产养殖实践和管理。然而，在主要类别中，两个重要的子类别，即水产养殖后果预测以及水产养殖影响的确定，得到的关注很少。第三大类，即将水产养殖业纳入渔业以及水产养殖作为多领域发展的一部分，则很少涉及。表2.1展示了在主要问题和其子类别中应用的目前（本文件出版时）分布情况。在主要问题之间应用的相对比例目前情况和过去一样，基本保持不变。

凯匹特斯基和阿吉拉尔-曼加雷兹（2004年）还按照环境比较了应用GIS和水产养殖产量的情况，发现大多数应用于水产养殖产量最少的咸水-沿海环境，而在产量相对高的淡水和海洋环境中应用GIS的情况相对较少。同样，作者发

表 2.1  
来自渔业GIS数据库的水产养殖的主要问题（2007年1月17日原版）

来自数据库的水产养殖主要问题	记录的文献数量
<b>用于水产养殖发展的GIS</b>	
地点和区划适宜性	91
战略发展规划	49
水产养殖后果预测	11
经济	2
<b>用于水产养殖操作和管理的GIS</b>	
水产养殖和环境详细目录和监测	63
水产养殖的环境影响	16
水产养殖生境恢复	7
基于互联网的水产养殖信息系统	2
<b>用于包括水产养殖的多领域发展和管理的GIS</b>	
与渔业一道的水产养殖管理	3
涉及土地和水资源其他用途的水产养殖规划	7
<b>合计</b>	<b>294</b>

来源: 渔业GIS

现, 在水产养殖产量相对重要的国家之间应用GIS的情况地域分布不均衡。总体上, 只有33个国家在水产养殖中应用了GIS, 占水产养殖产量超过1000吨的国家的约三分之一。美国占总的应用情况的36%。同样, 在分析GIS应用于渔业(不包括水产养殖)的趋势时, 费希尔(出版中)发现, 47%的论文涉及美国, 并只反映了31个国家的情况。

这些分析结果提醒凯匹特斯基和阿吉拉尔-曼加雷兹(2004年)有一个关键需要, 即应用于水产养殖和内陆渔业的GIS、遥感和制图的全面信息。相应的要求是, 这类信息应易于以各种不同方式获得。确定了两类受众, 一类是要求得到该工具好处方面的信息的潜在从业人员。另一类是需要方便获得在全球应用方面累积经验的GIS用户。作为后续行动, 粮农组织水产养殖管理和养护处创立了GISFish。GISFish是“一站式”互联网网站, 以取得在水产养殖和内陆渔业中应用GIS、遥感和制图方面有深度和广度的全球经验(图2.2)。随后扩展了海洋渔业的内容。GISFish的创立满足了上文所述的需要, 基本上是: (1) 推广应用GIS、遥感和制图; 以及(2) 通过容易获得的全面的应用信息和培训机会, 促进对这些工具的使用。GISFish阐述了在水产养殖和内陆渔业中的问题, 展示了利用GIS、遥感和制图解决这些问题的好处。GISFish提供的全球经验以几种方式获得。一种方式是通过ASFA(水产科学和渔业摘要)参考文献数据库, 在许多情况下, 提供了与技术报告和论文全文的链接。另一种方式是通过网络资源数据库与培训机会、免费软件、数据和实例应用链接。GISFish还提供典型研究: (1) 关注对重要的可持续性问题有显著解决办法的各类应用情况, 以及(2) 提供通常在科学论文和报告中缺乏的重要信息, 即以何种方式、以承诺的时间和专门人员完成工作。审议的许多文件为GISFish典型研究。最后, GISFish还促进工作人员之间的交流, 包括说明正在进行的项目、活动、新闻和链接。GISFish将在2007年出现在互联网上, 最终还做成光盘。

图 2.2  
渔业GIS主页 (2007年1月17日原型)

FAD Home > Fisheries & Aquaculture > home >

 FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS  
helping to build a world without hunger

English | Français | Español

**Fisheries and Aquaculture Department** 

search...  more>

**GISFish**

Home About us Activities Statistics GeoInfo Meetings Publications Glossary

**GISFish**

Global Gateway to Geographic Information Systems (GIS), Remote Sensing and Mapping for Aquaculture and Inland Fisheries 

search GISFish...  more>

**GISFish** is a "one stop" site from which to obtain the global experience on Geographic Information Systems (GIS), Remote Sensing and Mapping as applied to Aquaculture and Inland fisheries.

GISFish sets out the issues in aquaculture and inland fisheries, and demonstrates the benefits of using GIS, remote sensing and mapping to resolve them. The global experience provided by GISFish is captured in Issues, Publications, Activities, Training, Data and Tools, Contacts, Discussions, News and events.

Development of GISFish is a work in progress being carried out under the guidance of the Aquaculture Management and Conservation Service (FIMA) of the Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO). [Information about GISFish...](#)

**GISFish Meetings**

August 25, 2008: Fourth International Symposium on GIS/Spatial Analyses in Fisheries and Aquatic Sciences

March 09, 2007: Coastal GeoTools '07

**GISFish News**

**Browse...**

Themes  
Aquaculture  
Capture fisheries

**Disclaimer**

© 2007, GISFish

### 3. 若干应用情况的回顾

在本节中我们的目的是，在表2.1展示的问题框架内排列若干历史上和目前的应用情况，并以此为基础提供应用于海水养殖的制图、遥感和GIS范围的概况。我们的目的不是回顾所有的应用情况。截止到2003年的内陆水产养殖的GIS情况已经由凯匹特斯基（Kapetsky）（2004年）做了广泛论述，包括池塘养虾。因此，我们的重点放在他没有论述的应用情况，我们强调这些是相信我们能提供最有用的例子。此外，如上所述，GISFish提供了这里没有引用的摘要以及许多完整的论文和报告。

回顾的形式包括说明为何值得注意应用情况、环境的介绍、涉及的问题、用于评价的空间标准、取得的结果和需要改进的意见（如果作者提出了建议）。文章首先介绍了制图，包括制图信息系统。随后，以GIS为背景对遥感的应用进行了论述，最后，介绍了海水养殖中应用GIS的情况。

#### 3.1 海水养殖中制图应用

##### 3.1.1 引入制图

地图是存储和显示地理信息的传统方式。通过标记和符号或摄影成像，以确定的比例和精度以及目标的标示，显示地球表面部分或整个物理特性（自然、人为或两者）的图示（粮农组织，2006年b）。地图描绘三种地理特征信息：

- 特征的位置和范围；
- 特征的属性（参数）；以及
- 该特征与其它特征的关系。

在这方面，制图是涉及水产养殖发展和管理可视空间关系的最易懂的方式，还是技术人员和一般公众对水产养殖空间的双向需求交流的最简单方式之一。

为此目的的制图有复杂的范围。这里的目标是说明每个范围的一些例证。海水养殖发展和管理的制图被分为三类：（1）划定水产养殖地点和地带的地图通常附带的技术报告，（2）地图和通过因特网获得的各种属性信息的目标对象是从事水产养殖发展和管理的政府、商业和私人用户等广泛受众。这些实际上是水产养殖信息系统。养殖GIS是最好的例子。（3）互动式互联网制图通常的目标对象是广泛的受众，通过互联网地图服务器来完成，其中有一个观看、层次划分、说明和各种功能的层次选择，例如缩放和PAN。一些网站的一个重要附加功能是以不同文件格式下载选定的GIS层。表3.1概述了应用情况。

表 3.1  
按主要问题排列的用于海水养殖的制图概要

作者	年份	主要问题	国家	物种
<b>用于水产养殖发展的制图</b>				
特松罗萨姆、潘加帕罗万和明塔罗加	1988	战略发展规划	印度尼西亚	鱼类、鸟蛤、珍珠贝、海参、海藻、贻贝和牡蛎
奥克兰区域中心	2002	战略发展规划	新西兰	贻贝和牡蛎
马西亚斯-韦罗、卡斯蒂略·雷伊和苏里塔	2003	战略发展规划	西班牙	未指定物种
普伦蒂湾环境	2006	战略发展规划	新西兰	未指定物种
<b>用于水产养殖实践和管理的制图</b>				
苏格兰行政部门	2000	水产养殖的环境影响	苏格兰	鲑鱼
伍兹霍尔海洋所海洋政策中心	2003	基于互联网的水产养殖信息系统	美国	海洋哺乳动物、鲸鱼
乔丹娜	2004	基于互联网的渔业和水产养殖信息系统	西班牙	未指定物种
AquaGIS, 纽芬兰和拉布拉多政府	2006	基于互联网的水产养殖信息系统	加拿大	大西洋鳕；大西洋鲑；贻贝；虹鳟；其他物种

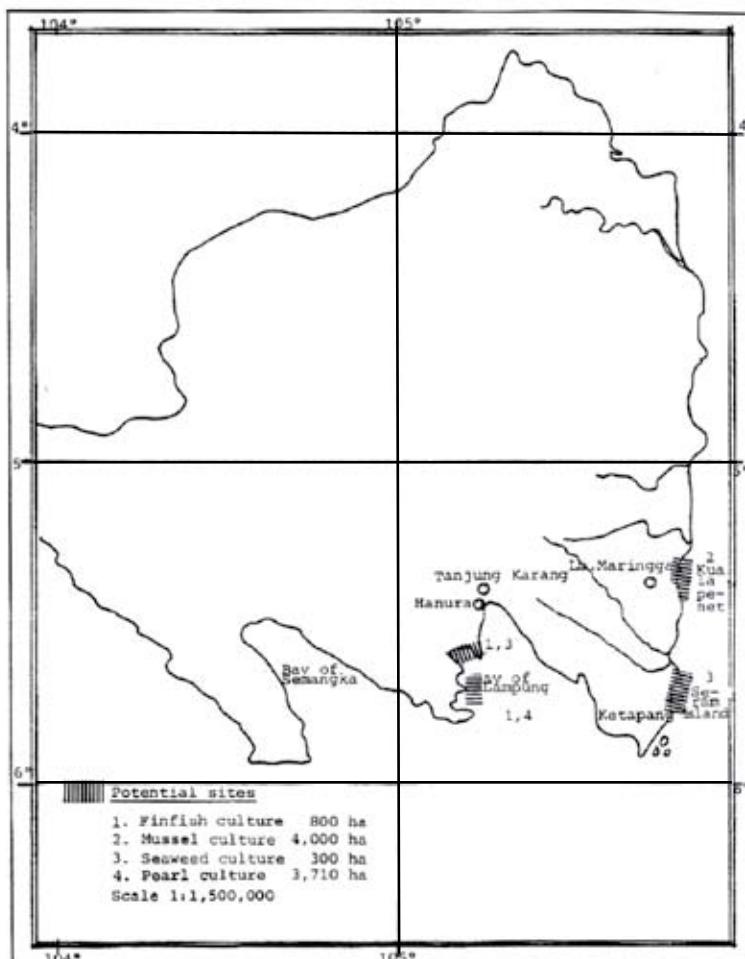
### 3.1.2 用于水产养殖发展的制图

本节的目标是说明用于水产养殖的制图的发展过程，通过软件和数据可获得性的发展来推进。本节的所有例子涉及战略规划和发展问题。

特松罗萨姆 (Tiensongrussmee)、潘加帕罗万 (Pontjoprawiro) 和明塔罗加 (Mintarjo) (1988年) 报告的一项活动，以图显示印度尼西亚全国沿海水域海水养殖潜力。值得注意的是这项研究活动的地理规模，包括了大量物种和养殖方式以及使用卫星遥感帮助制图。这项研究开展时正值政府采取措施减少对渔业资源的压力以及促进商业规模和低收入群体的小规模水产养殖发展。总体上，确立了主要用于以下方面的生物物理选址标准：网箱养鱼；底层养殖鸟蛤、珍珠贝、海参和海藻（麒麟菜）；贻贝悬浮养殖以及桩养和筏养牡蛎。还考虑了污染源和相互竞争的用途。由政府渔业官员根据与渔民的座谈和查阅文献确定潜在地点。一个积极的选址标准是准备养殖的物种的种群自然分布，显示环境适合养殖。地点的选择需要通过走访，进行过程为五年的核实。制图的基础是地形图、海图和大地卫星5号图片。由此产生的地图为轮廓图，以图解方式清楚显示潜在地点；然而，许多地图显示经度和纬度，其中一些包括比例尺，不多的显示等深线（图3.1）。根据该结果，建议印度尼西亚的580万平方千米的沿海水域中15%应留作海水养殖。

建议的水产养殖管理区域制图在苏格兰结合鱼类健康，特别是在鲑鱼传染性贫血传播方面进行了应用 (Scottish Executive, 2000年)。采用潮程并按水动力作为现有养鱼场的标准，明确单一区域的界限。潮程是沿河口或有潮河流的水平距离，在潮水涨落周期，高峰有少量移动。这个程序是数字化潮流地图，以产生1千米×1千米的地图层。每个地图显示该区域的鲑鱼养殖场位置，并标示围绕每个养殖场的潮程（图3.2）。

图 3.1  
楠榜发展海水养殖的潜在地点

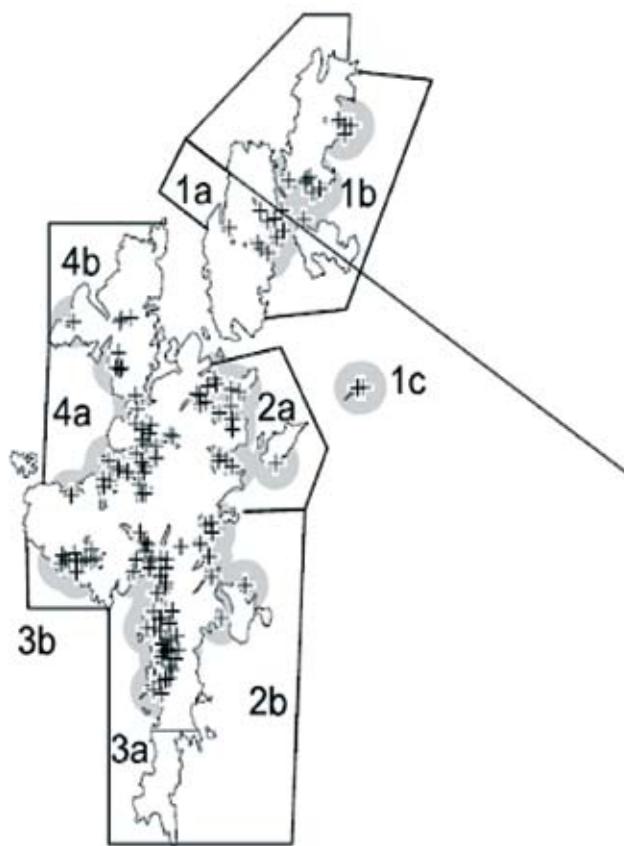


来源：特松罗萨姆、潘加帕罗万和明塔罗加（1998年）

建议的管理区域以潮程重叠为基础。一般来说，邻近的养殖场与潮程重叠，该养殖场被排列在相同的管理区域。在没有重叠时，建立一个新的管理区域。这种方法使疾病（以及可能的海虱）在管理区域之间的迅速蔓延可能性最小化。这些地图已用于执行《苏格兰鱼类养殖良好操作守则》（Scottish Salmon Producers Organization, 2005年）。

上世纪90年代后期，在新西兰东北的普伦蒂湾对海水养殖场场所的压倒性需求期间，出现了水产养殖管理区域（AMA）的需要（Environment Bay of Plenty, 2006）<http://www.ebop.govt.nz/Coast/AMA-project.asp>。AMA实际上是水产养殖预留区。沿海空间的需求暴露了管理水产养殖活动的立法和政策差距。由于议会暂停对新的海水养殖的申请，2002年普伦蒂湾环境区域委员会开始了AMA项目，目标是确定该湾的AMA。该项目按两个步骤执行。第一步是采用地图展示外海生产情况。这些地图显示了普伦蒂湾可能限制海水养殖进行的与外海环境有关的所有利用情况和价值：

图 3.2  
设得兰群岛沿海海域水产养殖的拟议管理区域



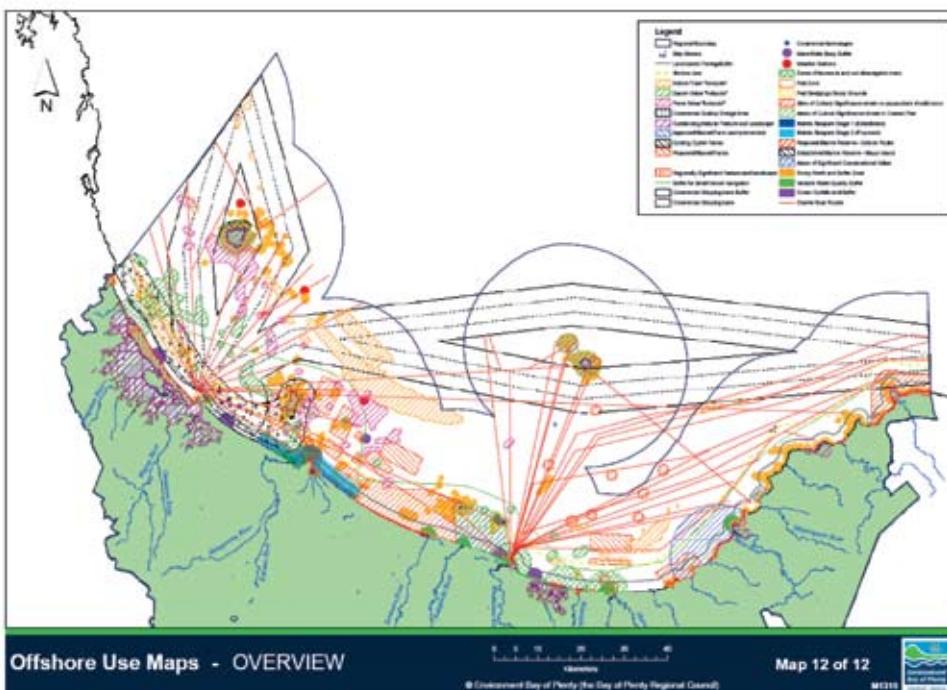
确定地点的注册鲑鱼场 (+)，每个点周围半径一个潮程区域加阴影。标签是指每个管理区。

来源：苏格兰行政部门（2000年）

- 图1 普伦蒂湾海水养殖场
- 图2 导航
- 图3 重要养殖区
- 图4 生态价值
- 图5 海洋哺乳动物保护缓冲区
- 图6 景观/舒适特征
- 图7 商业捕鱼努力量-底拖网
- 图8 商业捕鱼努力量-船曳网
- 图9 商业捕鱼努力量-围网
- 图10 普伦蒂湾渔业-概况
- 图11 游钓
- 图12 普伦蒂湾概况

该湾小比例概况图清楚地显示对海洋区域的许多用途和要求。（图3.3）。

图 3.3  
概述图 12



来源: <http://www.ebop.govt.nz/Coast/Offshore-Use-Maps-consultation.aspx>

这些地图的重要用途之一是促进公众参与水产养殖规划过程，获得补充并更正草图。这需要通过问卷和公开的会议征求意见获得。

第二阶段是外海科学项目，正在努力确定普伦蒂湾水产养殖的生产力和可持续性，方法是调查生物物理参数以及水产养殖对环境的影响。

与普伦蒂湾同样目的但不同方式的测绘活动已由奥克兰区域委员会在新西兰中北部区域的奥克兰完成（2002年；无年份）。第一阶段确定并绘制制约跨地区研究区域未来养殖活动的现有资料。确定了三类领域：（1）“绝对约束”区，海水养殖被认为不适当，（2）当前海水养殖活动扩大或移动的“有限机会”区，以及（3）“机会”区，明显展示存在低层次的制约因素，因此应进行更详细调查（第2阶段研究区域）。

例如, 第一阶段进程确定凯帕拉港的一个区域值得进一步研究。图3.4a显示第一阶段评估确定的凯帕拉港内限制因素的分布。

报告指出，需要更详细的第二阶段研究，因为信息是在跨区域范围收集的，可能在较大规模不准确。此外，第一阶段的一些信息是定性而非定量信息，一些信息遗失。但调查结果是，第一阶段的制图成果（图3.4b）表明，在建议的被大体确定限制因素的AMA中没有重叠区，唯一例外是视觉舒适缓冲区。因此，开始第二阶段调查，收集更多有关限制和机会的信息，并更详细核实初始第一阶段的结果。具体来说，对贻贝和牡蛎养殖适宜性进行了评估，同时考虑自然和生态要求和限制、导航和安全要求以及自然特征（视觉舒适部分）。

图 3.4A  
针对第一阶段评估过程中确定的限制海水养殖背景的拟议AMA

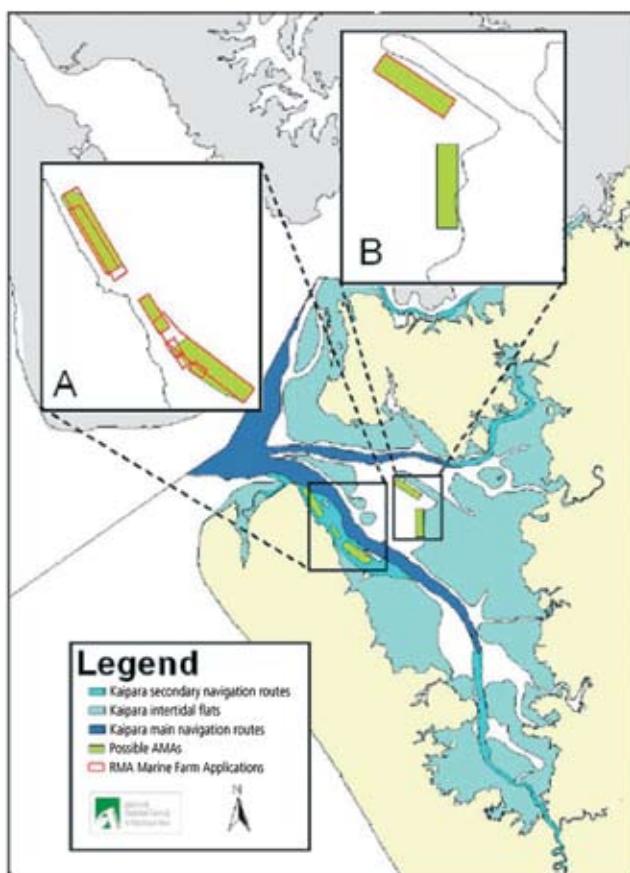


来源：奥克兰区域委员会（无年份）

为在西班牙安达卢西亚地区寻求海水养殖的有序和可持续发展，渔业和水产养殖总局进行了基于GIS的研究，以确定近900千米海岸线沿海海域适合养殖的区带（Macias-Rivero, Castillo y Rey, and Zurita, 2003年）。目标是促进私营部门的行动，并将该地区每个省的海洋空间利用状况通知有关政府机构。由于在公共海域有越来越多对水产养殖地点的申请，陆上和近海海水养殖快速增长，因此迅速开展了这项研究。方法是确定与行政管辖不相容的区域。除以前的标准外，有12个标准：

- 水深
- 港口设施
- 码头航行区
- 采矿区
- 受保护的生境
- 排污口及排水渠
- 海底电缆
- 旅游区
- 考古区

图 3.4B  
凯帕拉港主要和次要航线



注：加入“A”显示养殖贻贝区域以及要进一步考虑的可能AMA。加入“B”显示牡蛎养殖区以及要进一步考虑的可能AMA。

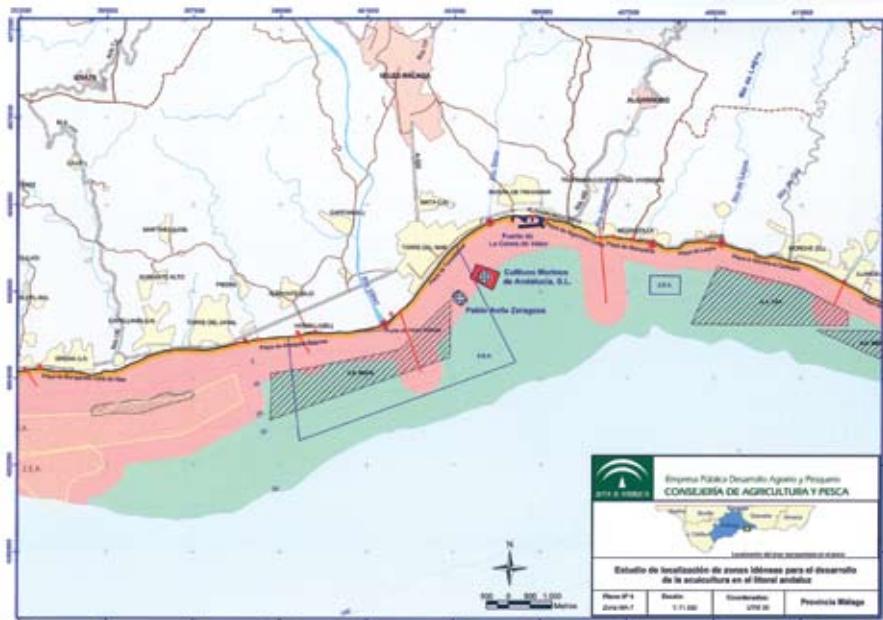
来源：奥克兰区域委员会（无年份）

- 水产养殖设施、人工鱼礁和迷魂阵
- 船舶残骸
- 军用区域

根据要考虑的标准的兼容度，区分了3种区带：（1）适宜区带（没有不相容），（2）限制区带，以及（3）拒绝区带（水产养殖与已有的用途不相容）。这一结果形成了利用沿海开展水产养殖适宜性地图集。按小比例概况图介绍了每个省的情况，显示更详细的覆盖范围的地图，以及在地理构成方面（例如海滩）与整个地区相比较的该省沿海距离的描述页。每张详图（图3.5a）附带有关沿海部分利用情况的描述页。此外，概括地描述了单一水产养殖设施的情况，例如港口特征以及港口设施的空中摄影图或平面图（图3.5b）。

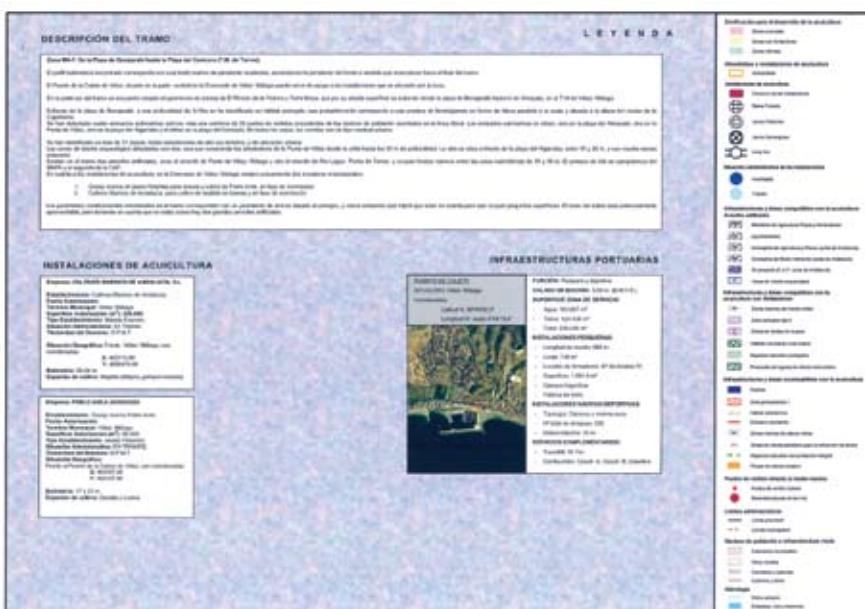
总体上，从竞争利用的角度，约34%的沿海区域被分类为适宜开展海水养殖，但作者预测，如果考虑环境条件，这一区域的可持续性将降低。

图 3.5A  
为发展西班牙马拉加省沿海水产养殖进行选址研究, 以找出潜在区带



来源: 马西亚斯-韦罗、卡斯蒂略·雷伊和苏里塔 (2003年)

图 3.5B  
西班牙马拉加省单个水产养殖设施、港口设施航空照片和平面图



来源: 马西亚斯-韦罗、卡斯蒂略·雷伊和苏里塔 (2003年)

### 3.1.3 用于水产养殖实践和管理的制图

本节的例子涉及基于互联网的水产养殖信息系统。乔丹娜 (Jordana) (2004年) 描述的关于西班牙加泰罗尼亚地区的工作具有特别意义。其涉及整合各种数据和信息, 以便在渔业和海洋事务总局内确立渔业和海水养殖信息系统。可通过服务器获得地图 (<http://www.gencat.net/darp/c/pescamar/sigpesca/csig25.htm>)。

纽芬兰和拉布拉多水产养殖地理信息系统 – AquaGIS (2006年) 是基于因特网的收集、处理和分发水产养殖信息的综合系统 (<http://www.aquagis.com>)。凯匹特斯基 (2004年) 已对其进行了广泛的审议, 因此本文只提供简要的背景概述, 并主要介绍此后的功能演进。

支撑AquaGIS的项目开始于1997年。由于水产养殖许可的批准程序涉及20多个部门, 该系统分享需要的信息。由于水产养殖的一个重要部分是空间, GIS成为该系统的重要部分。AquqGIS整合了多个政府部门的数据, 目的是容易获得、对使用者的低成本以及维护要求低, 并在每个部门帮助下提供最新信息。其广泛目的是服务于地区经济、财政和环境规划活动, 用户为水产养殖业和政府机构。具体而言, AquaGIS的主要重点是便利于申请。该网站的从动部分包含提供给养殖者的没有限制以及不要求用户名和密码的信息。AquaGIS提供三种服务: (1) 制图, (2) 提交以及 (3) 信息。帮助页面显示每种服务内的功能 (图3.6a)。

制图服务包含2个地图浏览器, 一个显示水产养殖地点、地点界限和全省的社区。地点按养殖产品类型区分 (图3.6b)。另一个浏览器基于南部沿海区域水产养殖的GIS。图3.6c显示可以进入南部沿海区域水产养殖的GIS分层。

信息服务提供了按物种的站点情况, 每个站点包含水产养殖企业的基本信息以及与养殖地点地图的链接, 显现与制图服务同样的视窗 (图3.6d)。输入不同信息, 例如地点和企业名, 也可进行地点和水产养殖申请搜索。南部沿海新的GIS数据库被设计为能够使目前和将来的养殖者评估适宜性, 并收集关键的生物物理科学数据。这反过来要求提供完成水产养殖申请所需的广泛信息。但根据科林·泰勒 (Colin Taylor) (私人通信, 2006年) 的意见, 企业的参与者没有利用地点分析能力, 没有作为优先领域并被搁置。

提交服务有一个网页来提交对某个水产养殖地点、新闻条目和链接的意见。

作为NOAA国家海洋水产养殖所的一部分, 伍兹霍尔海洋所海洋政策中心 (2003年) 开发了在因特网上的几项互动功能, 其中一项互动功能是“地点适宜性模化程序” (SSMP)。SSMP可用于在经济和环境参数以及其他用途方面比较水产养殖地点。SSMP的数据层见图3.7。该图显示了与邻近海域商业捕捞净收益有关的水产养殖地点的潜力。

图 3.6A  
来自帮助网页的AquaGIS服务概览

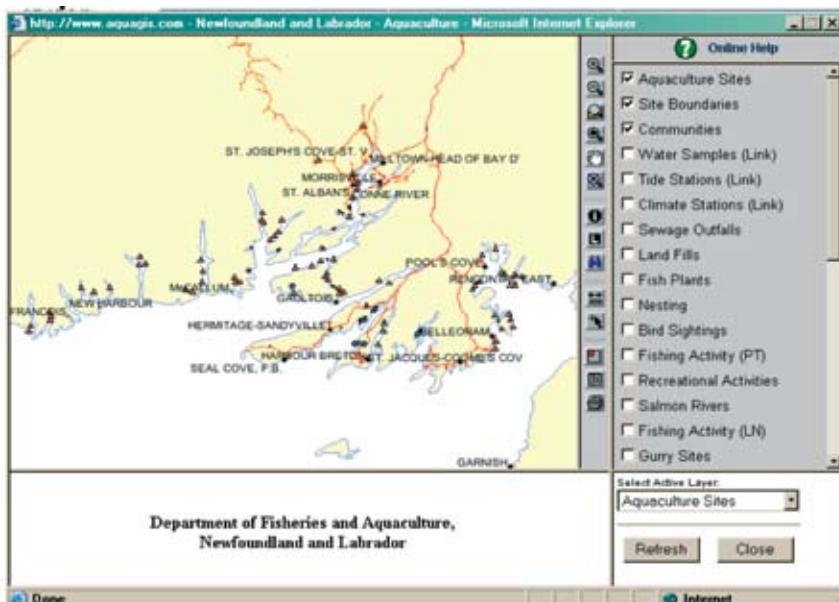
<p><b>Mapping</b></p> <table border="0" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 50%; vertical-align: top;"> <a href="#">Map Browser</a>  <a href="#">Ice Map</a>  <a href="#">Weather Map</a>  <a href="#">Catalogue</a>  <a href="#">Data Quality</a>  <a href="#">Downloads</a> </td> <td style="width: 50%; vertical-align: top;"> <a href="#">Load the Map Browser</a>  <a href="#">View Current Ice Edge/Median Ice Conditions</a>  <a href="#">Current Weather Map and Forecasts</a>  <a href="#">AquaGIS Spatial Data Catalogue</a>  <a href="#">AquaGIS Data Quality Statement</a>  <a href="#">Download Maps and Spatial Data</a> </td> </tr> </table>	<a href="#">Map Browser</a> <a href="#">Ice Map</a> <a href="#">Weather Map</a> <a href="#">Catalogue</a> <a href="#">Data Quality</a> <a href="#">Downloads</a>	<a href="#">Load the Map Browser</a> <a href="#">View Current Ice Edge/Median Ice Conditions</a> <a href="#">Current Weather Map and Forecasts</a> <a href="#">AquaGIS Spatial Data Catalogue</a> <a href="#">AquaGIS Data Quality Statement</a> <a href="#">Download Maps and Spatial Data</a>	<p><b>Information</b></p> <table border="0" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 50%; vertical-align: top;"> <a href="#">Application</a>  <a href="#">Site/Grower</a>  <a href="#">Site Analysis</a>  <a href="#">Reports</a>  <a href="#">News</a>  <a href="#">Contact List</a> </td> <td style="width: 50%; vertical-align: top;"> <a href="#">Search and Review Aquaculture Applications</a>  <a href="#">Search and Review Aquaculture Sites</a>  <a href="#">Analyze sites for Aquaculture Suitability</a>  <a href="#">View Available Reports and Create Custom Reports</a>  <a href="#">View Current and Previous News</a>  <a href="#">List of Contacts Relevant to Aquaculture Licensing</a> </td> </tr> </table>	<a href="#">Application</a> <a href="#">Site/Grower</a> <a href="#">Site Analysis</a> <a href="#">Reports</a> <a href="#">News</a> <a href="#">Contact List</a>	<a href="#">Search and Review Aquaculture Applications</a> <a href="#">Search and Review Aquaculture Sites</a> <a href="#">Analyze sites for Aquaculture Suitability</a> <a href="#">View Available Reports and Create Custom Reports</a> <a href="#">View Current and Previous News</a> <a href="#">List of Contacts Relevant to Aquaculture Licensing</a>	<p><b>Submission</b></p> <table border="0" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 33%; vertical-align: top;"> <a href="#">Site Comment</a>  <a href="#">Add News</a>  <a href="#">Add Link</a> </td> <td style="width: 33%; vertical-align: top;"> <a href="#">Site Comment</a>  <a href="#">Add News</a>  <a href="#">Add Link</a> </td> <td style="width: 33%; vertical-align: top;"> <a href="#">New User</a>  <a href="#">Modify User</a>  <a href="#">Change Password</a>  <a href="#">Logout</a> </td> </tr> </table> <p><b>Registration</b></p> <table border="0" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 33%; vertical-align: top;"> <a href="#">New User</a> </td> <td style="width: 33%; vertical-align: top;"> <a href="#">Modify User</a> </td> <td style="width: 33%; vertical-align: top;"> <a href="#">Change Password</a> </td> </tr> </table> <p><b>Utilities</b></p> <table border="0" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 50%; vertical-align: top;"> <a href="#">Conversion</a> </td> <td style="width: 50%; vertical-align: top;"> <a href="#">Location Map</a> </td> </tr> </table>	<a href="#">Site Comment</a> <a href="#">Add News</a> <a href="#">Add Link</a>	<a href="#">Site Comment</a> <a href="#">Add News</a> <a href="#">Add Link</a>	<a href="#">New User</a> <a href="#">Modify User</a> <a href="#">Change Password</a> <a href="#">Logout</a>	<a href="#">New User</a>	<a href="#">Modify User</a>	<a href="#">Change Password</a>	<a href="#">Conversion</a>	<a href="#">Location Map</a>
<a href="#">Map Browser</a> <a href="#">Ice Map</a> <a href="#">Weather Map</a> <a href="#">Catalogue</a> <a href="#">Data Quality</a> <a href="#">Downloads</a>	<a href="#">Load the Map Browser</a> <a href="#">View Current Ice Edge/Median Ice Conditions</a> <a href="#">Current Weather Map and Forecasts</a> <a href="#">AquaGIS Spatial Data Catalogue</a> <a href="#">AquaGIS Data Quality Statement</a> <a href="#">Download Maps and Spatial Data</a>													
<a href="#">Application</a> <a href="#">Site/Grower</a> <a href="#">Site Analysis</a> <a href="#">Reports</a> <a href="#">News</a> <a href="#">Contact List</a>	<a href="#">Search and Review Aquaculture Applications</a> <a href="#">Search and Review Aquaculture Sites</a> <a href="#">Analyze sites for Aquaculture Suitability</a> <a href="#">View Available Reports and Create Custom Reports</a> <a href="#">View Current and Previous News</a> <a href="#">List of Contacts Relevant to Aquaculture Licensing</a>													
<a href="#">Site Comment</a> <a href="#">Add News</a> <a href="#">Add Link</a>	<a href="#">Site Comment</a> <a href="#">Add News</a> <a href="#">Add Link</a>	<a href="#">New User</a> <a href="#">Modify User</a> <a href="#">Change Password</a> <a href="#">Logout</a>												
<a href="#">New User</a>	<a href="#">Modify User</a>	<a href="#">Change Password</a>												
<a href="#">Conversion</a>	<a href="#">Location Map</a>													

来源: <http://www.aquagis.com>

图 3.6B  
AquaGIS图浏览器显示的水产养殖地点、地点界限和社区

来源: <http://www.aquagis.com>

图 3.6C  
AquaGIS图浏览器显示的在南部沿海区域水产养殖GIS可评估的分层



来源: <http://www.aquagis.com>

## 3.2 海水养殖中遥感的应用

### 3.2.1 遥感应用概述

遥感是收集和分析研究区域或生物的数据，数据完全来自测定设备，例如下水层的侦测仪器、航空器或卫星（粮农组织，2006b）。

凯匹特斯基和卡蒂（Caddy）（1985年）、穆尼汉（Mooneyhan）（1985年）以及特拉维格里亚（Travaglia）和阿珀尔卡普（Appelkamp）（1985年）在早期意识到遥感在渔业和水产养殖的潜力，并加以推进。此后，证明了遥感数据在海水养殖发展和管理中具有许多用途，但对数据的根本特征重视不够，原因是数据通常成为以GIS为基础的研究层次。遥感数据的重要性和变化在第5节的数据可获得性中包括。在该节中介绍了历史例证，其中遥感数据在地点选择中占主要地位，也提出了实时遥感在海水养殖管理中发挥的关键作用的其他例证。

历史上，由于缺乏数字图，或可以数字化的常规图，来自卫星或航空遥感的数据通常用于沿海养殖的GIS基础图，例如制图3.1节展示的印度尼西亚的例子。另一个应用例证是确立土地和水资源利用以及土地覆盖和水下分层的战略规划和地点选择（Kapetsky, McGregor and Nanne, 1987年）。利用合成孔径雷达（SAR）卫星传感器“全天候”观察为管理和规范沿海水产养殖提供最新详细目录和监测（例如Travaglia *et al*, 2004年），是以应用为特征的GISFish的典型研究。更有力的是，遥感还应用于监测沿海水质，特别是在威胁养殖生物的

图 3.6D  
来自AquaGIS的水产养殖地点概况和相应位置图

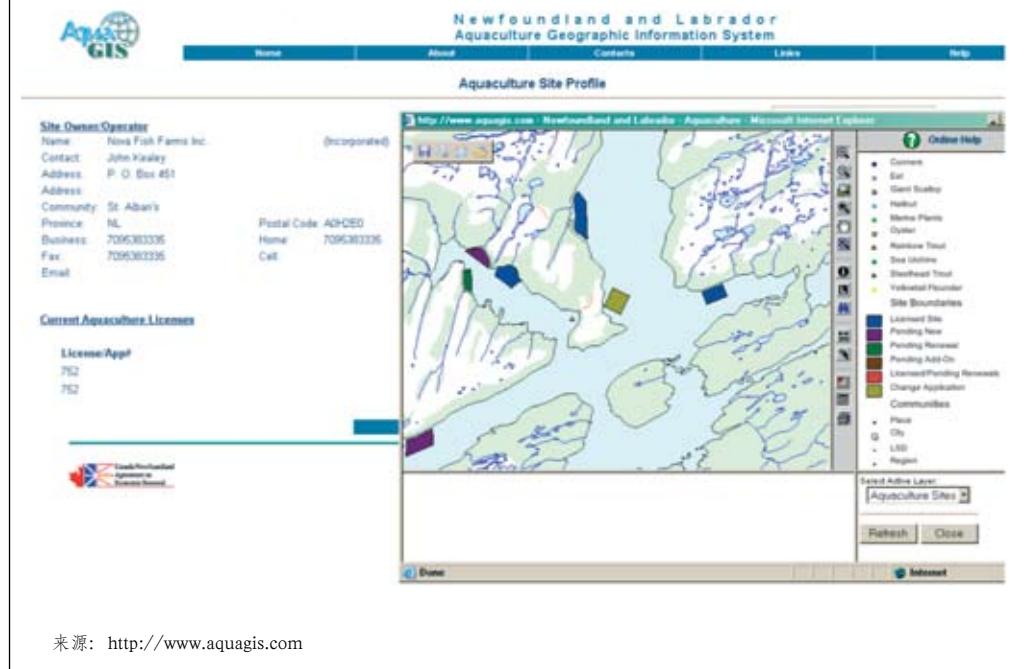


图 3.7  
地点适宜性模拟程序

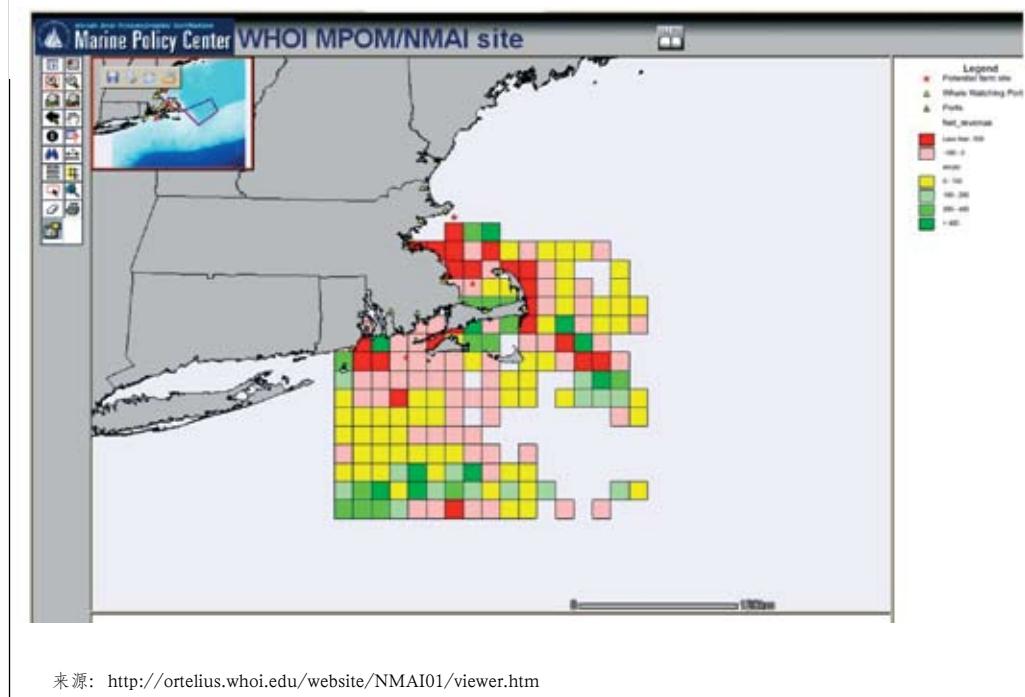


表 3.2  
按主要问题排列的遥感在海水养殖应用的概况

作者	年份	主要问题	国家	物种
<b>用于水产养殖发展的遥感</b>				
科德和诺尔特	1988	地点适宜性和区划	美国	牡蛎
<b>用于水产养殖实践和管理的遥感</b>				
凯尼恩、凯尼恩和华甘	1988	水产养殖和环境详细目录和监测	挪威和瑞典	鲑
特拉维格里亚等	2004	水产养殖和环境详细目录和监测	菲律宾	鱼类
罗德里格斯-贝尼托、哈格和伊威尔	2004	水产养殖和环境详细目录和监测	智利	鲑
范德尔·沃尔德等	2005	水产养殖和环境详细目录和监测	荷兰	贝类
伍兹霍尔海洋所有害藻华国家办公室	2006	水产养殖和环境详细目录和监测	美国和全球	鱼类和贝类

“赤潮”方面，或通过含有毒素（例如贝类）的养殖动物对人的间接危险。应用于地点选择和区划的其他“实时”或“气候学类型”包括水面温度、浪高和水流。声学波长遥感是在海水养殖中的另一类应用，用于评估网箱中有机碎屑的累积（Hughes Clark, Wildish and Duxfield, 2002年）。

本节的目标是提供在不同应用情况下遥感在海水养殖中的演进概况。表3.2中概要了利用情况。

### 3.2.2 用于水产养殖发展的遥感

#### 战略发展规划

在规划海水养殖中最早利用遥感的一个例子美国阿拉斯加东南部沿海（Cordell and Nolte, 1988年；米登和凯匹特斯基作为典型研究的总结，1991年）。目标是展示在难以到达的遥远区域遥感可以是成本有效的。该研究旨在预测牡蛎养殖潜力。

作者寻求环境变化信息，包括海面温度、悬浮沉积物（浑浊度）、水色（浮游植物浓度）、海冰、浅水深度（水透明度）、海况（波向、波长）、土地利用（限制，例如污染）以及海面植物（海带）。

利用了6种来源的数据，包括大地卫星、SPOT、高级甚高分辨率辐射计（AVHRR）、热容绘图团、海岸带彩色扫描仪和阿拉斯加高原航空摄影的红外卫星图。后者被证明为是最为成本有效的数据来源。采用视觉和光谱分析来得到结论。

在研究区域内给4个生产因素打分（表3.3）。作者指出，应当考虑几个额外因素，包括附近的海洋野生生物生境、地点的温度、与现有和可预见的土地利用的冲突以及附近的淡水流出的情况。

表 3.3  
显示牡蛎养殖适宜性的地点选择矩阵

	区域规格	平均深度	海况	海冰	隐蔽处	总分
布莱斯克岛	3	4	3	3	3	16
斯蒂金海峡	2	1	1	3	1	8
阿妮塔湾	3	2	4	3	2	12
加德斯基湾	3	4	4	2	3	18
因素得分						
1. 区域规模	1 = < 1 公顷					
	2 = 1到2公顷					
	3 = > 2 公顷					
2. 平均深度	1 = < 5米或 > 20米					
	2 = 20 到15米					
	3 = 15 到10米					
	4 = 10 到5米					
3.浑浊度:	1 = 中等 (夏季)					
	2 = 低等 (夏季)					
	3 = 微小 (夏季)					
	4 = 无浑浊 (夏季)					
4. 海冰	1 = 冬季海冰					
	2 = 可能的海冰					
	3 = 没有观察到海冰					
5. 隐蔽处	1 = 偶尔可能在开阔海域: 保护两侧					
	2 = 很少在开阔海域: 保护三侧					
	3 = 保护四侧					

来源: 科德和诺尔特 (1988年)

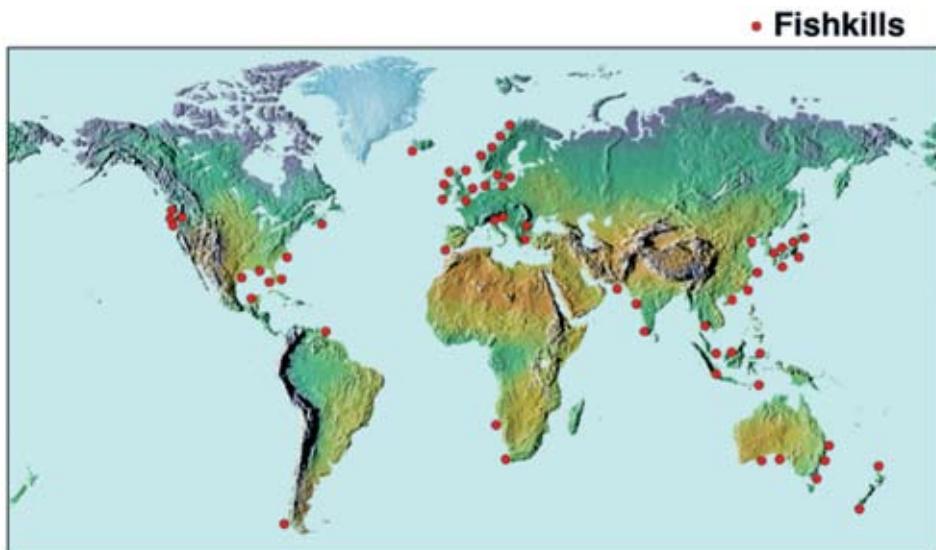
### 3.2.3 用于水产养殖实践和管理的遥感

#### 水产养殖和环境详细目录和监测

有害藻华 (HAB) 被界定为藻类增殖到有害、有毒或对其他生物有明显致命影响的程度 (van der Woerd *et al.*, 2005年)。鱼类和无脊椎动物都直接受与有害藻类的某些种类有关系的毒素影响, 而在藻华减少期间消耗氧气间接影响其他水生生物。重要的是注意到, 受到影响的生物不仅是鱼类和无脊椎动物。相反, 通过直接接触或消费富集有害毒素的贝类, HAB对人有害。例如, 根据霍格兰 (Hoagland)、凯特-鲍威尔 (Kite-Powell) 和林 (Lin) (2003年) 的报告, 1987年灾难性的有害藻华造成129起记忆丧失的贝类中毒和2人死亡, 导致加拿大东部爱德华王子岛贻贝产业暂停1年, 波及整个美国东北部市场的生产者和加工者。由于HAB对沿海重要的休闲和旅游区经济影响巨大, 对人类的影响引起了比对渔业和海水养殖更多的注意。然而, 世界各地有大量活动旨在探测和预报HAB, 对海水养殖有直接或间接好处。例如, 伍兹霍尔海洋所有害藻华国家办公室 (美国) 与NOAA合作的因特网网站 (2006年), 提供了HAB发生的背景资料和图示, 其中一些有关鱼类和贝类 (<http://www.whoi.edu/redtide/index.html>) (图3.8a和3.8b)。

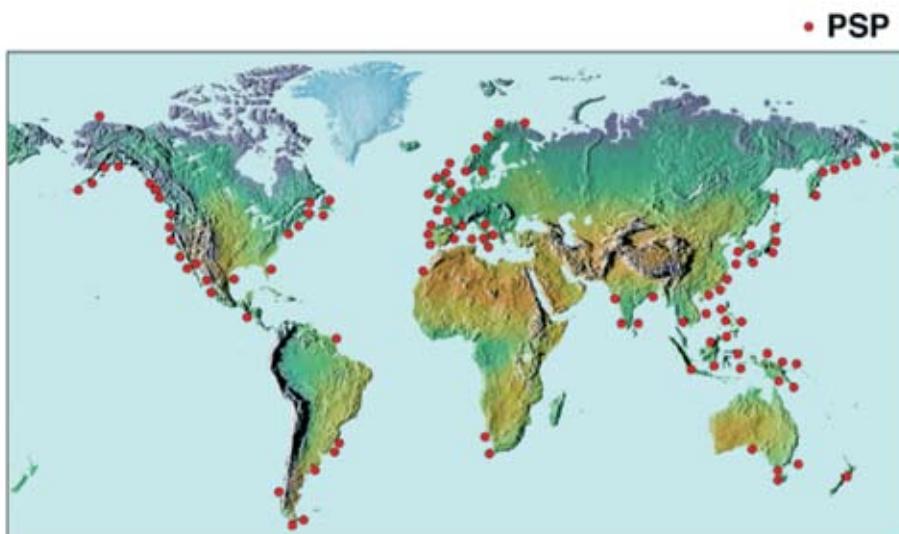
约翰尼斯 (Johannessen)、约翰尼斯和霍甘 (Haugan) (1988年) 描述了海水养殖中实际应用机载卫星遥感最早的情况之一, 并由米登和凯匹特斯基 (1991年)

图 3.8A  
鱼类死亡



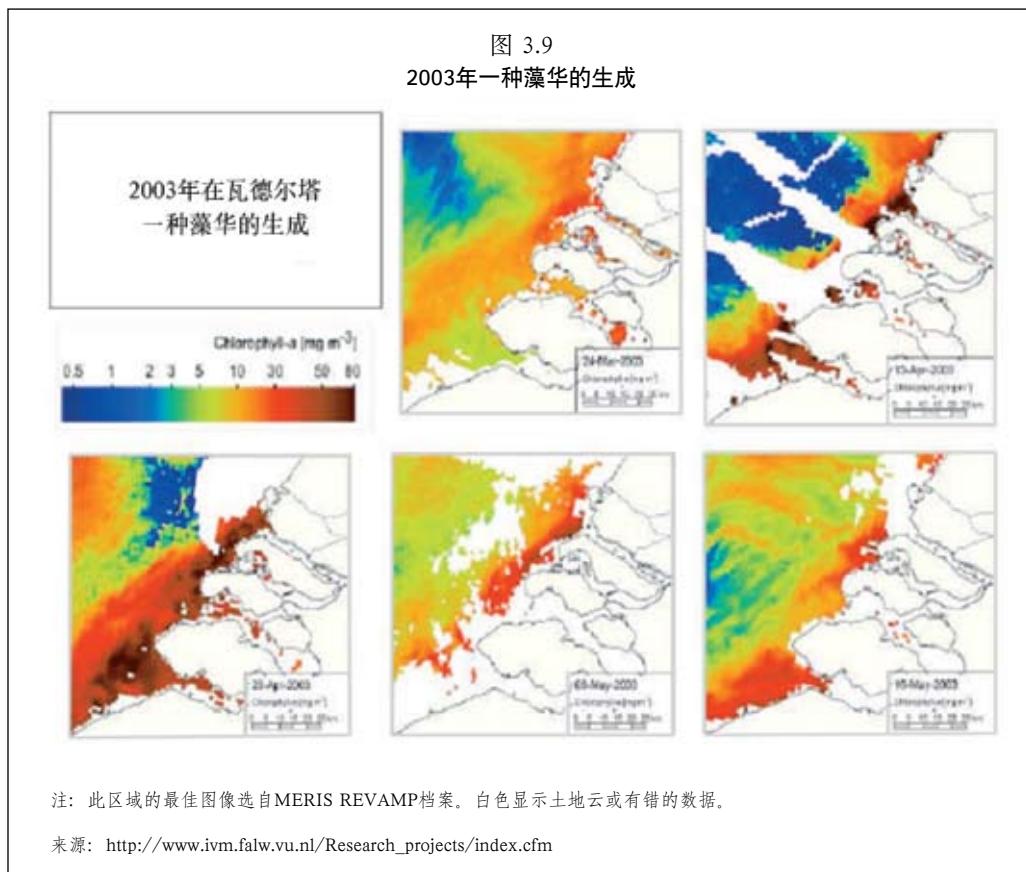
来源: [http://www.whoi.edu/redtide/HABdistribution/fishkills\\_worldmap\\_2005.gif](http://www.whoi.edu/redtide/HABdistribution/fishkills_worldmap_2005.gif)

图 3.8B  
麻痹性贝毒



来源: [http://www.whoi.edu/redtide/HABdistribution/PSP\\_worldmap\\_2005.gif](http://www.whoi.edu/redtide/HABdistribution/PSP_worldmap_2005.gif)

作为典型研究进行了归纳。从瑞典到挪威随着HAB的移动对其进行了4周的侦察和监测。利用一架飞机上侧视机载雷达和另两架飞机上的红外传感器侦察海面。海面显示藻华随着温水推进。AVHRR也被用来估计海面温度。海水抽样显示海面和HAB推进之间的相互关系。如海上平静，可从飞机上发现浮游生物。HAB造成野生和养殖鱼类重大死亡和巨大经济损失；然而，由于定期遥感监测和预测采用的水环境模式，约200家养殖场，主要是鲑鱼养殖场，可在HAB到达前疏散到安全区域。



范德尔·沃尔德 (Van der Woerd) 等 (2005年) 描述了由荷兰实施的一个项目，旨在结合就地取样、模拟和遥感的信息来预测球形棕囊藻 (通过耗氧影响贝类的藻类) 发生藻华的情况。许多有害藻类事件来源于在外海产生并被运送到近海的藻华，造成了危害。因此，如果在外海地点能通过遥感观察藻华以及能预测其运送模式，对这类有害藻类事件的可靠预测是可能的。卫星遥感的作用是侦察叶绿素-a 水平的提高以及藻华特征 (规模、生长、运送)。尽管可以发现生物量空间和时间演化情况，但没有物种或毒性的明确信息。该项目的目的是使用欧洲ENVISAT卫星上的MERIS (分辨率成像分光仪) 充分观测藻华。

该项目区位于北海南部的瓦德尔塔，是世界上最富营养的海洋系统之一。高生物量藻华与富营养化有关联 (图3.9)。大型河流，例如莱茵河和默兹河，以及其他较小的河流注入相对浅的陆架海，封闭于大不列颠及北爱尔兰联合王国和欧洲大陆之间。除此之外，由于气候变化。预计的西北欧降雨量模式变化将导致冬季沿海区域注入的水量和营养物增加。因此，由于冬季和春季河流径流增加，预测藻华增加。这种情况产生了对一个区域出现藻华的预测，该区域由于2001年事件损失了养殖的贻贝，预计损失为2000万欧元。该项目的目标是提供每周两次的预警公告，总结前3天的藻类空间发展，并进行后5天预测。在这方面，报告了截止到2003年的结合遥感、生物物理模型进行检测的情况。在后报告和实地观察之间有良好吻合。作者确信，如果接近实时的遥感预测系统付诸实施，将提供优于只根据实地取样的现有系统。

智利是世界上养殖鲑鱼的领先国家之一，鲑鱼养殖是该国南部最重要的活动之一。自1972年起，有害藻华成为造成经济损失的日益严重的问题。因此，预测藻华被看作是减少损失的重要举措。

罗德里格斯-贝尼托·哈格 (Rodriguez-Benito Haag) 和阿尔维儿 (Alvial) (2004年) 描述了一个项目，该项目按下列目标实施，证明采用MERIS和先进的跟踪扫描辐射计 (AATSR) 卫星图像，可遥感预测浮游植物藻华事件。证明利用这些数据来源可发现裸甲藻藻华。藻华降低溶氧，造成鲑鱼死亡。

总体而言，比较实地测定温度和叶绿素以及空间观察的情况，获得了好的结果。SST数据的相互关系高于96%，总浮游植物叶绿素高于86%。

### 3.3 海水养殖中应用地理信息系统

我们的做法是审议根据养殖的生物 (贝类) 种类的应用情况，或采用的养殖结构 (网箱)，因其均有自己的特定空间问题和解决办法。采用这一方法使我们能够说明与特定问题和生物有关的GIS演变，有时在同一地理区域还进行连续研究。

为明确起见，我们使术语标准化。在标准方面，有两种一般类型：(1) 在考虑范围的特定利用的适宜性生产要素增强或降低的变数。因此，对其进行持续规模的测量，以及(2) 与此相反的限制，将限制区域归为布尔数学体系类别，例如“适宜”或“不适宜”。

#### 3.3.1 海水网箱中引入地理信息系统

贝弗里奇 (Beveridge) (2004年) 已广泛论述了网箱养殖。由于养殖产品的相对高成本，网箱养鱼是重要的。

要考虑在近岸区确定空间分析的类别。从地理角度看，取决于网箱准备放置在近海或外海，几种有关的分析是恰当的。近海设施要考虑网箱养殖场的视觉影响，并要处理陆源污染的水质以及养殖场废物对局部环境的影响。外海设施较少涉及这类分析，因其通常不在岸上视野范围内以及外海水交换量更大。与此相反，近海和外海地点有以下共同分析类型：(1) 一般或特定设计的网箱近海或外海选址或分区，(2) 岸上支持设施的地点，以及(3) 从岸上设施到外海设施的时间、距离和水上 (或空中) 的可靠性。

重要性的另一个标准是固定 (锚泊)。网箱地点的固定结构，必须基于深度、不同底层材料的锚泊特性以及斜坡基础进行评估。非固定网箱，例如葛蒂 (Goudey) (1998年) 预测的海洋漂流网箱，将在很大程度上取决于水流和涡旋，以维持适宜养殖生物的环境条件。因此，预测网箱位置和主要海况成为“动态”网箱选址的重要方面。

应用情况被分为三个主要问题类别，在表2.1.和表3.4的应用概要中显示了子类别。

## 用于海水网箱养殖发展的GIS

### 地点和区划的适宜性

本节介绍的应用情况从满足生物和养殖系统的具体需求的水产养殖选址到满足水产养殖要求并与在分区中占主要地位的其他用途融合。沿海水产养殖地点选择中应用GIS由罗斯 (Ross)、门多萨 (Mendoza) 和贝弗里奇 (1993年) 对苏格兰小湾 (20公顷) 鲑科鱼网箱养殖作为例证进行了审议。他们分析了在预测的波高方面测深、海流和暴露的情况, 还考虑了水质参数, 包括溶氧、温度和盐度, 但前两类在养殖点没有限制, 没有进行进一步分析。以不同方式将点数据以内插值替换。在每个因素内采用计分系统, 但在因素之间未应用正式的加权系统。该湾1.26公顷的面积适合网箱养殖。与GIS结果相比, 专家小组对该湾适宜的几个点提出了建议。对GIS结果和专家的意见进行了广泛比较。作者指出了大量的错误来源, 包括数据不准确、生产函数 (即因素) 的选定和其时间及空间变化、采用的分析方法以及对采用的空间模型的限制。最后, 在分析方法方面, 他们说明了因素的分析顺序如何导致不同结果, 从而影响决策。

古纳尔格卢等对在土耳其黑海的叙尔梅湾水下10到20米网箱养殖的虹鳟进行了选址 (2005年)。选择基于以下标准和范围: “如 $10 \leq \text{温度} \leq 15$ 和 $\text{盐度} \leq 19\%$ , 如 $10 \leq \text{流速} \leq 50$ ”。采用反距离权重和克里格方法比较, 插入实地观察值, 未发现显着差异。

有几个理由使外海设施的波候成为地点选择的重要因素。首先是风暴导致的彻底破坏的潜力, 第二是正常磨损以及主要波动导致的结构疲劳。第三个考虑是, 为外海点提供服务的船舶设计和操作。佩雷斯 (Pérez)、特尔弗 (Telfer) 和罗斯 (2003年) 论述了与西班牙特内里费岛外海网箱养殖金头鲷和狼鲈选址有关的前两个因素。该研究以两种方式利用GIS: 作为专题图的波浪环境特征的视觉目录以及产生不同商业网箱系统适宜性地图。

作者采用从特内里费周围15个点得到的数据来预测5年期间的平均和最大波高、波能和波向。采用聚类分析来确定与暴露率有关的四个波浪区。利用泰森多边形镶嵌技术, 生产平均及最大波高地图。然后重新归类这些地图, 并结合使用与三类商业网箱的波候特征设计有关的计分技术。结果是每类网箱的波浪适宜性地图 (图3.10)。

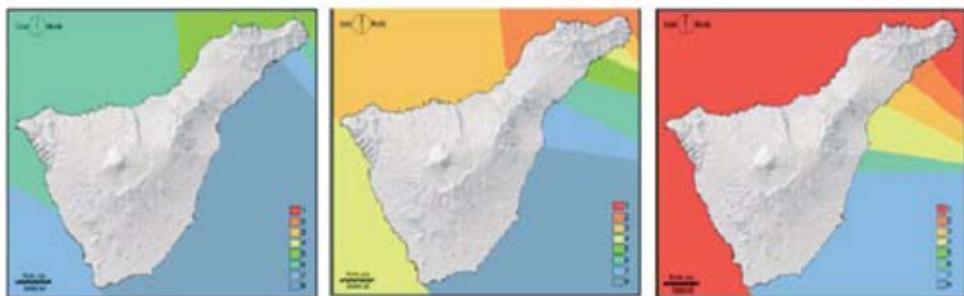
在水产养殖分区作为沿岸带管理的背景下, 对西班牙地中海沿岸的穆尔西亚地区海水养殖潜力进行了研究 (渔业和水产养殖服务, 2000年), 该地区已有9个网箱养鱼设施。从管理角度, 该研究受到来自于涉及沿海管理、旅游、沿海制图、环境和军事实体信息的影响。基础地图数据包括水深 (深度 $< 25$ 米)、人工渔礁、沉船、海洋保护区、港口、居住区和现有水产养殖设施以及正在批准中的设施。第一步是按三级绘制每个行政实体有关关切和标准的沿海地图: (1) 与其他所有用途一致的适宜水产养殖的区域, (2) 可能最终批准所要求的特征研究, 和 (3) 发展水产养殖不协调的区域。整合所有行政实体的关切产生以下类别的分区地图: 充足; 有保留的充足; 深度原因导致的不足; 从环境或军事角度

表 3.4  
按主要问题的网箱养鱼应用GIS概要

作者	年份	主要问题	国家	物种	软件	决策支持
<b>用于水产养殖发展的GIS</b>						
凯佩特斯基、麦格雷戈 和楠恩	1987	战略发展规划	哥斯达黎加	鱼类、贻贝、牡蛎	地球资源应用软件 (ELAS)	阈值w/o权重, 实地核查
凯佩特斯基	1989	战略发展规划	马来西亚	鱼类、贻贝	ERDAS (地球资源数据分 析系统) v. 7.2	阈值w/o权重, 实地核查
罗斯、门多萨和贝弗 里奇	1993	地点和区划适宜性	英国	鲱科鱼	用于PC的OSU-MAP	阈值w/o权重, 专家核查
渔业和水产养殖服务处 杨等	2000	地点和区划适宜性	西班牙	鱼类	未说明	阈值w/o权重
霍格兰、凯特-鲍威尔 和林	2003	战略发展规划 经济学	美国	鱼类	N/G	专家意见, 阈值w/o权重
佩雷斯、特尔弗和罗斯 佩雷斯、特尔弗和罗斯 格特纳	2003a 2003b 2004	地点和区划适宜性 地点和区划适宜性 地点和区划适宜性	西班牙 西班牙 丹麦	鲷和鲈鱼 N/A 虹鳟	Idrisi 32, Cartalinx 1.2 Idrisi 32.v1.1 ArcView 3.2, ArcView GIS 8.2	专家意见和MCE 专家意见和MCE 专家意见, 权重、实地核查
古纳尔格卢等	2005	地点和区划适宜性	土耳其	虹鳟	ArcInfo 8.0.2 和 ArcView 3.2	阈值w/o权重
佩雷斯、特尔弗和罗斯	2005	地点和区划适宜性	西班牙	鲷和鲈鱼	Idrisi 32 v 1.1, ERDAS 图像v8.3.1	专家意见、MCE和网箱承载能力预计
<b>用于水产养殖实践和管理的GIS</b>						
佩雷斯等 考内等	2002 2006	水产养殖的环境影响 水产养殖的环境影响	英国 英国	大西洋鲑 大西洋鲑	Idrisi 32 v. 1.1 Idrisi 32 加扩展	大西洋鲑颗粒废物分布, 实地核查 大西洋鲑颗粒废物分布模式, 实地核查
包括水产养殖的多领域规划和管理						
帕瓦司维克	2004	与土地和水域其他使用 一道规划水产养殖	克罗地亚	鲱科鱼和牡蛎	ArcView 3.2途径脚本	阈值和线性加权模型
张、佩奇和希尔	2005	与土地和水域其他使用 一道规划水产养殖	加拿大	大西洋鲑	MapInfo 7.0专业版	阈值w/o权重

图 3.10

(a) 海站, (b) 海洋材料和(c) 考拉塞网箱的波浪适宜性图



(a)

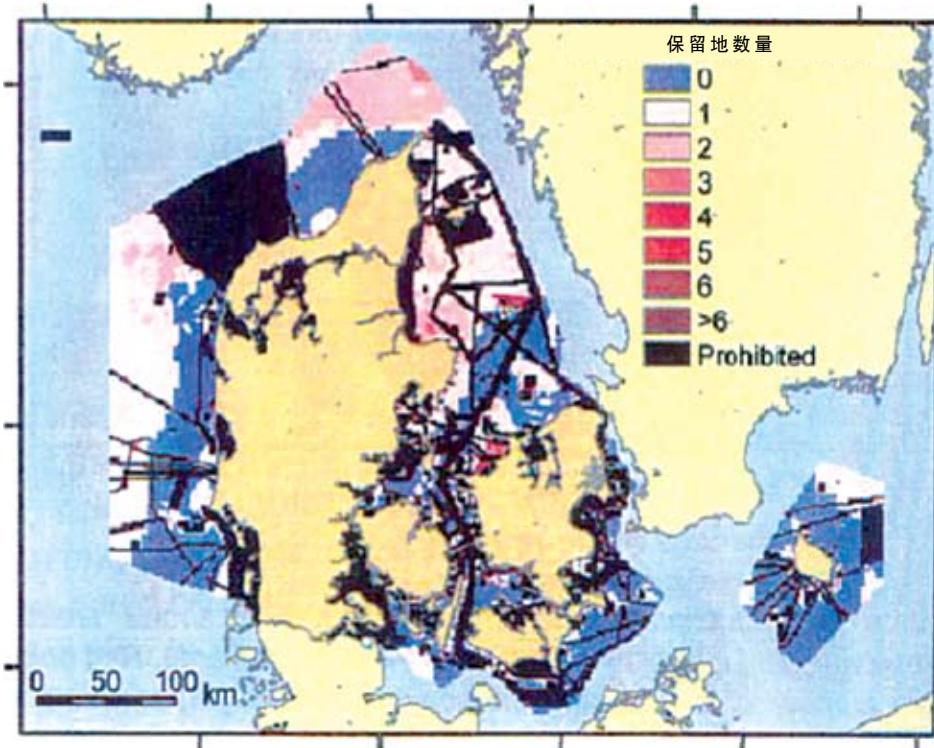
(b)

(c)

来源: 佩雷斯 (2003a)

图 3.11

保留地全图



注: 深蓝色显示没有保留地的区域。淡蓝色为已分析区域以外地区。红颜色显示从1(浅)到10(黑)的重叠主题。按一组显示7至10的保留地数目。黑色显示禁止进行海水养殖的区域。浅黄色显示丹麦和周边国家陆地区域。

来源: 格特纳 (2004年)

来看不符合；军事禁区。该研究作为结论强调，需要所有沿海利用者参与，以便有客观结果。

虹鳟海水网箱或铁丝网箱的放置由格特纳（Geitner）（2004年）进行了报道。这项研究是一项大范围研究努力的一部分，以澄清丹麦10万平方公里专属经济区未来海水养殖生产的前景，该研究由海水养殖委员会承担，该委员会由几个部委、钓鱼和海水养殖利益团体的代表和顾问组成。该委员会的任务是促进海水养殖，同时将对环境的影响最小化。

用于GIS的数据有两点考虑，（1）需要评估海水养殖活动：水深、温度、盐度、流速、浪高、潮汐高度，和（2）作为限制的竞争性利用（限制）或考虑（因素）：现有海水养殖、石油钻井平台、挖泥处置区、潜在和实际采矿区、污水排放、航线、管道和电缆、军事区、危险区、保护和保留区、生态敏感区和河口。

评分系统简单：在特定区域加上限制和考虑数。总之，评价了整个EEZ的约75%的面积，EEZ的约25%没有限制或考虑，因此适于网箱养殖（图3.11）。

参与该项目的海水养殖者证实，GIS确定了适宜区域相当于其先前认为的适宜区。

改善该模型的其他标准包括岸上设施到合适区域的距离、沙滩娱乐区、度假屋、捕鱼区、重要的考古区以及大型藻类的出现。为提高分析能力，作者建议了更复杂的加权系统。

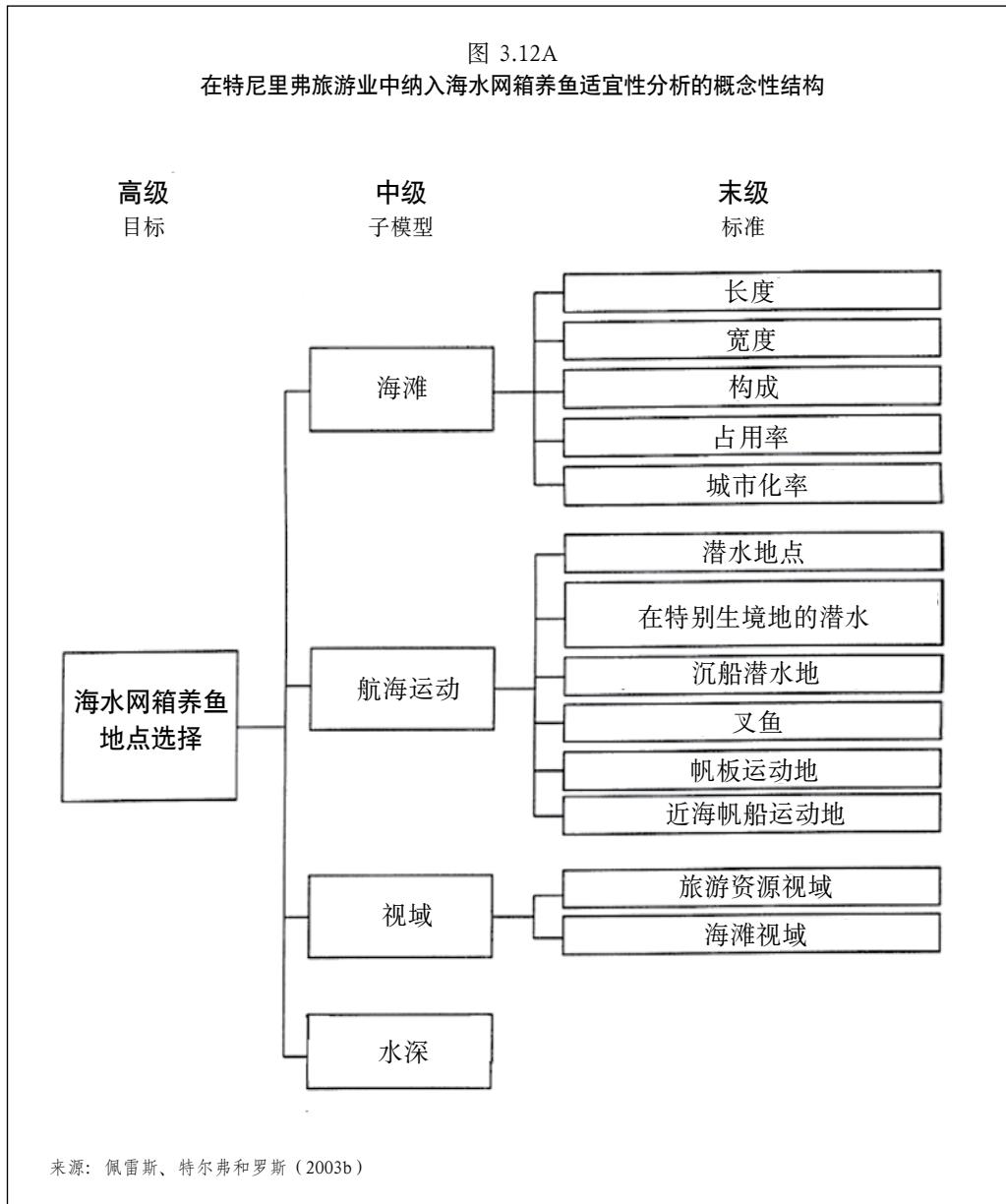
旅游业是加那利群岛特内里费岛的最重要经济领域。为此，佩雷斯、特尔弗和罗斯（2003年）对旅游业纳入海水网箱养鱼并共存的问题进行了评价。特内里费岛有开展海水养殖的大量优势，包括现成的市场、有利的温度和良好的水质，但缺乏土地和近海有隐蔽处的区域已用于其他用途。

作者采用层次进程将标准纳入子模型，包括海滩、海上运动和景观（图3.12a）。采用多准则评价技术对分模型内的标准计分和加权。这是有两个步骤的程序：（1）通过成对比较确定子模型内标准的相对重要性，和（2）对每个子模型进行加权。最后，产生全面评估的整合结果。

对近海网箱设施最重要的目标之一是对景观的负面影响。景观子模型特别用于处理这一因素。作为观测点，景观以与旅游业有关的海滩和著名建筑为基础。能看到潜在网箱地点的距离是2公里，按数字高程模型确定。

联合子模型的总体结果是，可用面积的46%（<50米）非常合适，另外的10%合适。

随后，同样的作者（Pérez, Telfer and Ross, 2005年）扩大了在特内里费的研究，为外海网箱通盘考虑了31项生产功能，目的是确立在岛屿环境中网箱选址的标准方法。这种应用经过仔细考虑的各类生产因素以及利用选址结果来预测网箱实际能力的作法值得注意。多重标准办法相似于其早先的论述。在3个重点组的决策者决定生产因素的相对重要性。每个重点组由具有不同实地经验的4人



组成。这3个组的构成是: (1) 在特内里费的西班牙海洋中心 (COC) 水产养殖部的水产养殖研究人员, (2) 在特内里费的海水鱼养殖者, 以及 (3) 大不列颠及北爱尔兰联合王国斯特灵大学水产养殖学院的博士、硕士和学生, 具有在海水养殖方面的经验。采用问卷调查来获得反馈。将生产因素排列为子模型, 包括7个因素和1个限制子模型, 图3.12b概要了每个子模型的权重。采用卫星遥感, 预测用于水质子模型的海面温度。

在228平方千米的可获得的面积中, 37平方千米被认为适合外海网箱。采用网箱规格、数量以及网箱养殖场之间距离的各种假设, 作者计算出特内里费可以支持多达22个养殖场, 每个养殖场12口网箱。反过来, 做出对每口网箱生产力和养殖鱼类市场的其他假设, 作者预测网箱养殖场总潜产量接近11000吨, 对该岛国内生产总值的贡献达0.5 %。

作者确定了该研究可以改进的部分，包括与网箱锚泊系统种类和增加成本有关的底部类型以及环境对鱼和饲料废物的同化能力。由于缺乏海流数据，该研究没有采用佩雷斯等（2002年）开发的颗粒分布模型（以下关于“水产养殖的环境影响”一节）。

### 战略发展规划

这里回顾的三个例子涉及预选址研究，结论是，由海水养殖的商业开发者，或负责分区的政府官员来对最有希望的地点进行进一步实地调查。在这方面，应用情况可被看作是有关战略发展规划的问题。相比之下，其他的例子涉及网箱养鱼，一个例子涉及海藻养殖。将这一例子放在这里的原因是海藻养殖需要在筏或延绳上的悬浮结构中进行。

在哥斯达黎加尼科亚湾推进利用GIS的最早的工作中（Kapetsky, McGregor and Nanne, 1987年），不仅针对网箱养鱼，还包括潮下和潮间带贝类养殖和池塘养虾。通过确定流行风和风暴方向以及基于风速和风区计算的波高，这项研究考虑了需要避风场以及网箱和筏表面损坏的影响。还考虑了与土地利用有关的附近海域安全、运输基础设施、盐度和水质。在平行研究中，雅凯（Jacquer）（1987年）分析了该湾的水质大地卫星图像。

该研究的结论是，研究结果意味着为总体规划目的的水产养殖的发展机会，要求进一步核实水和地面情况。改进的建议涉及更新和增加有关基础设施、水的物理和化学环境、土地用途和经济方面的生产要素。

在马来西亚柔佛州作为水产养殖发展可能性一部分的评估网箱养鱼潜力中考虑了基础设施、与土地利用有关的水质属性、水深、隐蔽处以及流速（Kapetsky, 1989年）。该研究采用的方法类似凯匹特斯基、麦格雷戈（McGregor）和娜内（Nane）（1987年）所采用的，但用于在理论和实际应用GIS方面培训政府官员以及对战略规划做出实际贡献。

杨（Young）等人（2003年）在美国夏威夷进行了以群岛为基础的开阔海域适宜网箱养殖的外海区域研究。

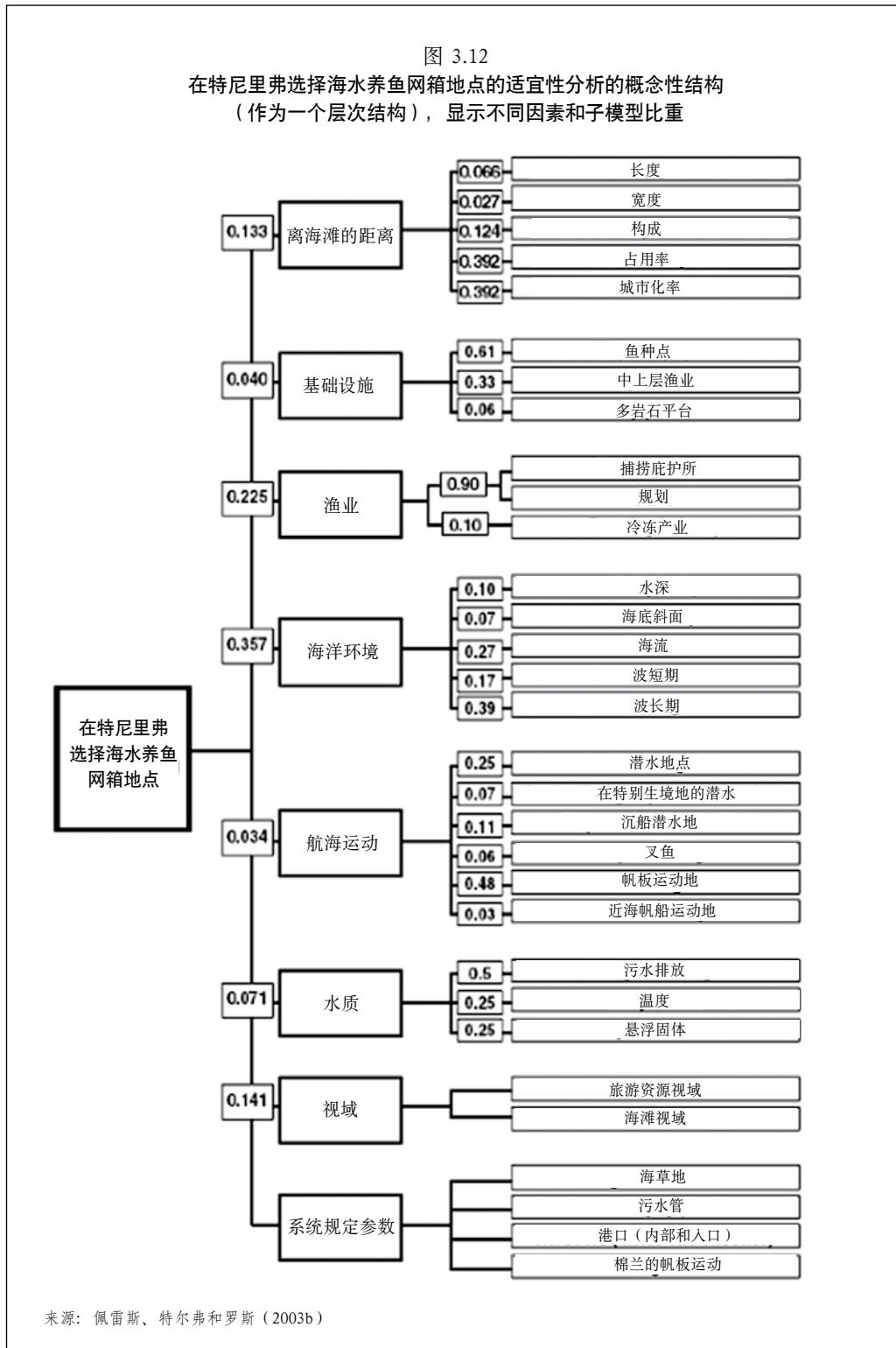
这是许多结果中的一个例子，在需要限制项目成本成为制约因素时：只利用现有数据、模仿流速和方向以及没有实地收集的数据。反过来，这些制约因素必须使用只有4个一般生产要素的模式，包括水深、限制区（军事、港口和导航）、按美国环境保护署规定的水的类别以及离岸3英里（4.8公里）的界线。该模型的特征是生产要素重要性以及要素中规模标准变化的可能性。

尽管有限制，该办法被认为对该州水产养殖规划有用。

## 用于海水网箱养殖实践和管理的GIS

### 水产养殖的环境影响

水产养殖对环境影响的一个例子是未摄取的食物和鱼排出的粪便从网箱流出，影响网箱附近的水质和底层生物。实际上，如果无法对附近的沉积物进



行废物处理，可能会影响养殖鱼类的健康，并影响邻近的自然环境。根据考内（Corner）等（2006年）的研究，有大量通过使用微粒废物分散模式预测网箱养殖场环境影响的应用情况，包括成本有效方法、评价选址结果以及在当地环境容量方面的生物量限制、制定质量标准以及通过测试特定环境条件下预生产情况为环境控制和管理决策提供协助。

佩雷斯等（2002年）就网箱养殖的大西洋鲑开发了微粒废物分布的GIS空间模型技术。以三个主要步骤开发了该模型：（1）利用质量平衡技术量化废料（未摄取的饲料和粪便），（2）计算废物构成的分布，以及（3）采用GIS计算和产生最后的分布轮廓图。GIS的具体作用是从该模型产生的预测点首次插入碳值。然后，采用过滤器按流速和方向调整碳空间分布。利用从鲑鱼养殖场收集的数据测试该模型。结果是，在预测和实际碳结果之间有强烈相关关系。GIS产生了显示在基底的鱼的废物和未摄取的饲料分布和集中的等高线图，作为两排9口网箱共18口网箱和邻近区域的碳分布情况。

作者预测了该模型在环境影响评估（EIA）、监测方案设计、选址、养殖场管理和快速产生“要是...又怎样？”情形方面的潜在应用。

佩雷斯等（同前）的工作由考内等人（2006年）进行了延伸，以使该模型被完全纳入GIS。佩雷斯等（同前）将电子表格和GIS结合的优点是，确保在整合不同来源数据时没有任何数据丢失，以及废物分散模块结果可成为水产养殖场点管理的沿岸带综合管理（ICZM）办法内的大量分层之一。该模型的结构如图3.13所示。将模型预测与在苏格兰西海岸养鱼场为期两周实地沉积物收集获得的情况比较对该模型进行了验证。

该研究的另一个创新是网箱移动对废水分散影响的计算（图3.14）。该系统的产出是系列光栅图像，取决于特定应用要求，从图像产生进一步地理或统计信息。该系统可在任何空间分辨率情况下运行，该研究采用的1平方米对养殖场颗粒分散模型特别合适，并具有采用更大比例在复杂多领域系统进行评估的潜力。

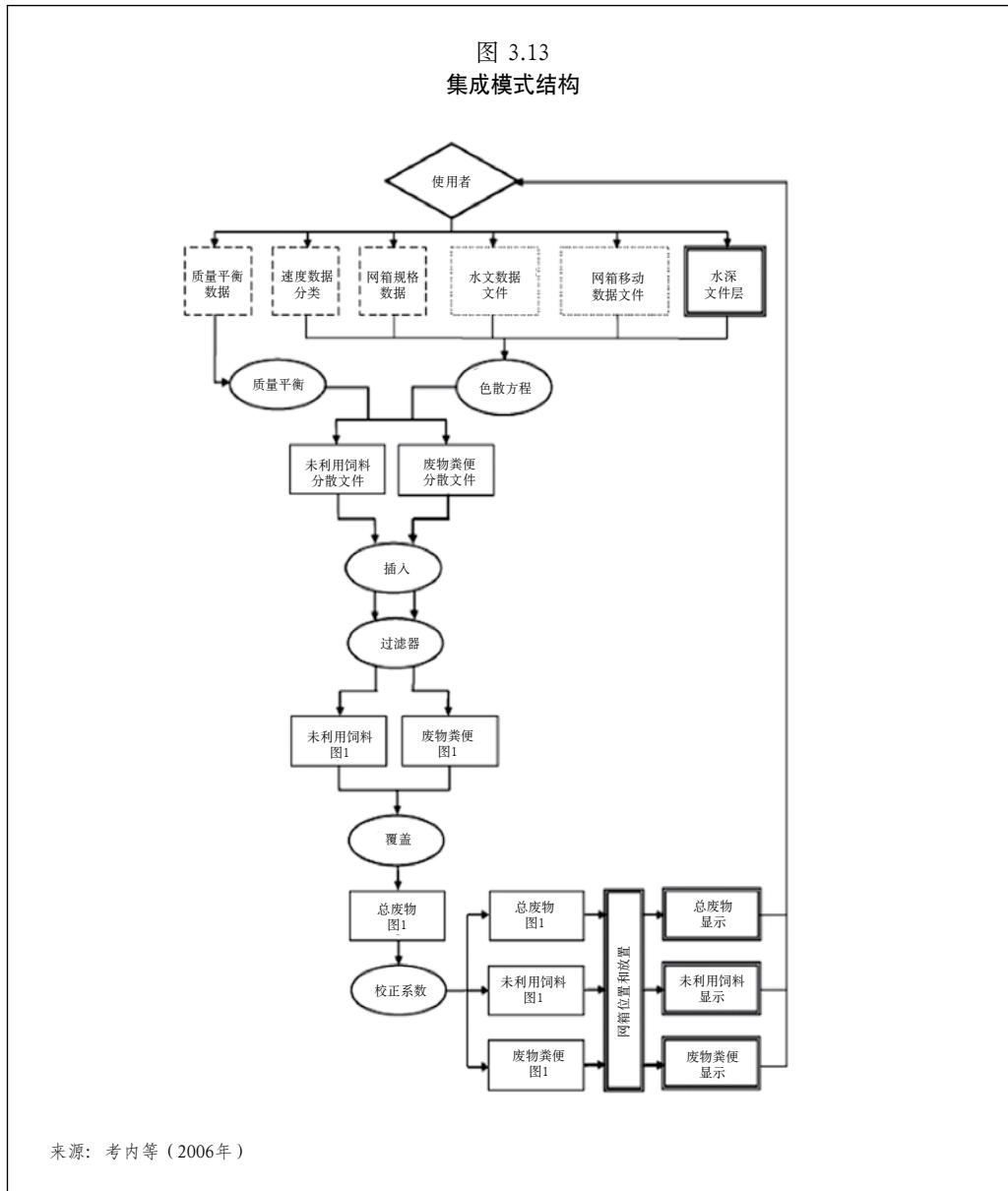
该模型58%的总精度受到网箱下和远离网箱的观察以及预测差异的影响。然而，作者认为其分散模型有两类重要的应用：（1）向业界提供可在养殖场范围测试的自立工具，以及（2）水产养殖场点的环境管理，包括承载能力预测、土地-水相互作用和多场点影响等。

从GIS的角度，该研究提请注意作为扩展的用户确定的模式的重要性。此外，在GIS内的工作为开发新的应用提供了机会。

## 包括海水网箱养殖的多领域发展和管理的GIS

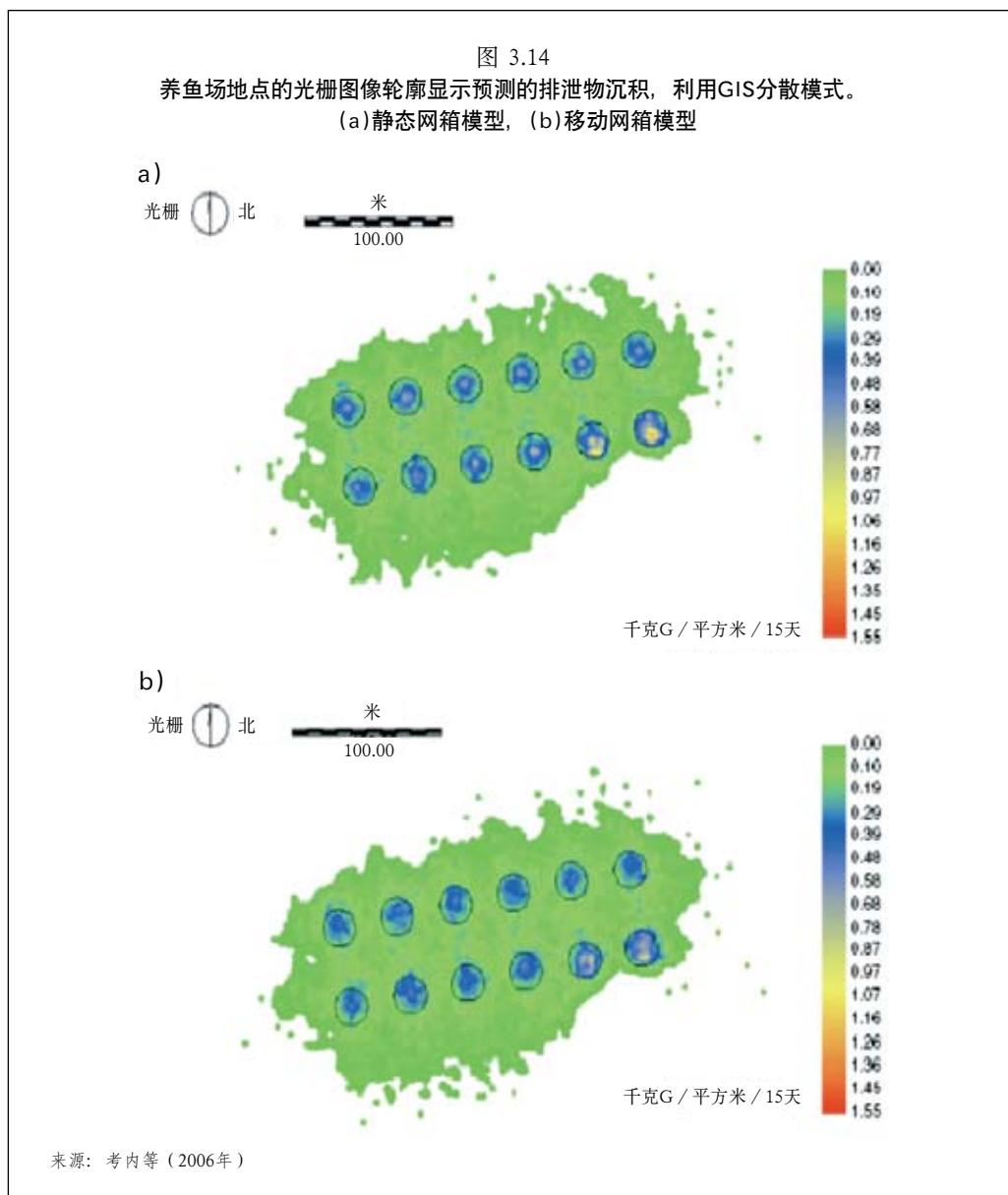
### 与土地和水域的其他用途一道规划水产养殖

对包括水产养殖作为专门用途或在其中水产养殖获得特别注意的沿岸带管理的研究很少；但帕维斯沃克（Pavasovic）（2004年）的研究是一个例外。他的调查是重要的，原因是在更广泛的沿岸带管理背景中进行，其产生的不是技术报告或出版物，而是由仅具备GIS基本知识的沿岸带管理人员利用的工具。他论述了在亚得里亚海克罗地亚部分的两个地点的水产养殖适宜性。整个项目的题目是“侧重海水养殖的克罗地亚沿岸带综合管理计划”，主要目标是编撰克罗地亚海水养殖规划、整合和监测的准则和程序。克罗地亚的几个部委、科研机构和国家及国际专家参与了该项目。



该项目GIS部分的目标是: (1) 方便用户: 工具必须简单, 因此可以被只具备GIS基础知识的人员使用, (2) 灵活分析: 工具必须能够测试不同方案, (3) 建模过程透明: 工具必须使输入数据和结果之间有“黑匣子”, 尽可能透明, 特别是在理解一些模型参数如何影响最后结果的特定值方面, 以及 (4) 工具必须多面: 必须基于改编的数据库支持分析海水养殖以外领域。尽管该工具的主要用途是适宜性分析, 但基本目标是实现工具的参与性规划潜力, 也就是说, 涉及公共经济利益的一些开发活动可使用该工具来了解分析过程的客观性, 并利用建议的不同方案, 实现位置的替代。

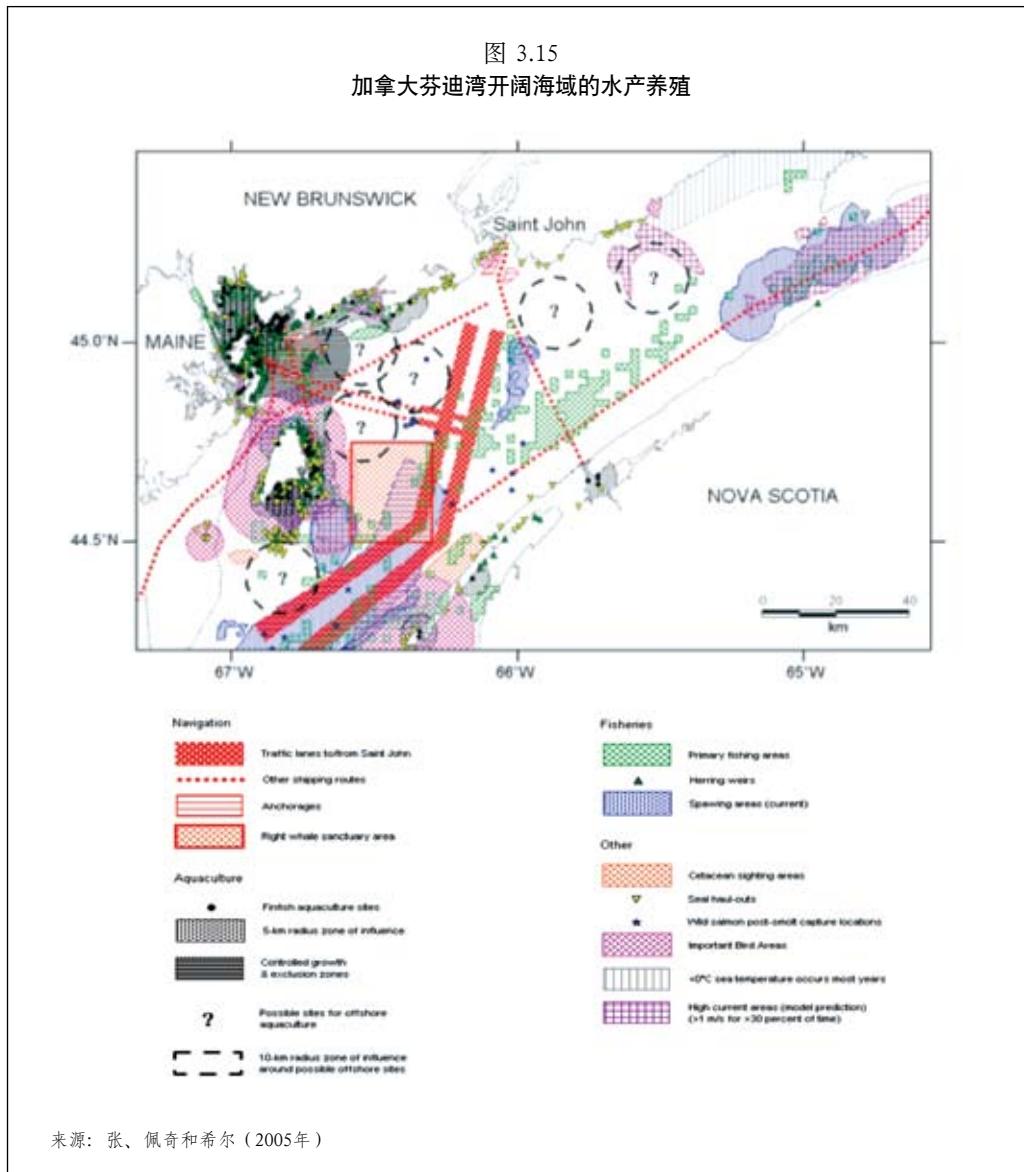
为实现这些目标, GIS支持三个单元: (1) 标准分类 (生产要素), (2) 消除不符合用户提出的标准值的区域模型, 以及 (3) 线性加权模型, 其中权重被分配到标准。后两个单元均支持五年的情景。



在竞争利用方面，张（Chang）、佩奇（Page）和希尔（Hill）（2005年）对海水养殖进行了最广泛的研究，其分析了加拿大芬迪湾海水养殖的情况，目标是通过制图在研究水产养殖潜力方面协助水产养殖业、沿岸带管理者和利益相关者。芬迪湾加拿大部分拥有15300平方千米的面积，外海水深50米至200米，潮汐范围从4米到超过12米。

该研究的有利条件是从已进行的近海网箱养殖大西洋鲑获得情况。他们考虑的生产功能的主要类别包括物理环境、现有海洋鱼类养殖、船舶航运、商业渔业、保护的或濒危的物种和保护区（图3.15）。

研究结果是，芬迪湾实际上不存在没有竞争的区域。因此，作者认为，对管理的主要挑战是（1）将重叠区域的冲突减少到最低程度，以及（2）在海水养殖潜在不利影响和潜在经济、社会和环境效益之间进行平衡。作为一种分析



方法，作者主张按阶段进行。第一阶段的本质是制约因素地图，其中因物理原因（例如养殖鲑鱼温度太低的风险）或由于竞争性利用（例如最富生产力的渔区、繁忙的航道）而不允许开展水产养殖。接着，第二阶段将设法在竞争性利用不强烈的区域平衡水产养殖的适宜性。

在一个区域可以允许多少海水养殖点方面，作者考虑了将相当于一个潮程的单独距离作为标准。因此，更大的潮汐流速和更大的潮程使站点之间的距离更大。

最后，在数据和包括额外生产功能方面，作者指出了问题和需要开展的活动，包括没有空间数据（如龙虾捕捞和野生鲑鱼的关键生境）或要求提供额外数据（海流和浪高）的问题。

### 3.3.2 在贝类养殖中引入地理信息系统

在贝类养殖应用GIS和遥感有多种机会，其中之一是，在大多数情况下，贝类养殖发生在相对较浅的近海区域。近海意味着环境特别是水质、疾病和竞争性利用是进行分析的主要生产要素。此外，近海区域的数据密度比外海区域更大，数据分辨率或详细程度通常更高。最后，贝类产量比鱼类更多（1.2.3节）。因此，毫不奇怪，GIS在贝类养殖中的应用比在网箱养鱼中更多样。

这里的一些回顾涉及GIS和贝类，但并不专门针对贝类养殖。然而，应用情况是有关的，可容易地适用于养殖的情况。

如上节一样，该回顾根据主要和次级类别问题进行排列（表2.1）。应用情况摘要列于表3.5。

#### 用于海水贝类养殖发展的GIS

##### 地点和分区适宜性

斯科特（Scott）和罗斯（1998年）审议了巴西里约热内卢州东部塞佩蒂巴湾的南美股贻贝养殖潜力。该海湾面积约544平方千米，面临着来自沿岸港口和工业发展以及城市未处理的污水的巨大压力。生产功能标准按子模型分组，包括水质（温度、叶绿素-a、盐度、溶解氧和粪大肠菌群）、隐蔽处（波高、流速）和基础设施（邻近城市中心、主要道路、捕鱼区和贻贝种源）。为每个标准设定阈值，从理想到不适当分为4组。制约因素包括高污染区、高浊度、可能冲突或竞争性利用、军事和导航区、拖网捕虾和港口活动。总之，1万公顷被认为是理想的，9600公顷为适合以及1270公顷不太合适。

基于上述工作，斯科特、维亚楠（Vianna）和马赛（Mathias）（2002年）确定了巴西里约热内卢州最适宜开展各类水产养殖的地区和城市。这项研究得到了一个促进小企业发展的组织的支持。值得注意的是，他们的工作在几个方面是综合性的：（1）包括沿海（贻贝、牡蛎、对虾）和内陆（鱼类、蛙）养殖，以及（2）比较水产养殖批发市场对产品的表面需求以及该州自给需要的空间能力和生产力结果（表3.6和图3.16）。

作者通过对有关每一物种的生产功能在0-10之间分配权重的办法，预测了适宜区域。权重的分配基于小组成员的经验，以及有关每一物种的每个因素相对重要性的论述。向有经验的推广人员介绍适宜性地图，然后由其根据自己的知识对结果进行判断，来进行核实。在模型和已知各层次适宜性区域之间有好的吻合情况。

##### 战略发展规划

巴特雷格（Buitrago）等（2005年）着手评价委内瑞拉玛格丽塔岛和两个较小岛屿附近泻湖筏养牡蛎的可能性，初步研究的面积近3900平方千米。这项研究值得注意的是，其目的是为以社区为基础的水产养殖选择地点，以及大量专家参与决策和使用非传统办法考虑生产要素。总体上考虑了20种因素。将这

表 3.5  
按主要问题的养殖海洋贝类应用GIS概要

作者	年份	主要问题	系统	国家	物种	软件	决策支持
<b>用于水产养殖发展的GIS</b>							
斯科特和罗斯 斯科特、维亚那 和马蒂亚斯 伯特拉哥等	1998 2002 2005	地点和区划适宜性 地点和区划适宜性 战略发展规划	N/G 延绳、笼捕、 外底 筏养 委内瑞拉	巴西 巴西 美国	贻贝 牡蛎和贻贝 牡蛎	IDRSI 2.0 ArcView 3.0, SPRING 3.5, MapInfo 6.0	专家意见和MCE 专家意见和MCE，包括能力、生产预测和 现场核实 专家意见和MCE
杰弗逊等 雷奎衣特	1991 1992	水产养殖和环境详细目录和监测 水产养殖和环境详细目录和监测	底层 N/G	美国 加拿大	牡蛎 牡蛎	ARC/INFO CARIS (半自动计算机资源 信息系统)	牡蛎筏养制图和特征reefs 计算贝类养殖的污染影响。包括经济观点 信息系统)
史密斯和约旦 林霍克 杜兰德等	1993 1994 1994a； 1994b	水产养殖和环境详细目录和监测 水产养殖和环境详细目录和监测 水产养殖生境恢复	底层 美国	美国	牡蛎	N/G	基于GIS的牡蛎管理信息系统。GIS用于管 理、研究和教育
约旦、格林霍克和 史密斯 史密斯和格林霍克 史密斯、格林霍克 和霍默 波普卢斯等	1995 1996 1997 1997	水产养殖和环境详细目录和监测 水产养殖和环境详细目录和监测 牡蛎筏养特征、 海底浅层剖面和侧扫声纳。利用GIS计算历 史牡蛎块和产生的牡蛎礁上的沉淀。	底层 底层 底层 外底	法国 美国 美国 法国	牡蛎 牡蛎 牡蛎	ARC-INFO N/G N/G ArcView, 空间分析	基于GIS的牡蛎管理信息系统。GIS用于管 理、研究和教育 基于GIS的牡蛎管理信息系统。GIS用于管 理、研究和教育 阈值w/o权重 基于GIS的牡蛎管理信息系统。GIS用于管 理、研究和教育 牡蛎筏养特征、详细目录和制图 数据库、脚本程序和制图功能，允许完全利 用数据层的数字格式和计算指示器来适当管 理经济上重要的沿海资源。

作者	年份	主要问题	系统	国家	物种	软件	决策支持
劳伯斯克等	1997	水产养殖和环境详细目录和监测	外底	France	牡蛎	ARC/INFO v.7 ARC/VIEW空间分析,ERDAS图像v8.3 ERDAS	GIS通过提供收集和编辑工具、数据库、脚本程序和制图功能，允许完全利用数据层数字格式和计算指示器来适当管理经济上重要的沿海资源。
瓜勒特奇等 索勒特尼克等 史密斯、布鲁斯 和罗奇 史密斯、罗奇和 布鲁斯 巴切尔等	1998 1999 2001 2001 2002 2003	水产养殖和环境详细目录和监测 水产养殖和环境详细目录和监测 水产养殖和环境详细目录和监测 水产养殖和环境详细目录和监测 水产养殖和环境详细目录和监测 水产养殖和环境详细目录和监测	外底和底层 底层和外底层 底层	法国 法国 美国	牡蛎 牡蛎 牡蛎	Orthomax N/G N/G MapInfo	生产模式。牡蛎养殖的承载能力。 生产模式。牡蛎养殖的承载能力。 评估牡蛎养殖的ASCs
卡斯韦尔、奇斯 曼和安德森 文斯兹等	2006 in prep; in press; 2006	水产养殖和环境详细目录和监测 水产养殖和环境详细目录和监测 水产养殖和环境详细目录和监测	笼捕网	中国	扇贝	MapInfo MapInfo	评估牡蛎养殖和相关底层类型的ASCs 声学技术和GIS用于评估地点、地理起点和牡蛎块构成 与扇贝食物衰退有关的承载能力。利用GIS制作全湾悬浮物下降和扇贝增长图。
包括水产养殖的多领域发展和管理的GIS							
阿诺德、诺里斯 和布利甘；阿诺 德和诺里斯；阿 诺德等 沿海资源管理 中心 多尔莫和格特纳	1996; 1998; 2000 1999 2004	渔业和其他竞争性利用 渔业和其他竞争性利用 渔业和其他竞争性利用	底层	美国	文蛤	ArcView,空间分析 N/G	基于GIS的文蛤养殖租赁地点模式。阈值 w/o权重 基于GIS的文蛤养殖租赁地点模式。阈值 w/o权重 基于GIS的文蛤养殖租赁地点模式。结果用于确定几种选择,作为政策辩论的起点。 阈值w/o权重

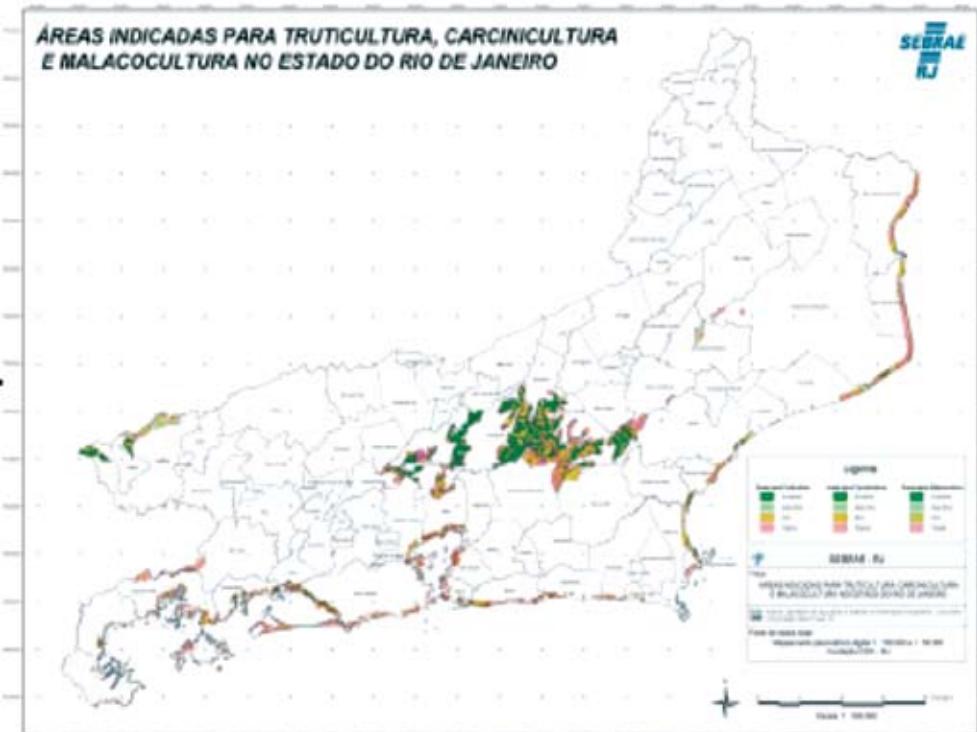
表 3.6  
里约热内卢潜力和需求的地理信息系统模式结果概要

商品	预计生产力 (千克/公顷/年)	适宜区域 (公顷)	满足需要的 面积 (公顷)	使该州自足 所需的适宜区域 百分比	优先指数 (PI) 来满足该州的 水产养殖产品
海水对虾	2,000	47,331	264	0.5578	0.8355
罗非鱼	5,700	2,060,189	29.5	0.0014	0.0933
热带鱼	4,300	2,060,189	20.1	0.0010	0.0636
贻贝	25,000	16,448	1.9	0.0117	0.0061
牡蛎	115,000	16,448	0.1	0.0008	0.0004
扇贝	60,000	16,448	0.04	0.0002	0.0001
鳟	72,000	161,115	0.3	0.0002	0.0008
蛙	75,000	3,186,768	0.06	0.0000	0.0002

注: (海水对虾=南美白对虾。罗非鱼=红罗非鱼和尼罗罗非鱼杂交种。热带鱼=大盖巨脂鲤、细磷肥脂鲤、短盖巨脂鲤和杂交种。牡蛎=红树林巨牡蛎。扇贝=狮掌扇贝。鳟=虹鳟。蛙=牛蛙。)

来源: 斯科特、维亚楠和马蒂亚斯 (2002年)

图 3.16  
巴西里约热内卢州对虾、双壳软体动物和鳟鱼养殖适宜性



来源: 斯科特、维亚楠和马蒂亚斯 (2002年)

些因素分成4个主要标准: (1) 影响牡蛎生存的因素 (内在环境), (2) 有关养殖活动成功的因素 (外在环境), (3) 后勤, 以及 (4) 社会-经济。来自大学、研究机构、政府部门和私营公司的18位软体动物养殖领域的专家在总分数为100的限制清单中给相关因素打分。基于平均值确定每个因素的重要性。然后将

单个因素分配到五个适宜性类别（从最佳到限制），开始于作为最高类别的平均得分（表3.7）。然后，将20个因素每个按主题制图，每个主题图归入相同的5个类别，作为评分因素（图3.17a）。

主题图归类基于各种信息，包括早期研究结果、问卷、访谈和调查员的个人经验。还确立了制约因素，用来掩饰相关领域。制约因素使研究区域减少1274平方公里。随后是逐步的过程，综合各种因素进行多准则评价（MCE）。首先，通过覆盖结合四个主要标准的每个标准中的因素，以确定具有高潜力的区域（图3.17a）。然后，合计标准分数，按所有标准再次确定最佳区域。结果是，总面积4.1平方千米的13个点被认为最适合筏养牡蛎。不太适合但得分为137的点的面积为37.5平方千米（图3.17b）。作者确定的问题之一是：专家之间对一些因素重要性的看法有相对高的变化（表3.7）。另一个问题是，该方法可能过度限制在相对大量的站点，以及整体上相对较小的区域，并将其确定为具有最高潜力。

## 用于贝类养殖实践和管理的GIS

### 水产养殖和环境详细目录和监测

除环境调查外，水产养殖设施和活动详细目录以及监测是贝类养殖中应用GIS最普遍的情况。

水产养殖和环境的两个重要方面是与水质和疾病有关的活动。毫无疑问，良好的水质对维持海水养殖至关重要。在水质应用GIS方面可分为两种情况：

(1) 水产养殖活动的外部来源，通常以陆源为基础，导致水质不佳，和(2)水产养殖区水中溶解丰富营养物、颗粒物沉积，以及在水产养殖活动中自身的疾病可能性。

杰弗逊 (Jefferson) 等 (1991年) 研究了美国南卡罗来纳州姆利斯小湾的牡蛎礁，作为检查城市化对河口影响调查的一部分。该计划的目标是，加强资源管理决策。姆利斯小湾是浅的高盐度河口，没有任何河流流入，除一侧邻近公园外，周围均被开发。该区域被商业和休闲渔民重度利用。

根据 (1) 活体资源量，(2) 结构和生态以及相关牡蛎补充量的多方面情况，以及 (3) 卵的大小对该河口潮间带内牡蛎礁进行制图和描述。其他层次包括土地利用模式、小艇停靠区以及场点和非点源污染。

总体上，受污染区内的牡蛎礁位于小艇停靠区、船舶流量大的区域、服务行业排出物区域和高密度住宅区。高补充量礁盘规模比较大，一般不在船舶流量大、小艇停靠或高度污染区。作为研究的一部分，采用了空间搜索和覆盖来检查牡蛎礁数量和区域，其受各种开发情况影响，包括维护小艇停靠区和航道疏浚。

雷加尔特 (Legault) (1992年) 的贝类研究值得注意的有两个方面：首先，该研究是早期应用GIS计算污染导致贝类产业的关闭，第二，包括了经济观点。该示范研究的目的是显示GIS在评价生境影响的能力和局限性。研究区域位

表 3.7  
选定适宜性标准和因素，最佳考虑，明确限制性水平

地点适宜性	判断加权： 平均值 $\pm$ 标准差 (范围)		
标准和因素	最佳	限制	
<b>内在环境</b>			
温度	22-27°C	N.A.	36 $\pm$ 2.7 (0-10)
水深-潮汐	> 5米和小潮	> 5米或大潮	3.3 $\pm$ 3.4 (0-15)
范围	波动	波动	
悬浮固体和浑浊度	Secchi 深度 > 3米	N.A.	3.9 $\pm$ 2 (0-8)
盐度	32-40 p.s.u.	N.A.	3.5 $\pm$ 2.6 (0-10)
初级生产	高，未报告藻华	贫营养水域	7.7 $\pm$ 3.6 (0-15)
竞争者和寄生虫	未报告才女虫	N.A.	4.3 $\pm$ 2.1 (0-8)
<b>外在环境</b>			
掠食者	来自硬底的上升流。海草、红树林区域	N.A.	4.7 $\pm$ 2.3 (1-10)
藻华-赤潮	未报告赤潮或有害藻华	N.A.	4.5 $\pm$ 3.1 (1-10)
海流	速度 20-40 厘米	N.A.	3.9 $\pm$ 2.6 (0-10)
波动保护	对进入方向的所有3个区域主波进行保护	对进水无保护	6.8 $\pm$ 3.6 (0-15)
衬底特点	远离环境高敏感群落 (礁体、海草、硬底)	N.A.	3.5 $\pm$ 2.1 (0-8)
污水污染	批准用于贝类的区域卫生规章	可能未满足规章标准的区域	8.3 $\pm$ 4.3 (3-20)
工业排污	批准用于贝类的区域卫生规章	可能未满足规章标准的区域	6.2 $\pm$ 2.9 (2-12)
<b>后勤</b>			
场地通达度	靠近目标社区	附近无渔业社区	5.9. $\pm$ 2.7 (0-10)
服务可用性	所有要求的服务 < 8千米	N.A.	5.22 $\pm$ 2.4 (0-10)
设施安全	容易监督的筏	N.A.	5.8 $\pm$ 3.7 (0-15)
空间和资源利用冲突	远离保护区、渔场和航道	靠近保护区或在渔场使用拖网或围网	7.2 $\pm$ 4.2 (0-20)
<b>社会经济</b>			
社区组织	社区组织包括妇女参与决策	N.A.	5.4 $\pm$ 2.9 (0-10)
经济水平	没有其他的发展机会	N.A.	3.4 $\pm$ 2.3 (0-8)
渔业传统	海洋资源利用的长期历史记录	N.A.	3.3 $\pm$ 2.5 (0-10)

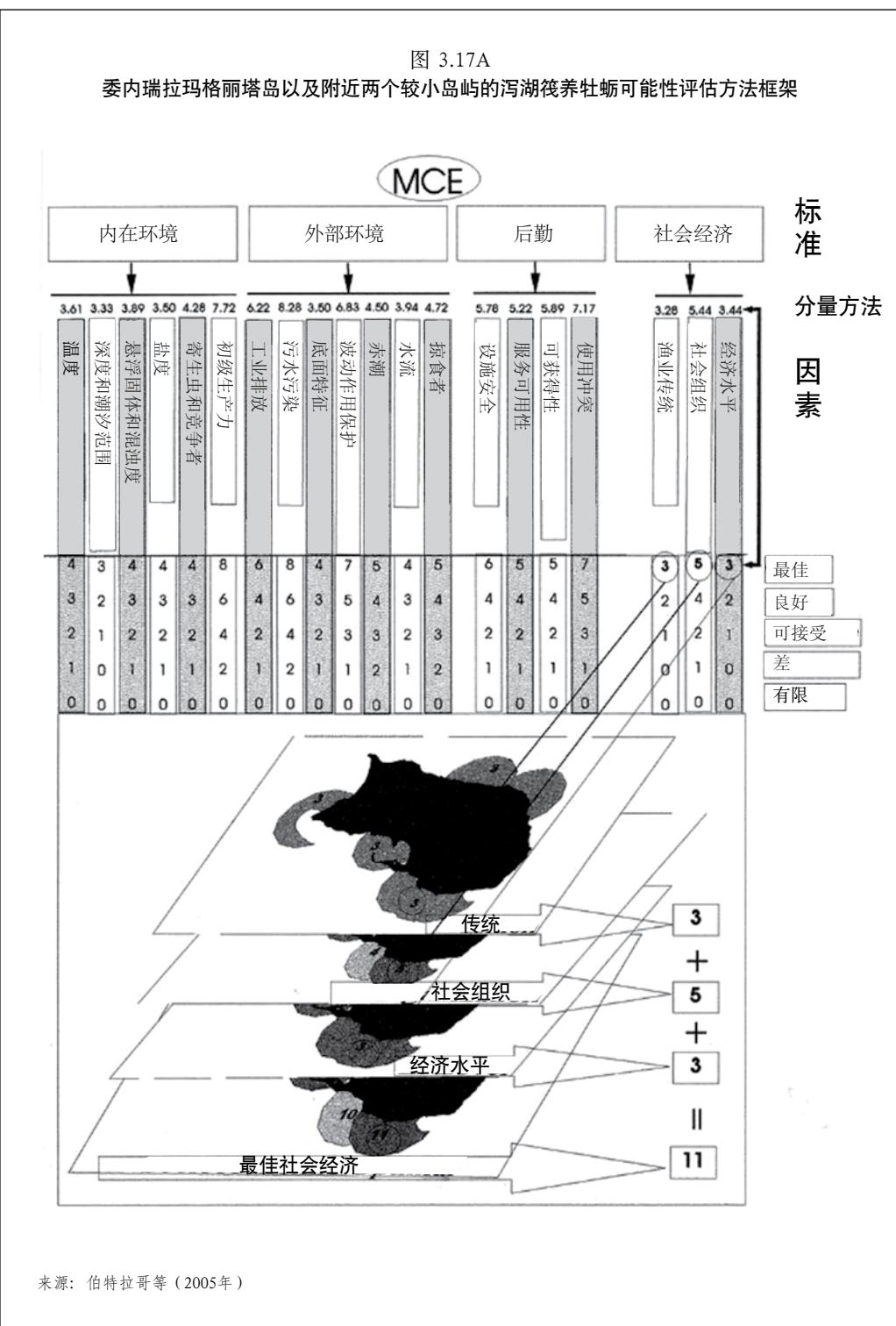
注：提供了专家的判断结果、适宜性因素权重、标准偏差和范围。N.A.=不适用。

来源：伯特拉哥等（2005年）

于加拿大东部的爱德华王子岛东海岸，这里是禁渔区，主要原因是大肠菌群以两种方式影响租赁的贝类养殖区：不得不将贝类转移到新的区域进行净化，在禁渔区附近捕捞的产品会被怀疑。从空间角度，GIS包括贝类租赁区、禁止捕捞贝类区和允许捕捞区、海岸线、公路、排污口以及数据库中的租赁区属性数据。利用关于生产和价值的有限数据，预测关闭区域造成的损失。虽然没有进行因果研究，但制作了污染源地点和类型地图。

遇到的主要问题之一是数据的多样性和不一致的特征。有数据，但不能以有用的格式获得。在实施GIS方面，有效运行需要配置充足的人力和财力资源，GIS是劳力和时间密集性的工作，但在与非自动化办法相比节省时间方面以及在对数据的完全分析方面，花费是值得的。

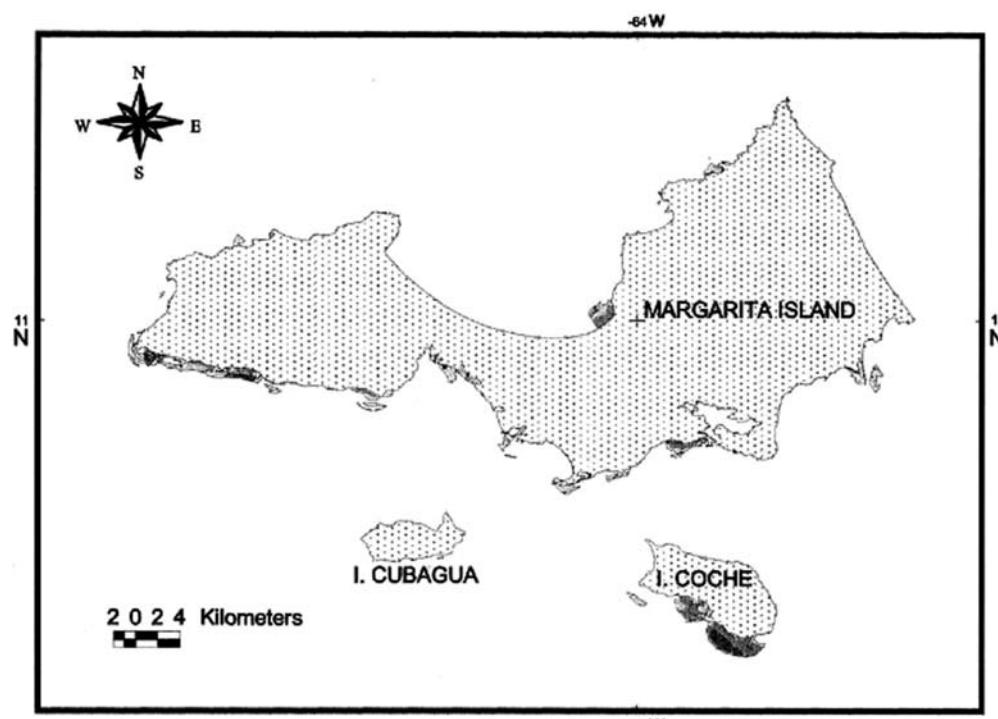
图 3.17A



滨海夏朗德盆地是法国最重要牡蛎养殖区域之一。格莱特奎尔 (Gouletquer) 和勒莫恩 (Le Moine) (2002年) 在玛函那-奥雷宏湾和查伦泰桑德沿岸带管理的背景下回顾了贝类养殖管理的情况。波普卢斯 (Loubersac) 等 (1997年)<sup>1</sup> 和劳伯斯克 (Populus) 等 (1997年) 报告了GIS的发展, 以改善同一区域牡蛎养殖管理。他

<sup>1</sup> 本研究基于波普卢斯等人（出版中）最近关于牡蛎租赁区测绘学作为渔业GIS的典型研究。

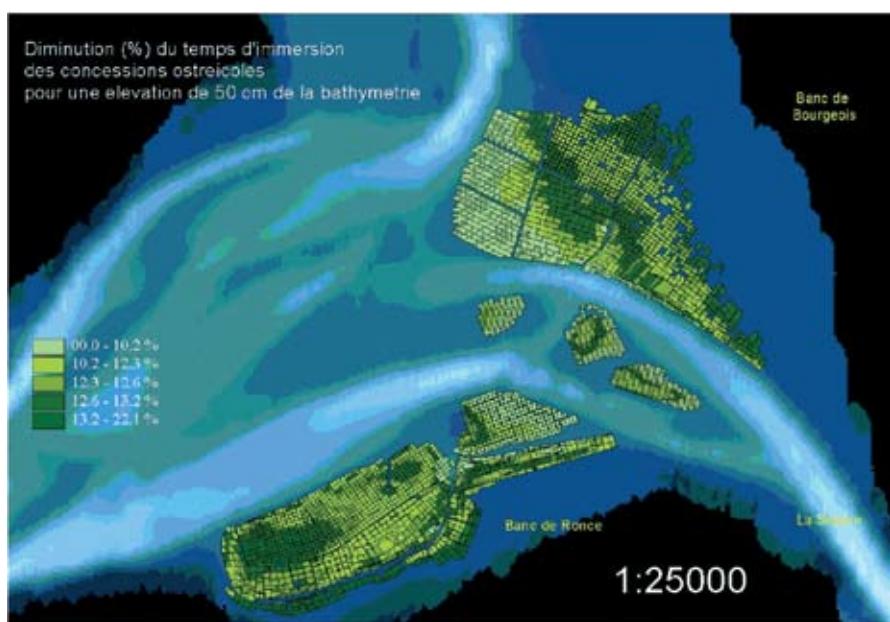
图 3.17B  
最后图显示在马卡脑南部和科切4.1平方千米区域超过80%的可能地点 (■)



注：据认为，在玛格丽塔岛地区的这些地方具有筏养牡蛎的最佳条件。其余位置满足了75% (■) 或70% (■) 的137个地点、37.5平方千米的最终适宜选择要求的标准。

来源：伯特拉哥等 (2005年)

图 3.18  
在巴克斯迪雷斯和布尔乔亚牡蛎租赁地50厘米的理论淤积率浸泡时间损失 (%)



来源：波普卢斯等 (1997年)

们在2900公顷的面积内在22000个牡蛎租赁区开展工作。主要的管理问题是过多的租赁场所、不适宜的养殖系统、沉淀以及对自然分布的牡蛎的竞争。

逐步的进程包括建立租赁区域及其属性数据库、租赁区纸质数字地图，租赁区地理坐标参考系、将租赁区分配到“岸”（行政和管理单位）。牡蛎养殖租赁区平均水深制图是一项重要活动，原因是由于被称为“表格”的外底养殖结构导致的泥沙淤积。

随着租赁区域深度制图，就有可能预计每个租赁区被水浸泡的时间，这是与牡蛎生长有关的变量，并最终与每个租赁区的生产力和价值有关（图3.18）。最后，租赁地点和租赁区水深数据有助于规划疏浚，来改善淤积的影响。

作者预计有更多利用GIS的情况，包括定期地理坐标参考航空摄影，以检查遵守养殖操作的情况，并估算牡蛎生物量以及将租赁区的数据与牡蛎种群动态和环境相联系，包括降雨和排污。

格莱特奎尔等（1998年）和索勒特尼克（Soletchnik）等（1999年）基于波普卢斯等人（同前）和劳伯斯克等人（同上）的背景工作，研究了上文所述的玛函那-奥雷宏湾一个岸边底层和外底养殖牡蛎夏季死亡率的问题。

尽管该地区牡蛎夏季死亡率是引起关注的问题，但不能确定原因。因此，他们对来自15个抽样点的增长、性成熟、存活率和环境数据进行了研究，以调查其关系。死亡率与相对高的温度和预产卵糖原分解有关。建立了基于分析实地数据并纳入到GIS的生产模式。展示了两类养殖系统的不同地理承载能力。

在贝类养殖应用声学遥感方面，采用水底传音遥感，制作了贝类资源和生境特征的详细目录。作为GIS数据来源的卫星遥感以及实时监测在水下有着对应的传音效果。史密斯（Smith）、布鲁斯（Bruce）和罗奇（Roach）（2001年）确定了三种办法用于底部评估和展示。可采用单束声纳用来评估一般表面和次表面特性，但生境分类是主观的。侧扫声纳提供了底部高分辨率图像，可以进行镶嵌，但要求地面实况调查。海底声学分类系统（ASCS）最近脱颖而出。采用揭示各种基底信息的波形，将这些回声返回统计归入可定义的生境类型。ASCS也要求广泛的地面实况调查。

史密斯、布鲁斯和罗奇（同前）描述了评估牡蛎生境的上述技术的评价结果。他们认为，ASCS非常适于识别牡蛎壳和制图，并区分牡蛎壳和细泥沙。此外，ASCS提供了与GIS显示和分析能力的极好联系。

尽管许多贝类资源是被捕捞的，而不是养殖的，但在一些牡蛎渔业中有海水养殖的因素，原因是牡蛎卵附着和生长的基底来自于人工渔礁的支持。

在某些情况下，随着GIS应用到不同的问题，在相对长的时期，其有可能发生演变。美国马里兰州水域的切萨皮克湾贞洁巨牡蛎资源提供了很好的例子。切萨皮克湾是美国最大的河口，面积11600平方千米，相对较浅，平均深度不到9米。

在切萨皮克湾牡蛎资源调查和管理中应用GIS有很长的历史。管理的障碍之一是种群数据的复杂性，疾病意味着没有充分利用数据，或没有及时分析。

从1990年开始利用GIS分析的年度牡蛎调查有两个结果：（1）在地理背景下描述局部和区域数据以及（2）确立了管理导向查询和统计能力（Smith and Jordan, 1993年），该调查基于GIS的牡蛎管理信息系统（Smith, Jordan and Greenhawk, 1994年）。该系统证明，其对支持国家牡蛎恢复行动计划所需信息特别有用（Jordan, Greenhawk and Smith, 1995年）。向管理人员、科学工作者和决策者提供了牡蛎生境、种群和疾病状况以及含盐量梯度的清晰图形描述。除了作为管理和研究工具外，GIS还是学生和修学团组有价值的教育工具。

切萨皮克湾后来的研究侧重于牡蛎礁的特征。如上述，由于维护和恢复人工（“照看”）牡蛎礁的大量费用，该研究对管理有重要影响。因此，特征、详细目录和制图是应用遥感和GIS的重要内容。史密斯和格林霍克（Greenhawk）（1996年）承认切萨皮克湾有两类牡蛎礁，边缘和块状。暴露的牡蛎壳（贝壳屑）损耗的速度与礁盘类型有关。他们利用GIS，采用礁盘界限变化、水深、底部构成数据，研究从上世纪70年代到20世纪之交期间贝壳屑的损耗情况，他们确定了局部沉积是生境丧失的主要原因之一。

切萨皮克湾牡蛎种群明显衰退的原因包括上述沉积造成的生境丧失、过度捕捞和疾病。其中，前者对大区域最难以量化。为进一步调查沉积影响，史密斯、格林霍克和荷马（Homer）（1997年）对以前了解的牡蛎分布区采用了底基特征和侧扫声纳的研究。他们利用GIS将数据整合为二维和三维类型。这样，可以发现在历史上的牡蛎块以及牡蛎礁上的沉积。

在相关研究中，史密斯等（2001年）基于在1975年和1983年期间安放的各种调查装置获得的数据，创立了切萨皮克湾马里兰州部分的牡蛎生境和相关底部类型的GIS。这项调查的目的是重新评估1912年调查的牡蛎块的范围和状况。利用调查数据将底部分为六个类别，其中三个与牡蛎生境有关，其余的在底部没有牡蛎。原来的调查数据只用于在聚脂薄膜片上绘制牡蛎块界限图，但这类图的用途有限，原因是没有地理坐标参考以及没有显示海岸线。此外，没有绘制原来的底层分类数据。为利用数据进行可能性分析，将聚脂薄膜片数字化，并与其他有用的空间数据（例如水深、最近或计划开展的声学调查）一同纳入GIS（图3.19）。

史密斯、罗奇和布鲁斯（2002年）采用声学技术与GIS结合的办法来评估切萨皮克湾的中盐区域牡蛎块位置、地质成因和构成。最初的某些地质构造提供了牡蛎块构成的基础，在有变化时，为定位牡蛎块并评估其状况提供了基础。在一些地点，牡蛎块梯级被沉积物覆盖，或正在沉淀。尽管捕捞方式被指责是牡蛎块存在区域普遍减少的原因，但该研究结果没有对这一想法给予明确支持。相反，牡蛎的恢复只能发生在底部没有被侵蚀，且基本地质特征可以支持恢复的材料。

卡斯韦尔（Carswell）、查斯曼（Cheesman）和安德森（Anderson）（2006年）对加拿大BC温哥华岛贝恩斯桑德贝类养殖的研究涉及在水产养殖发展中利用航空遥感和GIS的若干问题。这些问题包括蛤类养殖和环境详细目录，同时预计水产养殖对鸟类种群的环境影响。

贝恩斯桑德面积约8.6平方千米，是该省最重要贝类生产区，也是最密集的养殖区之一。贝恩斯桑德的三个主要潮间带商业种类是本土的小帘蛤和引进的两个物种（朦胧圆滨蛤和菲律宾蛤仔）。在保护网下养殖蛤。贝类养殖的一种可能环境影响是蛤网的空间范围，因其影响两种鸟类捕食。

贝类资源的详细目录是基于地理注册的空中摄影。将照片扫描、镶嵌，然后集成到GIS中。将蛤网轮廓数字化，以预测其区域。采用GIS将蛤网的覆盖范围与现有海岸类型详细目录结合（如滩涂）。蛤的生境按潮间带海拔轮廓描述。然后将潮间带的范围与蛤网覆盖范围分割，按被网覆盖的底基类型确定潮间带蛤的生境比例。

研究结果显示，虽然租赁区域比较大，但实际上被网覆盖的区域总体上相对较小，按照被不同沿岸生境类型覆盖的情况，面积也不大。因此，贝类养殖区域范围的影响相对较小。菲律宾蛤仔是唯一养殖情况良好的物种，因此，是唯一使用网养殖的蛤类。有证据表明，受关注的鸟类在重要范围内捕食朦胧圆滨蛤，因此用网阻碍鸟的进入似乎不会影响其食物来源。作者认为，贝恩斯桑德贝类养殖范围的空间分析应该证明其对有根据的风险评估和资源分配的决定非常宝贵。

英格利斯（Inglis）等（2000年）审议了与新西兰贻贝养殖有关的承载能力。他们提出了四种承载能力：

- 自然承载能力—在自然空间内可以容纳的海水养殖场总面积；
- 生产承载能力—可以最大限度捕捞的双壳类的放养密度；
- 生态承载能力—产生不可接受的生态影响的放养或养殖场密度；以及
- 社会承载能力—养殖场发展水平导致不可接受的社会影响。

承载能力调查可用于水产养殖发展，如在水产养殖开始之前进行，或开展随后的研究，如果在水产养殖后进行，则用于水产养殖管理。巴切尔（Bacher）等（2003年）<sup>2</sup>调查了中国水产养殖最密集区域之一的桑沟湾与栉孔扇贝食物枯竭有关的承载能力问题。

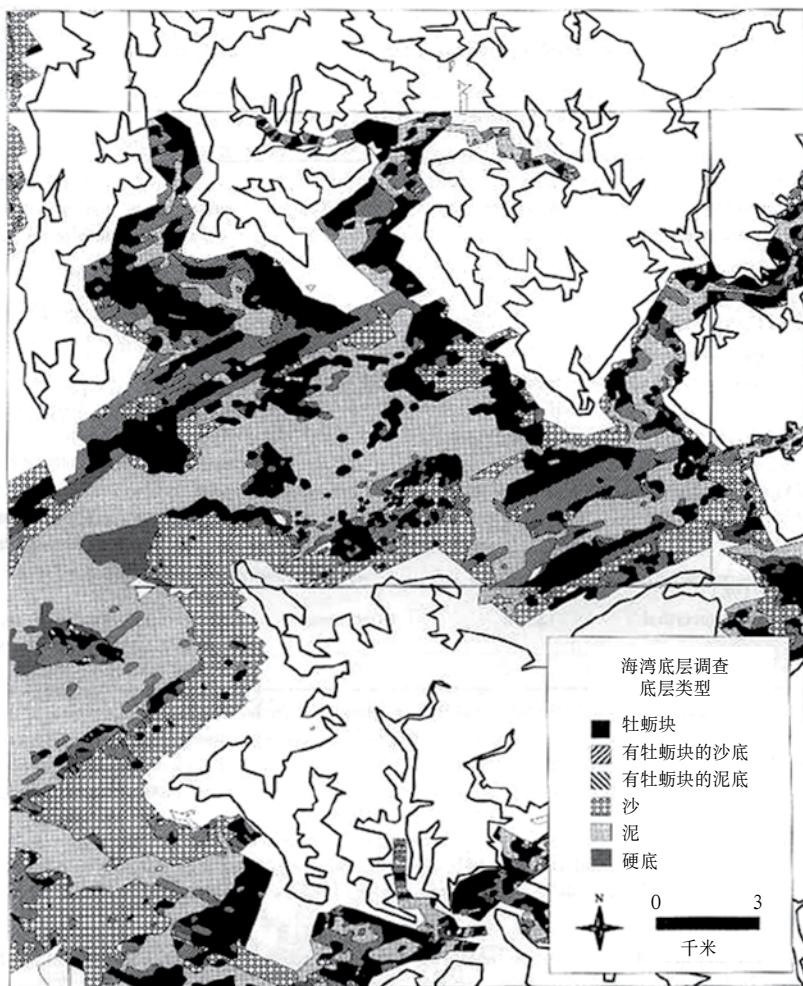
承载能力是在特定生物限制和水产养殖活动特征情况下可以实现的最高产量。食物枯竭被定义为养殖区内食物集中情况与养殖区外集中情况的比例。因此，地点选择和确定养殖密度是与水产养殖可持续性有关的承载能力和枯竭研究的关键方面。

桑沟湾平均深度10米，面积140平方千米。由于陆源输入的养分少，初级生产力源于海洋有机物和营养物输入。除养殖扇贝外，还养殖海带和太平洋牡蛎。

逐步分析过程包括：（1）量化之间的关系，滤食动物和环境之间关系量化。对于滤食动物，包括影响生长的食物过滤、摄取、吸收以及与温度有关的代谢损失因素。在环境方面，包括食物集中程度以及预计食物输送的利用水流的总

<sup>2</sup> GISFish中的案例研究。

图 3.19  
察普坦克河区域马里兰湾底调查资料数字化演示例子



注：海岸线和原酯薄膜图表的边界按底层主题调查分层，但没有包含数字文件。原聚酯薄膜胶片为70 × 111厘米，比例尺为1:20000，显示在美国状态平面NAD27中。这里描述的大体上东北/西南方向的底部主题是无线信标导航的结果。

来源：史密斯等（2001年）

悬浮物。（2）确定1000米的食物限制地理范围，在其中养殖密度、食物集中度和水流相互作用。

开发了模拟情况，在其中流体和食物状况不同，采用GIS用以制作全湾的悬浮物衰竭和扇贝生长情况图。

开发了工具（图3.20）用于：

- 计算和划分颗粒轨迹；
- 选择长度规模、养殖密度、站点和模拟扇贝年度增长；
- 绘制最后的扇贝增长情况或衰竭因素；

- 比较模拟一个站点或全湾的不同密度的增长和衰竭因素；
- 计算全湾的增长统计数和衰竭因素，例如特定衰竭因素的面积百分比；以及
- 预计养殖密度，简单计算某一衰竭因素或扇贝的最后重量。

维塞兹 (Vincenzi) 等 (出版中, 2006年) 开展了一系列研究, 涉及预测在意大利亚得里亚海北部沿海的萨卡娣戈罗泻湖产量潜力的养殖菲律宾蛤仔的承载能力。最新的研究 (Vincenzi *et al.*, 出版中) 比较了产量预测的生境适宜性模式的三种变化。该泻湖总面积为26平方千米, 约10平方千米的面积用于集约化养殖蛤。政府机构根据特许规范养殖蛤的活动。改进特许过程的基础是了解空间条件下的产量潜力。该方法需要利用基于GIS的生境适宜性模型的几个变量, 探索菲律宾蛤仔分布和丰量之间的关系, 以及影响该种类生存和增长的关键生物地球化学和水动力特性。条件是环境变数应当抽样或以相当低的成本预计。

包括在模式中的六个环境参数是沉积物类型、溶氧、盐度, 水动力、水深和叶绿素-a。基本生境适宜性指数 (HSI) 模型使用具体参数功能, 其基础是根据专家意见将环境数据转化为具体参数的适宜性指标, 以及加权几何平均 (基于专家意见的加权), 预计总生境适宜性指数 (HSI)。源于实地观察的规模功能用以将HSI值转化为年度潜在产量预计值。所用数据来自15个采样点, 产生的结果作为站点预计。GIS的作用是点数据的插入和编制专题地图。

该泻湖模式预测的潜在产量两倍于正式报告的渔业产量 (图3.21)。原因是潜力的模型预测在目前的养殖区外。作者审慎地提出, 其结果不应该被用来确定该泻湖菲律宾蛤仔最大可持续产量。相反, 还要考虑生态承载力。

### 水产养殖生境的恢复

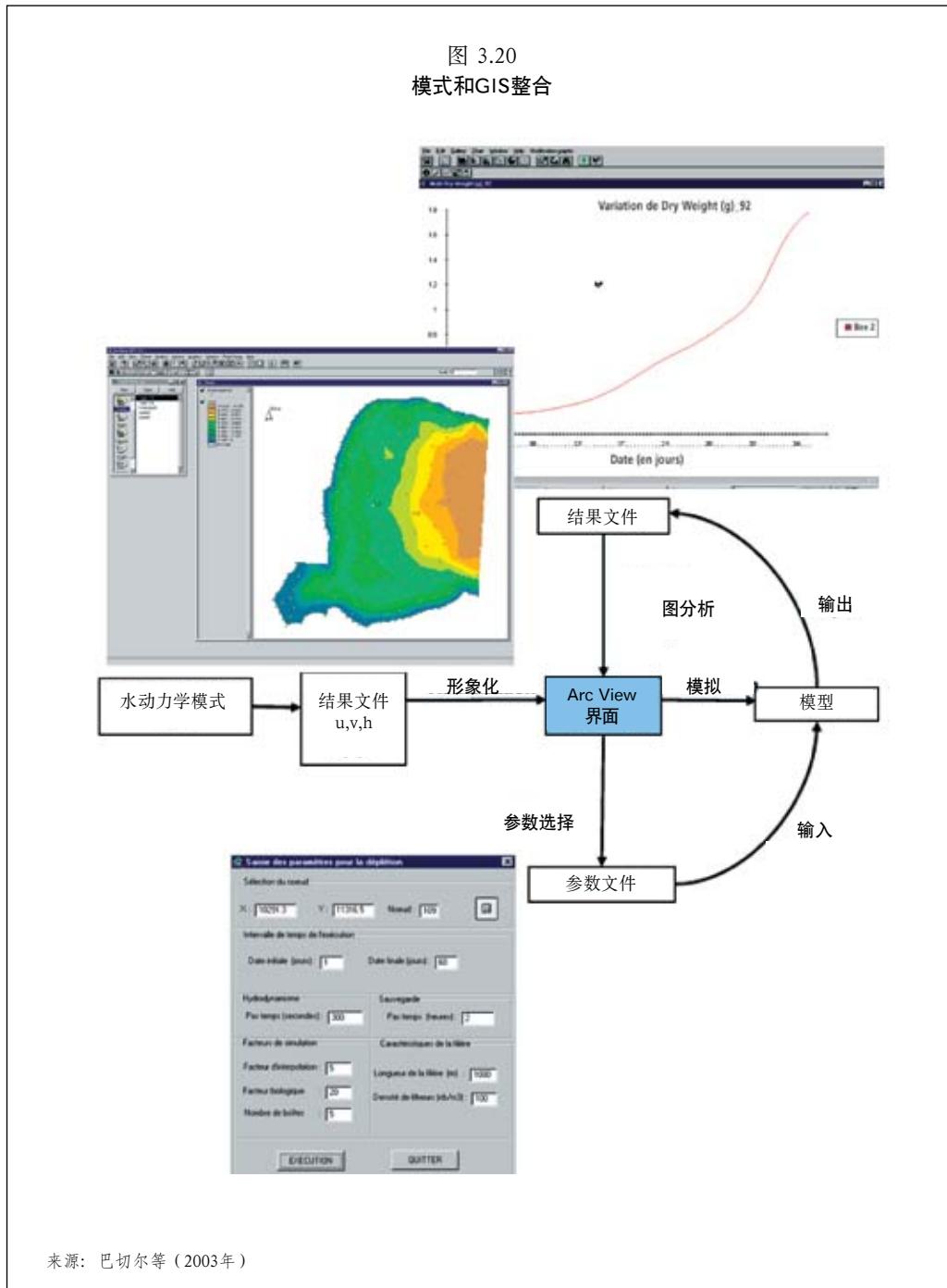
法国中西部的夏朗德沿海是欧洲最重要的牡蛎养殖区, 但在有限的玛函那-奥雷宏盆地潮间带区域养殖设施密度高, 造成牡蛎的低增长率和高死亡率, 导致养殖者的社会经济问题。一个解决办法是把一些生产转移到附近的潮下带地区。杜兰德 (Durand) 等 (1994年) 和杜兰德等 (1994年b) 作为示范项目探索了这一开拓性的工作。除牡蛎养殖的重要性外, 该区域是法国访问游客第二多的地区, 还有着欧洲最受欢迎的游艇港口。因此, 除了满足底层牡蛎养殖以及用耙网捕捞的要求外, 其他竞争性利用是重要的考虑因素。

作者考虑的牡蛎养殖为水深、坡度、底部类型、流速、水质和潮间带养殖的相互影响。在竞争性利用方面, 要考虑航运、养殖、延绳养殖贻贝和海藻、渔业、产卵场和培育场。

实施了四级记分系统, 其中三级有关牡蛎养殖的适宜性, 第四个涉及排除区 (限制)；但是, 没有采用权重。

结果是, 约8%的面积非常有利于潮下带牡蛎养殖。

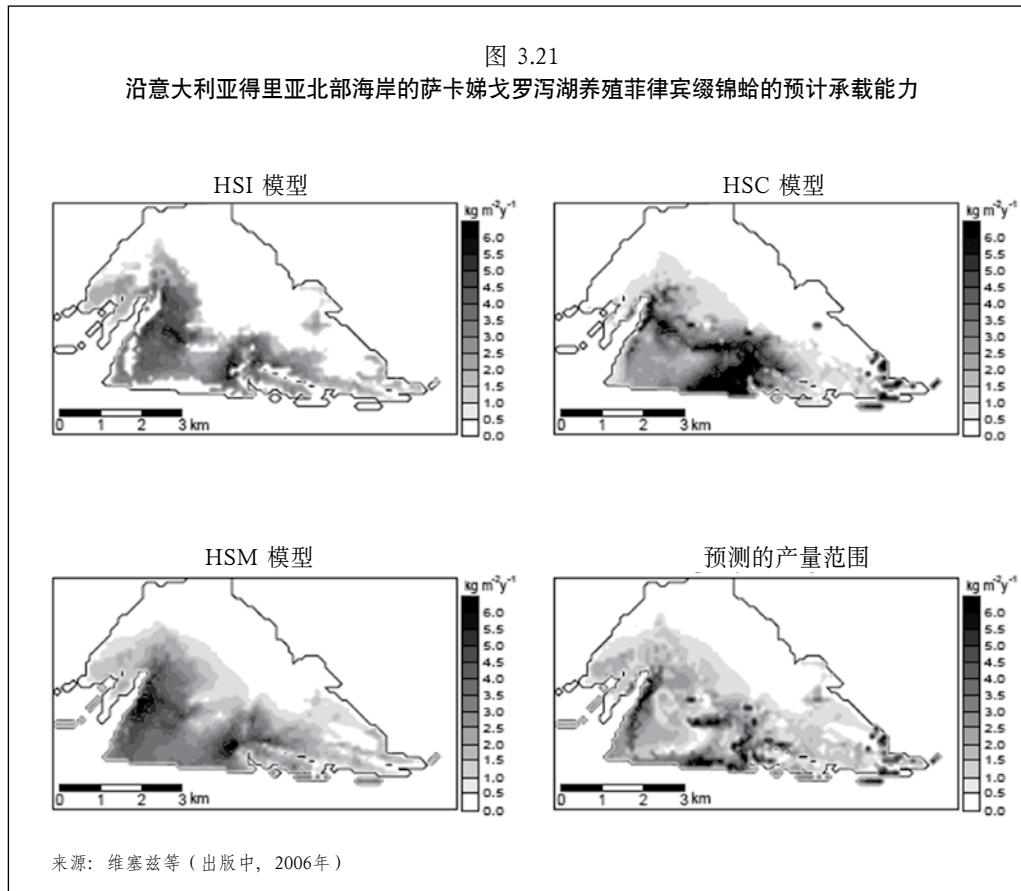
遇到的主要问题是, 缺乏空间数据和社会经济特征情况、衡量竞争性活动的知识不足、难以以有意义方式为连续数据确定阈值。作者预测, 需要三维和时间数据管理, 并与陆基GIS建立链接。



### 包括海水贝类养殖的用于多领域发展和管理的GIS

#### 与渔业一道的水产养殖管理

水产养殖空间利用冲突有许多类型。本文审议了两类最重要的冲突, 即水产养殖和渔业对空间的直接竞争以及贝类养殖对空间的间接竞争, 其取代或减少环境的生物学生产能力, 从而最终降低渔业生产力。这些研究值得注意的不仅是应用的技术, 而且是事实上利用GIS来预测冲突, 而不是事后报告。



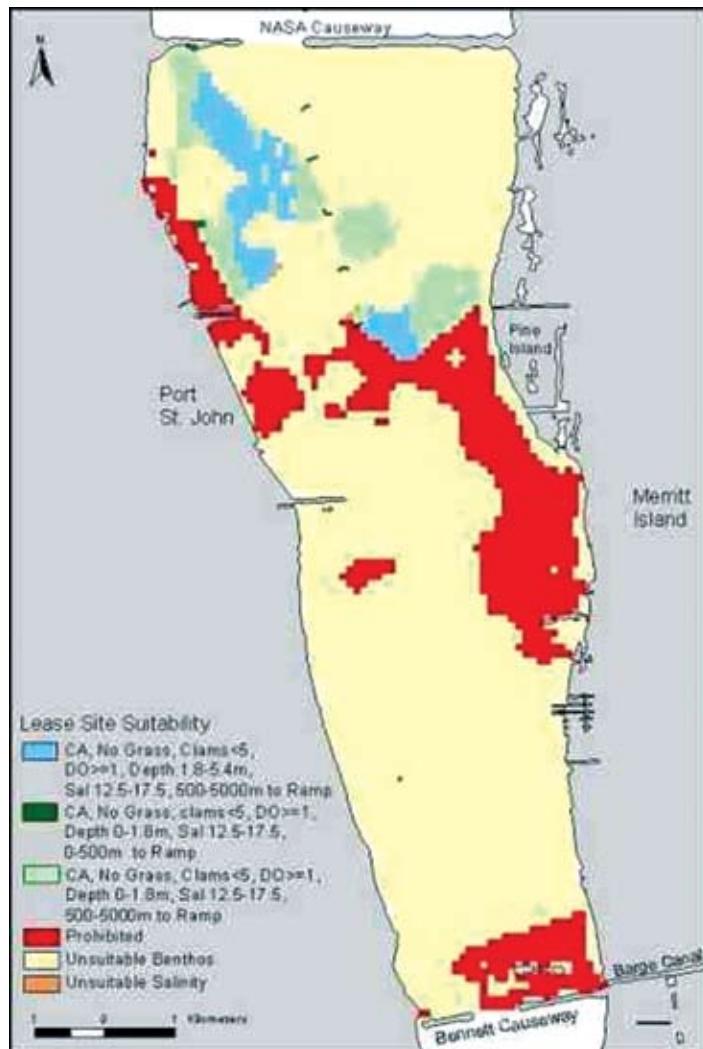
为支持在美国佛罗里达州发展硬壳蛤养殖，阿诺德（Arnold）、诺里斯（Norris）和布利甘（Berrigan）（1996年）、阿诺德和诺里斯（1998年）和阿诺德等（2000年）<sup>3</sup>进行的研究提供了在预测竞争性利用方面应用GIS的一个好的例子，包括渔业和其他用途，涉及影响蛤的产量和水产养殖租赁区的可持续性的因素。后者的研究也值得注意，其展示了用于一个区域的GIS可以适用于水产养殖不同发展阶段的另一个区域。

佛罗里达州蛤类养殖快速发展，但问题出现在公共拥有的底层。为解决问题则需要养殖地点支持经济可行的生长和存活，而又不直接或间接影响其他功能，例如初级生产、航行和渔业，特别是捕捞蛤的渔业。

作者在佛罗里达东岸的印第安河泻湖处理了这些问题，采用了一系列制约因素，初步排除海草生境以及自然蛤的高产区域，后者是避免与捕捞蛤的渔民发生冲突。排除的其他区域包括具有不利盐度和溶氧条件以及靠近航道和船坡道的区域。最后，考虑了具有相对值的几个类别：（1）批准（任何时间可捕捞）以及有条件批准的贝类分类区（限制性捕捞），（2）到船坡道的距离（便于进入租赁地点），以及（3）深度（越深越难以撒播和捕获）（图3.22）。同样的标准适用于佛罗里达西海岸夏洛特港，并产生了一系列新的区域预计地点。

<sup>3</sup> GISFish的一个案例研究。

图 3.22  
佛罗里达印弟安河泻湖租赁的贝类捕捞C区适宜文蛤养殖的区域



图标: CA=有条件批准的贝类捕捞区; DO=溶氧(毫克/升); Sal=盐度(ppt); 米的范围代表水深(第一)或到最近的航道的距离(第二)。

注: 不适合分类领域是由于海草而不适合硬壳蛤养殖的区域, 我们1994年的调查记录了蛤的高密度种群, 在1987年至1998年之间记录了低水平的溶氧, 过度水深或靠近航道, 或低盐度条件不利于蛤的生存。在余下的地区, 不符合贝类捕捞水质标准阻止了再细的分类(=禁止或有条件限制分类)。

来源: 阿诺德等(2000年)

作者强调, 产生的地图和数据应被看作是分配蛤租赁点的起点, 而不是终点, 因为许多标准(例如水质模式、深度和蛤的密度)可能需要再考虑或折中。作者确定的改进包括确定私人拥有的财产合计以及在区域和生境之间核算蛤的不同增长模式。

沿海资源管理中心（1999年）<sup>4</sup>基于克什纳的工作，论述了用于评估潜在冲突的项目，原因是切萨皮克湾美国弗吉尼亚州部分的沉水植被（SAV）（大叶藻和川蔓藻）被目前密集的硬壳蛤养殖区替代。

潜在的冲突源于SAV为鱼类和商业上重要的蓝蟹提供重要的生境以及作为水鸟的食物来源。硬壳蛤的养成涉及使用固定在底部的覆盖盘和大型网，以免被掠食。盘和网杀死了现有的SAV，并阻止其在养殖区域生长。

基于生产因素开发了蛤养殖生境适宜性指数，包括盐度、沉积物类型、水深（深度<1米允许清洁网）、暴露于风浪的情况，宣布限制的不允许使用的区域（粪大肠菌数量高）。为每个因素指定阈值，分为三个等级（高、中、低度适宜蛤的生境）。通过在两个小湾目前比较合适的水产养殖区，初步确认了蛤类模型。在一个小湾有良好对应情况，另一个没有。暴露情况被确定为是有问题的生产要素。同样，基于水质、水深、暴露于波浪的情况，开发了SAV生境适宜性模型，并依此基于光衰减情况确定水质模型。水深、暴露于波浪的情况被分配到相同的蛤生境阈值。与蛤类模型相似，生境也有三个类别：高、中和低。在评估SAV实际分布模型时，深度的限制显然过于严格。蛤和SAV生境适宜区域的重叠产生了潜在冲突模型（图3.23）。

研究结果是，目前在养殖蛤和SAV之间很少有冲突性利用，但约46%的研究区域在养殖蛤的面积扩大时，潜在冲突可从中度到高度，同时，SAV生境区有从中度到高度的潜在可能。

该项目不是为潜在冲突提供彻底解决办法，而是提出目前情况，并确立和测试分析方法。在这方面，简单的GIS模型，尽管在一些生产要素方面的阈值有不足，但提供了很好的起点，为进一步的政策辩论确定了几种选择。

在丹麦利姆水道，多尔曼（Dolmer）和吉特内（Geitner）（2004年）论述了创立GIS作为管理工具，以帮助增加最近开展的贻贝养殖，同时考虑捕捞贻贝（8万-10万吨/年）和牡蛎（850吨）的重要渔业，以及捕捞鲱鱼和贝苗（未提及物种名称）的渔业。使用耙网捕捞这两种贝类。

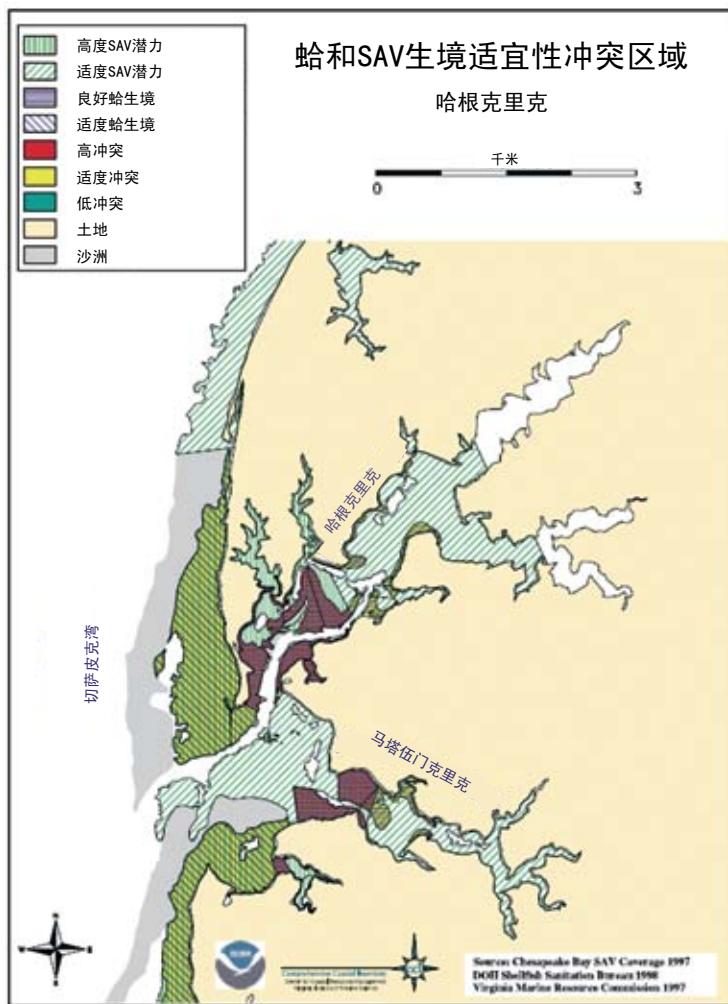
按3个类别排列GIS数据：（1）没有供贻贝生产的区域（公共约束），（2）有养殖可能的区域以及（3）由于渔业而限制的具体区域（表3.8）。

这些类别由来自各级政府的大量机构的技术专家确定。对有养殖可能性的区域进行了简易分界，对特定区域显示的限制范围从0到9。通过年度或两年一次的抽样确定贻贝和牡蛎捕捞区的重要性。贻贝和牡蛎密度低的区域被认为可用于贝类养殖（图3.24）。目前还没有捕捞鲱鱼和贝苗的拖网渔业的比较数据，因此水深高于6米的区域被用作替代标准确立可以进行拖网的区域。

政府机构和潜在贻贝养殖者利用GIS作为规划工具。GIS的其他可预见能力包括预计养殖场数量和密度的承载能力以及确定有污染问题的区域。

<sup>4</sup> GISFish案例研究。

图 3.23  
蛤和SAV生境适宜性冲突区域



来源：沿海资源管理中心（1999年）

### 3.3.3 在海藻养殖中引入地理信息系统

实施了标题为“巴西东北部小型海藻养殖”的粮农组织-巴西联合项目，总体目标是通过促进可持续水产养殖实践支持贫穷的沿海社区的社会发展（Soares de Souza, 2003年）。该项目提出的战略用于测试引进延绳养殖江蓠的可能性，并评估扩大到三个州，即塞阿拉、北里奥格兰德和帕拉伊巴州的5个社区的潜力。该项目期限为两年。

GIS被用于该项目（1）评估选定的三个州海藻养殖潜力，以及（2）确定巴西东北部其他州有海藻养殖潜力的区域。海岸线、风、海流和水深是确定地点养殖适宜性的主要因素，确定了场点，然后进一步从经济角度分析被选定的场点，预计每个场点（1）距离和（2）社会特征（即养殖经验、社会团体地位以及受益于养殖的家庭数量）。开发了简单但很全面的模型（包括系统查询语言的查询），整合上述环境和社会数据。

该模型产生的结果是按1:150000比例的每个州的大量地图，说明可供选择的地点，沿约1000千米海岸线养殖海藻的潜在地点。结果表明，海藻养殖有巨大潜力；确定了塞阿拉州东海岸2324公顷（图3.25）、西海岸713公顷；北里奥格兰德州北海岸1081公顷和西海岸930公顷；帕拉伊巴海岸1256公顷的面积。

这是一项新的研究，因其涉及海藻，并在分析每个养殖点的适宜性时考虑了重要的社会因素。

该项目的后续行动是2006-2010年期间的为期五年的“沿海社区发展”单边信托基金（UTF）项目。该UTF项目将收集和在GIS中输入所需信息，对每个州事先选定15个新站点进行进一步分析。设想确立综合性海水养殖和手工渔业的GIS，包括生产者培训以及可用于监测项目影响的系统计划（Freddi and Aguilar-Manjarrez, 2005年）。

### 3.4 经济、社会-经济和GIS

本节论述了应用GIS的经济和社会-经济情况。从根本上说，水产养殖的所有方面均有经济学基础，但很少有研究将水产养殖地理和经济考虑相结合。为此，本文合并了现有的应用情况，概要见表3.4和3.5。

海水养殖发展和管理的成本和效益对政府和商业领域均很重要。事实上，海水养殖的所有方面具有影响可持续性的经济意义。因此海水养殖的所有经济方面也具有空间特征，可以通过制图、遥感或GIS进行处理。在海水养殖经济中

表 3.8  
在利姆水道规范双壳贝类产量的GIS管理工具中描述的因素

不用于贻贝养殖的区域

港口  
疏浚底泥存放地  
被排放水污染的河流  
局部受污染区  
管道和电缆

用于某些类型贻贝养殖的区域

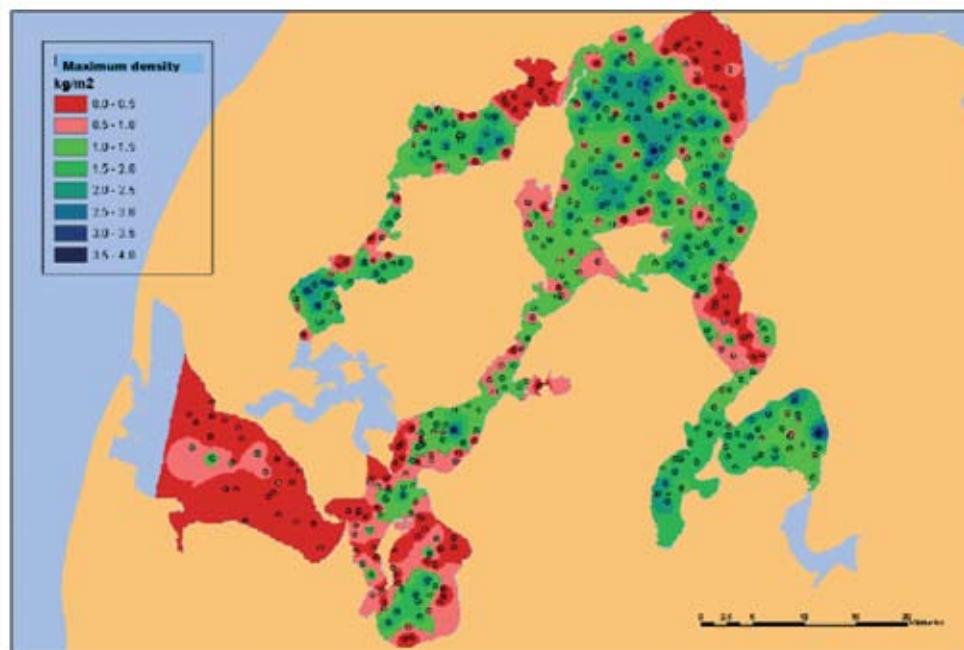
受国际自然保护法令规范的区域：生境-拉姆萨尔-鸟类法令  
受国家自然保护法令规范的区域  
禁捕贻贝区  
苦草和大型海藻区  
包括监测大型海藻计划的区域  
石礁区  
靠近凉亭区  
靠近海水浴场区  
航行标志和通道  
抽取沉积物区

捕捞区

贻贝  
牡蛎  
鲱鱼/小鲱鱼

来源：多尔曼和吉特内（2004年）

图 3.24  
1993-2003年利姆水道贻贝最大密度



注：圆圈表示取样站。

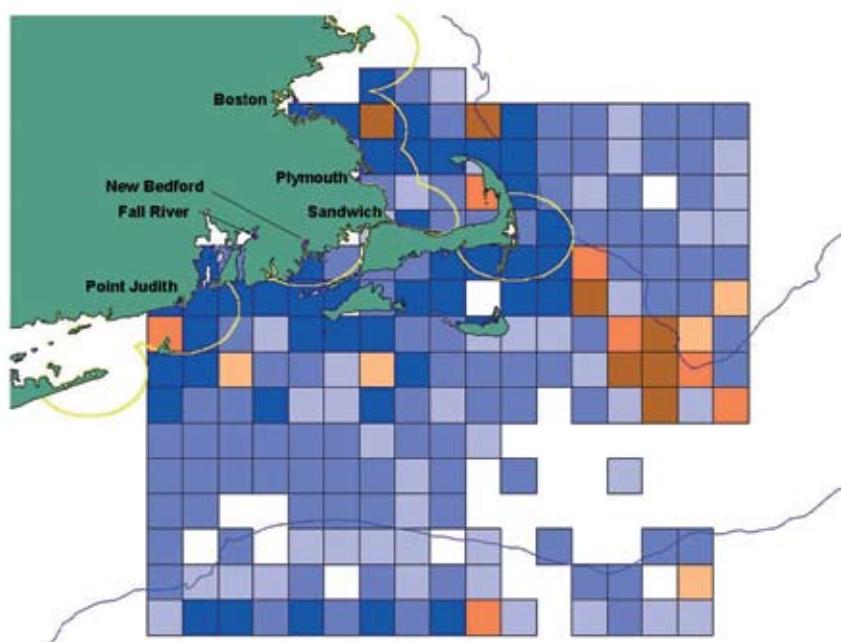
来源：多尔曼和吉特内（2004年）

图 3.25  
按GIS分析（绿色区域具高度潜力，橙色区域中度潜力）的帕拉伊海藻养殖潜在区域例子



来源：苏亚雷斯塞德苏扎（2003年）

图 3.26  
新英格兰地区商业捕捞价值



注：马萨诸塞州海岸海水养殖和商业捕鱼经济价值。方框为地理10分块，展示1995-97年春季、夏季和秋季各种类型商业捕鱼的预计平均净收益。颜色代表在这一期间所有渔船合计的平均预计净盈利或亏损：深蓝色（亏损）： $< -25000$  美元；淡蓝色（亏损）： $-25000$  到  $0$  美元；米色（利润）： $0$  到  $25000$  美元；橙色（利润）： $25000$  到  $50000$  美元；浅棕色（利润）： $5$  万至  $10$  万美元；深褐色（利润）： $> 10$  万美元。划定的黄线为预计的网栏养殖大西洋牙鲆竞租区（积极利润区）（在新英格兰为春季到秋季）。

来源：伍兹霍尔海洋所海洋政策中心（2003年）  
<http://www.lib.noaa.gov/docqua/nmaimages2001/finrepwhoi.htm>

应用GIS的机会一般与分区和选址有关。具体来说，GIS分析可用于（1）评估从岸上到外海设施提供服务的时间和距离的成本替代，（2）确定适合养殖结构的自然条件（例如深度、流速、波能，风暴发生率），（3）整合适合养殖生物生长和存活的环境条件的生物经济模式（例如温度、流速、叶绿素-a），（4）评估岸上支持地点和养殖设施的替代成本（例如采购、通信、饲料和养殖产品运输），和（5）评价海水养殖发展潜力对空间的竞争性利用。

### 3.4.1 经济和网箱养殖

在竞争性利用的经济评价方面，霍格兰等（2003年）确定和编撰了新英格兰地区商业捕鱼产值的数据。图3.26描绘了马萨诸塞州沿海商业捕捞的平均净产值（加阴影的10分方块）以及可在网栏中养殖大西洋牙鲆的经济可行区域（黄线）。这类GIS数据层可用以更好了解分配区域进行水产养殖以外的利用的机会成本。

### 3.4.2 全球水产养殖的经济和社会-经济

佩雷斯、穆尔 (Muir) 和罗斯 (2000年) 报告了与贫穷有关的水产养殖空间建模在国家一级进行的全球研究的初步结果。值得注意的是，这项研究考虑了贫穷情况、其全球范围以及取决于在国家一级可以获得有限比较数据的建模。该研究的目标是：（1）确定水产养殖是重要活动的最贫穷国家，如作出改进，该活动将更为重要，以及（2）确定的国家不一定最贫穷，但对水产养殖依赖度高。

基本上，作者利用GIS产生在国家一级的结果作为得分1-12级的专题图。该图以多种方式结合了贫穷以及对水产养殖依赖的模型。第一种模式基于两个指标确定了最贫穷的国家。然后，利用国民生产总值数据来确定每个国家的贫穷程度。开发的第二个模型用以确定水产养殖十分重要的国家。重要性基于国家对水产养殖的直接和间接依赖。直接依赖按照产生的内部消费和就业计算，间接重要性采用水产养殖产量和出口数来衡量。通过考虑国家一级的贫困和水产养殖的重要性，对结果做进一步改进。通过对贫困和水产养殖重要性的不同加权，对贫穷-水产养殖的两种情况作了区别：（1）最贫穷国家中水产养殖是重要的（图3.27），以及（2）依赖水产养殖的国家，这类国家至少是中等贫穷（图3.28）。另一个综合专题图确定了最依赖水产养殖的国家，不考虑贫困水平。

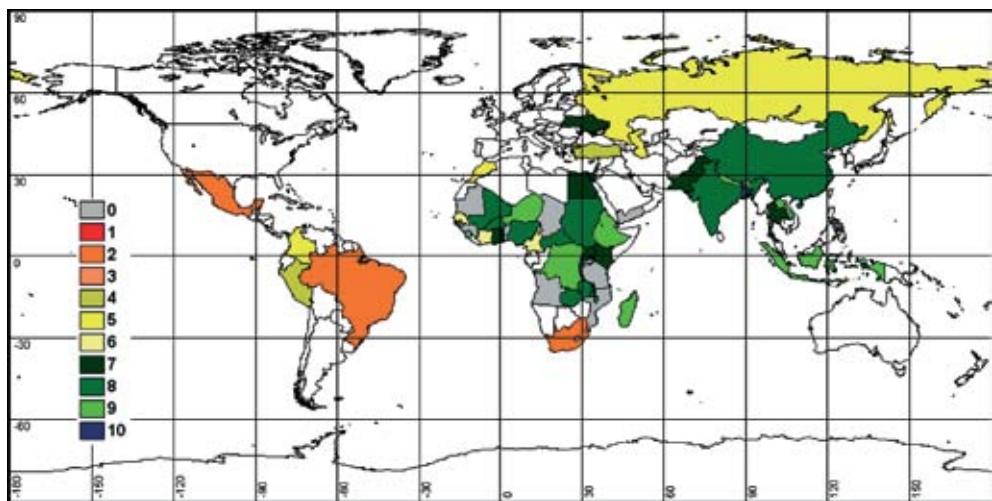
作者指出了限制研究的几个因素，包括在贫穷指数方面缺乏对所有国家在国家一级的可比较数据，以及由于缺乏公布的数据，需要预计水产养殖消费和出口。虽然该研究发现国家具有水产养殖潜力可使穷人收益，但要确定改善办法。在最贫穷国家，水产养殖将最合适。

另一个以GIS为基础的全球研究涉及气候变化对水产养殖的影响 (Handisyde *et al.*, 2006年)。气候变化的影响可以是直接的，例如，改变水的可获得性、温度和极端气候事件的危害，或间接的，例如鱼粉成本增加影响水产养殖饲料成本。GIS的作用是确定水产养殖受气候变化影响的生计脆弱区域。该模型（图3.29）确定脆弱性作为对气候变化影响和敏感性以及适应能力的函数。分析程序是熟悉的：（1）每个生产功能（层）被重新分类，以便其内部构造具有从1至5的大幅度，（2）采用多标准评价（MCE）加权线性组合以及按专家意见确定的置于层上的权重，结合子模型和主模型的数据层。

整体上最脆弱的地区为亚洲、非洲和拉丁美洲部分地区（图3.30）。采用了7个其他模式，每一个强调不同的脆弱性（例如粮食安全脆弱性、海水养殖对飓风的脆弱性），每个模型确定受影响最重的地区和国家。

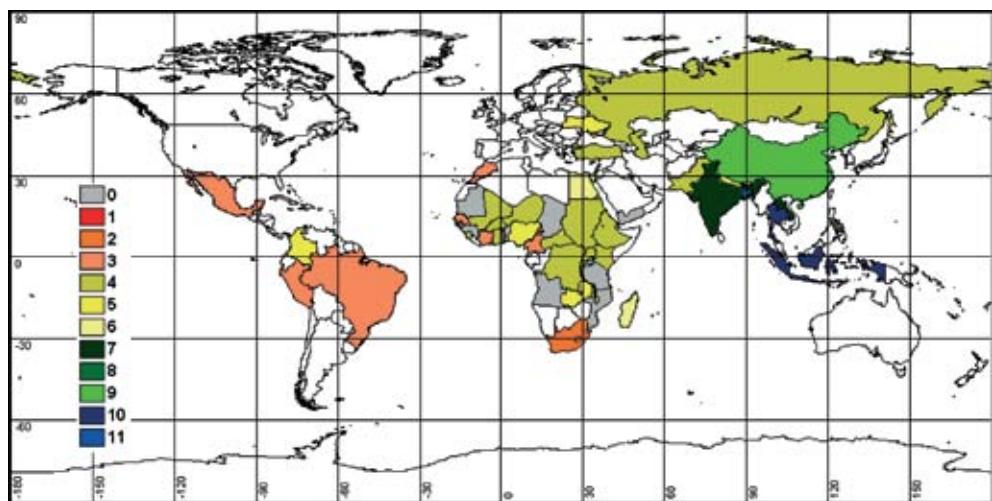
根据作者的意见，大量的因素影响研究结果。其中包括分辨率变化层次数据，通常有关极端事件、人口和气候数据具有最高分辨率，而社会、政治和经济数据只有国家一级的。所有区域的数据有着更高分辨率则更好，但在全球研究中难以满足。另一个因素是按气候变化模型比较目前脆弱性与预测的未来变化。然而，结论是目前的脆弱性是未来状况的最佳代表。需要注意的是，较大的重点组（研究组只有6人）将扩大经验，取得的成果在统计上更健全。要强调的是，评

图 3.27  
依赖（直接和间接）水产养殖的穷国



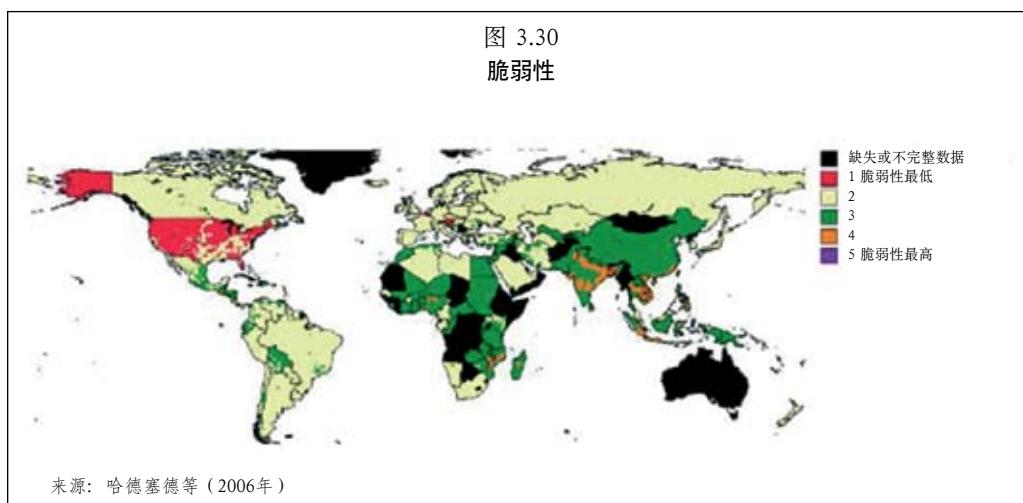
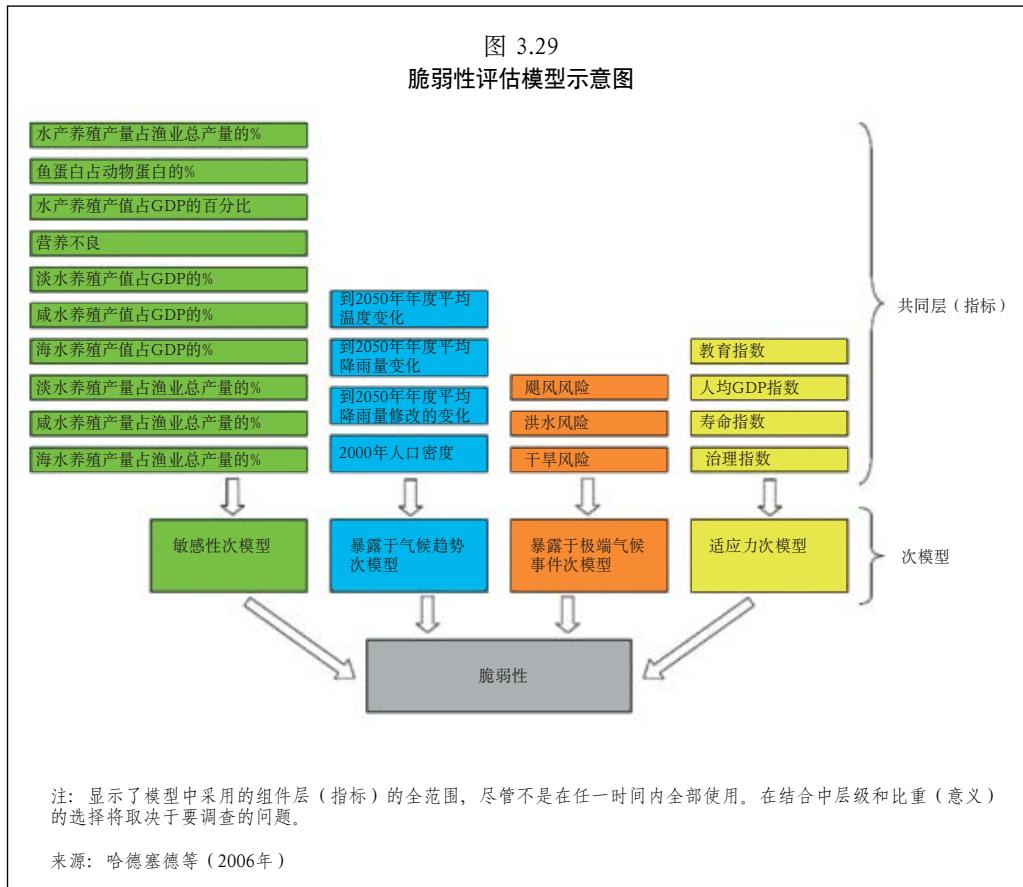
来源：佩雷斯、穆尔和罗斯（2000年）

图 3.28  
最依赖（直接和间接）水产养殖的至少是中度贫穷的国家



来源：佩雷斯、穆尔和罗斯（2000年）

估目的是突出可能脆弱的区域，以此来确定需要进行更详细调查的区域。利用空间数据和GIS提供的结果优于通过在国家和问题的地理范围内确定受影响区域数值指标所得出的结果，但结果被视为是指标性的。



## 4. 利用遥感和GIS预测专属经济区开阔海域水产养殖潜力：观测

### 4.1 介绍

在本节中，我们论述“是否有足够的免费下载的基本数据，使任何国家在观察水平上可以评估其开阔海域海水养殖（OOA）潜力？”的问题。我们的基本目标是鼓励发展中国家，特别是目前具有适度规模海水养殖生产的国家，作为水产养殖可持续发展战略规划进程的一部分，探索海水养殖潜力。

### 4.2 材料和方法

此项研究利用的GIS是Manifold的6.0和6.5版（CDA国际有限公司）。采用Manifold的原因是价格低廉（目前最广泛使用的GIS软件的约五分之一费用），但功能齐全。

选定美国作为开展研究的国家，原因是该位高级作者在美国居住，他熟悉国家一级的外海水产养殖问题以及具有本研究包括的一些沿海区域的第一手知识。美国专属经济区开阔海域海水养殖潜力观察水平的研究是适时的，因为最近已向美国立法部门介绍了外海水产养殖法案。

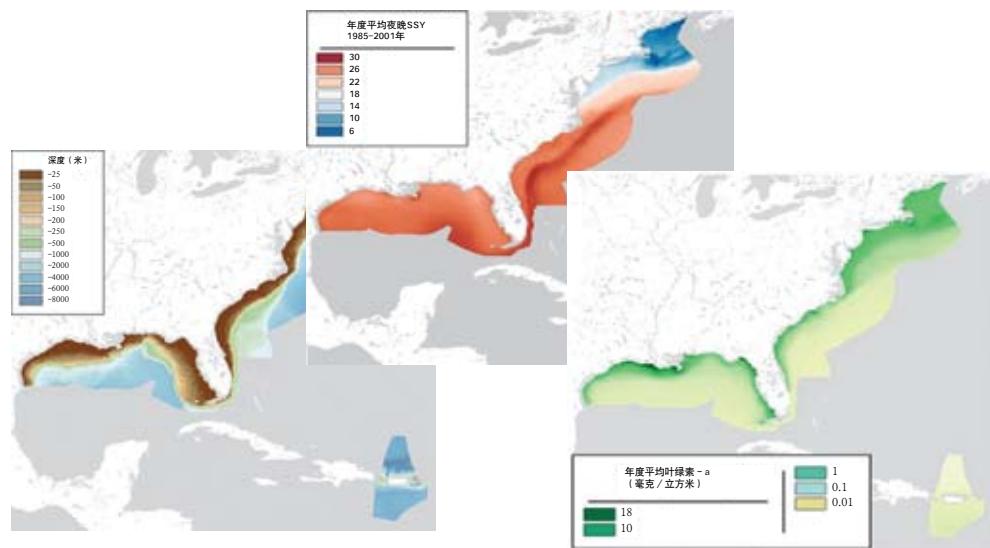
研究区域、指标物种和养殖系统。我们的目标是，通过选择不同环境、物种和养殖结构，预测指标性的水产养殖潜力。在这方面，我们的研究区域包括大西洋、墨西哥湾和波多黎各-美属维尔京群岛专属经济区。因此，美国领土一个海岸的约160万平方千米的广阔范围作为研究区域，涵盖非常广泛的气候和环境条件（图4.1）。

在现实性和广泛适用性方面，我们选定已经在美国近岸水域和其他国家养殖的物种。有4个国家养殖军曹鱼，2004年产量约2万吨。军曹鱼是很有养殖前途的种类，具有快速增长率、忍耐力强和肉质好的特点，可在1年长到4-6千克（Arnold, Kaiser and Holt, 2002年）。贻贝的重要性是公认的。有16个国家养殖贻贝，2004年产量约42.3万吨（粮农组织，2006年a）。此外，我们应该对养殖生物的营养水平、温度状况和养殖系统进行对比。军曹鱼是温水鱼类和顶位捕食者，提供了“投饲水产养殖”的例子，军曹鱼需要配方饲料。与此相对应的，贻贝是冷水、滤食性贝类，提供了“挖掘式水产养殖”的例子。前者在网箱养殖，而后者使用几种类型悬浮装置，包括延绳。

图 4.1  
研究区域



图 4.2  
基础数据: 测深, SST 和叶绿素-a



## GIS数据

本研究的空间数据由三个部分组成：（1）界限，（2）水深和（3）SST和叶绿素-a环境。EEZ数据随时可从海岸测量获得（2006年），然而，州向海的界线的数据，通常为3英里（4.8千米），但有时为9英里（14.5千米），州和联邦政府之间没有解决界限的区域已被数字化。

测深（图4.2）来自于2分分辨率的全球地貌数据集 – ETOPO2（2001年版；National Geophysical Data Center, 2006年）。这些数据可交互下载，通过国家地球物理数据中心网格翻译器，按照希望的地理区域选择文件格式（GEODAS）（2006年）。

环境数据是SST和叶绿素-a气候（图4.2）。SST气候分辨率为4千米，基于1985年至2001年夜间获得的数据（National Oceanographic Data Center, NOAA, 2005年）。叶绿素-a数据分辨率约9千米，数据来自1998年至2003年期间（National Oceanographic Data Center, NOAA, 2004年）。

## 阈值

基于伍恩（Ueng）等人（2001年）和M.J. 奥斯特林（Osterling）（个人通信，2005年）提出的军曹鱼在28-32°C增长率最高以及低于20°C增长降低的结论，建立了有关军曹鱼增长的温度阈值。他们认为，增长速度一半的变化由温度变化引起。M.J. 奥斯特林（个人通信，2005年）指出，他提出的军曹鱼在温度21-28°C范围，温度越高增长越快。他和其他人提出，军曹鱼在温度低于20°C时“离开饲料”。因此，保守的阈值定为<20°C，不投喂；20-25°C，增长；>25°C更好增长。这些条件的空间分布见图4.3。

关于贻贝增长的温度阈值，霍顿汉（Horton）（2003年）指出，温度范围为5-16°C是食物数量和质量影响增长的最重要因素。萨克贝（Saxby）（2002年）对10个国家商业双壳类养殖地点的条件进行了世界范围的回顾。他认为，温度和食物可获得性是影响增长的主要因素，他还指出，10至18°C的温度促进贻贝良好增长。纽厄尔（Newell）（2001年）指出，最高温度应低于20°C，以阻止夏季大量死亡，他还表示，贻贝的生存和发展迅速，在一些地点夏季最高温度21.1°C以下，贻贝存活并快速增长（Newell, 2003年）。岛屿研究所（1999年）就美国缅因州贻贝养殖制作了指南。结果发现，增长所需的温度从4.4到21.1°C，但温度超过18.3°C开始死亡，足丝失去力量。因此，与增长有关的保守温度阈值确定在<4.4°C太冷，难以增长；4.4到18.3°C增长；>18.3°C太热，难以生长和存活。这些阈值的空间分布见图4.4。

萨克贝（2002年）发现，养殖点叶绿素-a平均浓度顺序以1-10毫克/立方米为主，在此范围内，双壳类的增长没有因缺乏营养物受到大的限制。英格利斯（Inglis）（2000年）审议了新西兰港湾绿贻贝（贻贝近亲）可持续养殖的承载能力，制作了叶绿素浓度与增长有关的“通用”准则。他发现，在浓度低于1毫克/立方米时增长不好，但在其上增长加快，直到叶绿素浓度达到8毫克/立方米，高于此难以确定增长是否继续得到改善，或由于难以获取食物而下降。与

图 4.3  
军曹鱼生长和水温

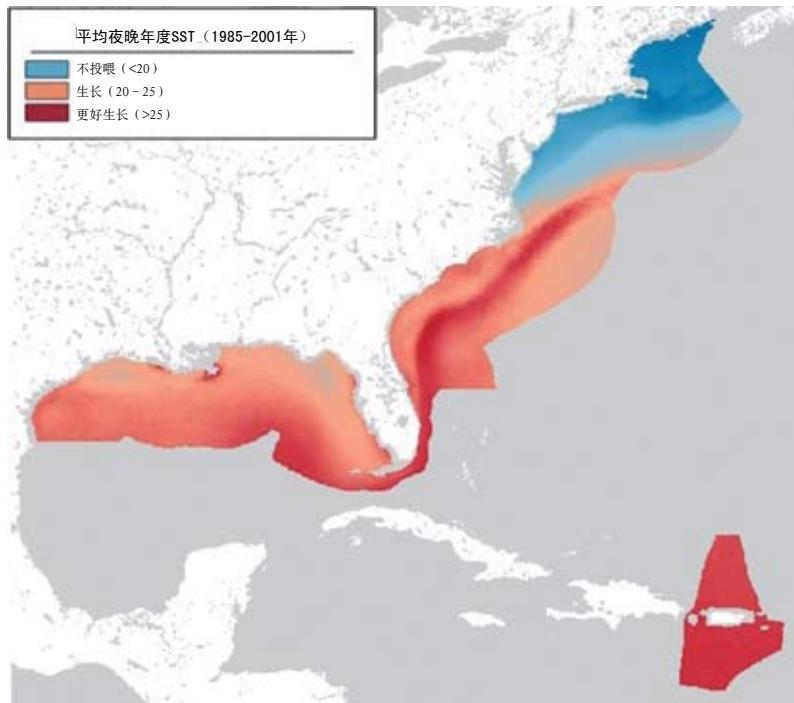


图 4.4  
贻贝生长与水温

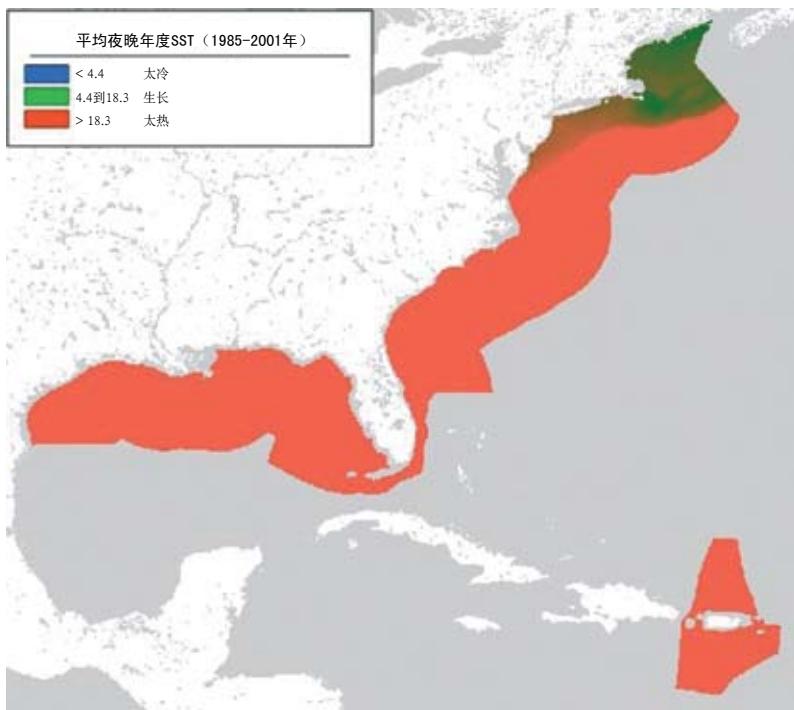


表 4.1  
实验和商业网箱设施深度特征以及来自制造商的规格

实体	地点	网箱类型	物种	地点深度 (米)	网箱垂 直深度 (米)	从表面到水 下深度 (米)	网下明 显深度 (米)	来源
<b>试验和商业设备</b>								
笛鲷养殖公司	美国波多黎各	可沉降外海网箱	双色笛鲷、军曹鱼	30	15	12	3	奥汉龙等, 2003 p. 263, 见OOA; <a href="http://www.snapperfarm.com/2006/aboutsnapperfarm.htm">http://www.snapperfarm.com/2006/aboutsnapperfarm.htm</a> and .
凯特国际	美国夏威夷	可沉降外海网箱 3000	六丝多指马鲅	31	15	12	4	<a href="http://www.oceanicinstitute.org/_oldsite/techtransfer/seacage.html">http://www.oceanicinstitute.org/_oldsite/techtransfer/seacage.html</a> ; 拜比和拜雷-布洛克, 2003 p. 119 见OOA
科纳蓝水养殖场	美国夏威夷	可沉降外海网箱 3000	长鳍鲷	61-67	20	6-9	32-41	<a href="http://seattlepi.nwsource.com/local/260433_kampachi22.html">http://seattlepi.nwsource.com/local/260433_kampachi22.html</a> 科纳蓝水养殖场 (2003 )
新罕布什尔大学	美国新罕布什尔州	海上养鱼网箱 (SS600)	庸鲽	52				<a href="http://ooa.unh.edu/">http://ooa.unh.edu/</a>
墨西哥湾外海水产养殖 联营企业	美国密西西比州	海上养鱼网箱600 立方米	美国红鱼	25				<a href="http://www.marsc.org/oac/Phase%201%20RP1.pdf">http://www.marsc.org/oac/Phase%201%20RP1.pdf</a>
SUBFlex有限公司 (制造商)	以色列	开阔海域可沉降水 下弯曲型	N/A	60				<a href="http://www.subflex.org/">http://www.subflex.org/</a>
<b>制造商的规格</b>								
海水养殖晶石公司 (制 造商)	美国华盛顿州	海上设施完全淹没 或浮动	N/A	>25				<a href="http://www.oceanspar.com/files/OceanSpar_SeaStation.pdf">http://www.oceanspar.com/files/OceanSpar_SeaStation.pdf</a>
海水养殖国际 (制 造商)	瑞典	海洋养殖4500	N/A	25		3		<a href="http://www.farmocean.se/General.pdf">http://www.farmocean.se/General.pdf</a>
Helgeland Holdings AS (制造商)	挪威	环极可沉降	N/A			3-20		<a href="http://www.polararchkel.no/gbframedensk1.htm">http://www.polararchkel.no/gbframedensk1.htm</a>
SUBFlex有限公司 (制造商)	以色列	开阔海域可沉降水 下弯曲型	N/A	50-80	12			<a href="http://www.subflex.org/">http://www.subflex.org/</a>

图 4.5  
贻贝生长和叶绿素a浓度

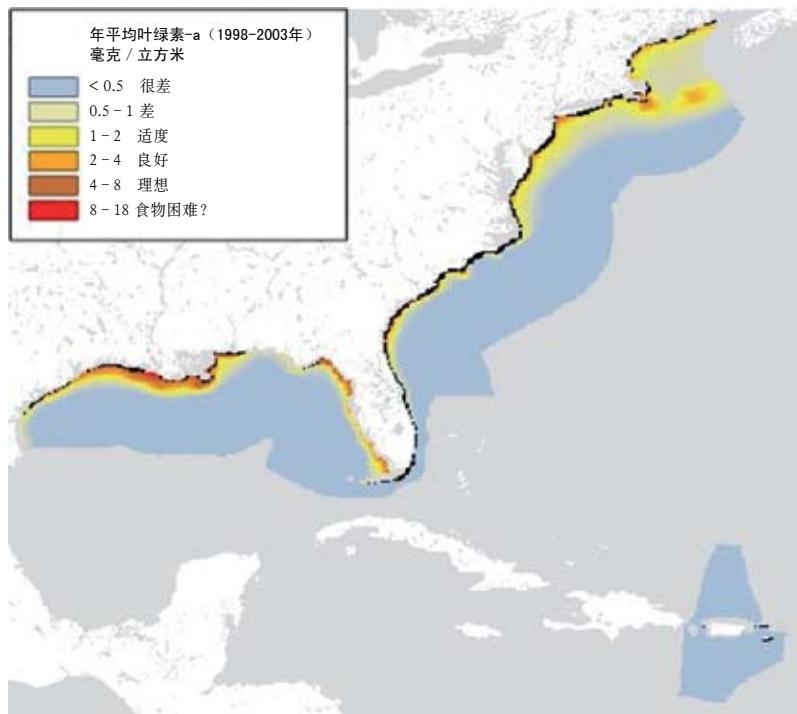
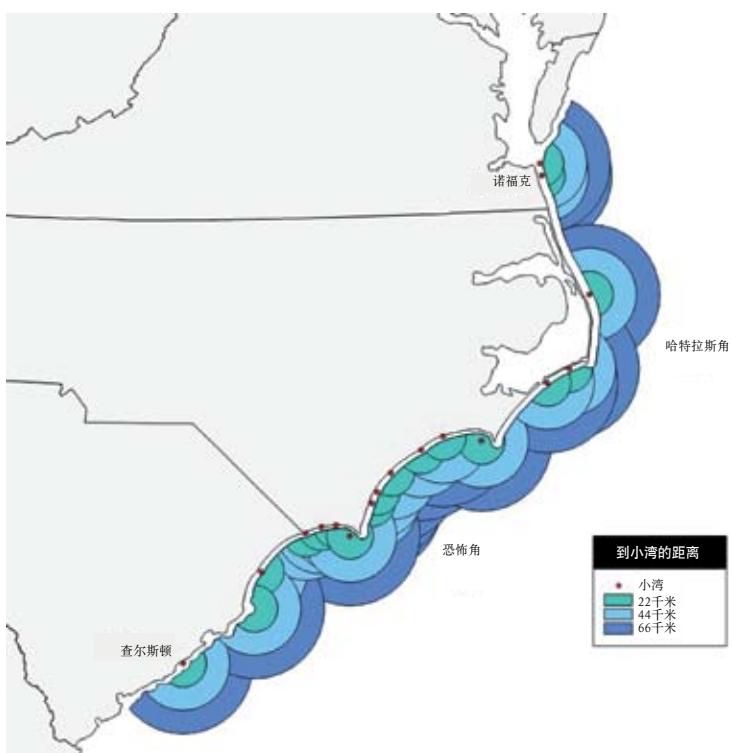


图 4.6  
从小湾在1、2和3小时单程航次到达养殖海域 (22、44和66千米)



叶绿素-a浓度有关的贻贝增长阈值的空间分布见图4.5；但由于贻贝的这些阈值的不确定性，保守地确定分析阈值为<1毫克/立方米不增长；1-8毫克/立方米增长；>8毫克/立方米可能难以获取食物。网箱深度阈值基于实验和商业设施目前的实践以及制造商提供的网箱规格（表4.1）。了解的场点最小深度为30米，但一个制造商建议>25米。因此，确立的最小深度为25米，以避免网箱下的自身污染。了解的最大深度为67米。虽然有一个制造商建议深度可能大于100米，要求特别系泊和锚定，但这些仍然是在绘图板上的。此外，在水深大于100米时检查系泊和锚定结构将是棘手的（Johan Obling，海水养殖国际，个人通信，2006年）。因此，将100米作为现有网箱的实际技术和经济限制。新罕布什尔大学（UNH）外海贻贝设施深度为40米，延绳沉下12米（CINEMAR，2005年）。因此，网箱-25到-100米深度限制大致适合支持水下延绳上的贻贝养殖结构。

不系链结构（自由浮动或推进网箱）可按网箱最小规格放置在浅水、25米以及更深区域。

### 获得数据

如1.4.1节所述，从岸上支持设施到外海养殖设施是评估潜力的一个不可缺少的标准。从南弗吉尼亚靠近诺福克到南卡罗来纳南部靠近查尔斯顿大约700千米的大西洋沿岸被选定用于分析从小湾到最近的适合军曹鱼养殖区域的时间和距离。这一段海岸之所以入选，是因为其中一位作者生活这一地区近中心地带，并拥有关于小湾的第一手知识。此外，该段海岸的数字海图数据已经完成。图表数据是重要的，因为海图上小湾的位置由“安全水域”浮标标志着从海到小湾的通道。单程服务船程设定为1、2和3小时（22、44和66千米）范围。这些阈值是根据这位高级作者对约11米长的单螺旋玻璃钢船体的柴油动力渔船的航速观察（图4.6）。相比之下，凯特-鲍威尔（Kite-Powell）等（2003年）在其鱼类养殖的生物经济模型中采用了更大但船速较慢的船。速度为15千米/小时，有效载荷能力为30吨。

上述数据类别连同相应阈值的摘要见表4.2，构成了评估美国开阔海域海水养殖潜力的基础（大西洋、墨西哥湾和波多黎各-美属维尔京群岛EEZ）。

### GIS分析

该分析基于GIS，包括输入、地理注册、收获、表面轮廓、缓冲、覆盖和查询。

## 4.3 结果

深度和结构。沿墨西哥湾和大西洋沿岸多数地方有狭窄的边缘，对系链结构来说（如网箱和延绳养殖）水太浅（图4.7）。这类区域占EEZ面积的9%。邻近的向海区域有19%的深度适合系链结构。有72%的广阔区域对网箱和延绳养殖来说太深，可以放置非系链结构（不固定或推进浮动养殖场）。与墨西哥湾和大西洋海岸相比，波多黎各-美属维尔京群岛的所有区域对系链结构来说太深。当然，非系链结构可以占用适合系链结构的区域。

表 4.2

美国用于评价开阔海域水产养殖潜力的阈值综述（大西洋、墨西哥湾和波多黎各-美属维尔京群岛EEZ）

空间数据 和来源	数据	分辨率和 比例	特征数据范围	阈值
SST年度平均 NOAA国家海洋数据中心 ( 2005 ) <a href="ftp://data.nodc.noaa.gov/">ftp://data.nodc.noaa.gov/</a> <a href="http://data.nodc/pathfinder/Version5.0_Climatologies/">pub/data.nodc/pathfinder/Version5.0_Climatologies/</a>	1985-2001	4 千米	6 - 30 °C	军曹鱼增长和水温: 不投喂 (<20) 增长 (20-25) 更好增长 (>25)  贻贝增长和水温: 太冷 (< 4.4 ) 增长 (4.4 to 18.3) 太热 (>18.3)
叶绿素-a年度平均 NAOO国家海洋数据中心 ( 2005 ) <a href="ftp://data.nodc.noaa.gov/">ftp://data.nodc.noaa.gov/</a> <a href="http://data.nodc/pathfinder/CoralAtlas/">pub/data.nodc/pathfinder/CoralAtlas/</a>	1998-2003	9 千米	0.01 - 18 ( 毫克/m <sup>3</sup> )	贻贝增长和叶绿素-a 浓度: 不增长 (< 1) 增长 (1 - 8) 难以获取食物可能 (> 8)
水深 ETOPO2 ( 2001 版; 国家地球物理数据 中心, 2006 ) <a href="http://www.ngdc.noaa.gov/">http://www.ngdc.noaa.gov/</a> <a href="http://gdas/gd_designagrid.html">mgg/gdas/gd_designagrid.html</a>	2001	2-min	-25 到 - 8000 ( 米 )	军曹鱼网箱和贻贝延绳 太浅 (< 25 ) 系链和不系链 结构 ( 25 -100 ) 对系链结构太深; 适合不系链结构 (>100)
进入 ( 小湾 ) MapTech 图像领航员和 NOAA ENC指引 ( 2006 ) <a href="http://ocs-spatial.ncd.noaa.gov/">http://ocs-spatial.ncd.noaa.gov/encdirect/viewer.htm</a>	Various	> 1:50 000	弗吉尼亚到南卡 罗来纳	从小湾的距离 22 千米, 单程1小时 44千米, 单程2小时 66千米, 单程3小时
边界 海岸测量办公室 ( 2006 ) NOAA: <a href="http://chartmaker.ncd.noaa.gov/cSDL/eez.htm">http://chartmaker.ncd.noaa.gov/cSDL/eez.htm</a>	2006	N/A	美国专属区 墨西哥湾、大西 洋和波多黎各- 美属维尔京群 岛区	N/A

**军曹鱼适宜性。** 基于增长和深度阈值, 有四类区域适合军曹鱼养殖, 一个区域不适合 (图4.8a和4.8b)。尽管图4.3中显示了适宜军曹鱼生长的广泛温度区, 但考虑深度时, 只有约12 % 的EEZ面积适合系链结构养殖 (即锚定网箱)。系链网箱是目前水深小于100米处从技术上可以获得的唯一养殖模式。大部分适合区域不靠近岸边。

**贻贝的适宜性。** 考虑到贻贝与温度相关的增长 (图4.4)、叶绿素-a浓度方面的食物可获得性 (图4.5) 以及深度, 只有约9 % 的EEZ总面积适合现有技术的延绳养殖贻贝 (图4.9a和4.9b)。

**进入。** 与三类时间-距离范围有关, 确定了养殖军曹鱼区域的不同适宜性 (图4.10a和4.10b)。总体上, 只有少数小湾到适宜军曹鱼养殖区的距离在22千米 (1小时), 仅占22千米区带内总面积的6 %。在17个小湾中只有4个位于适宜区域范围内。问题不是温度太冷, 而是深度太浅。随着深度增加, 状况有所改善。

图 4.7  
养殖结构的深度和适宜性

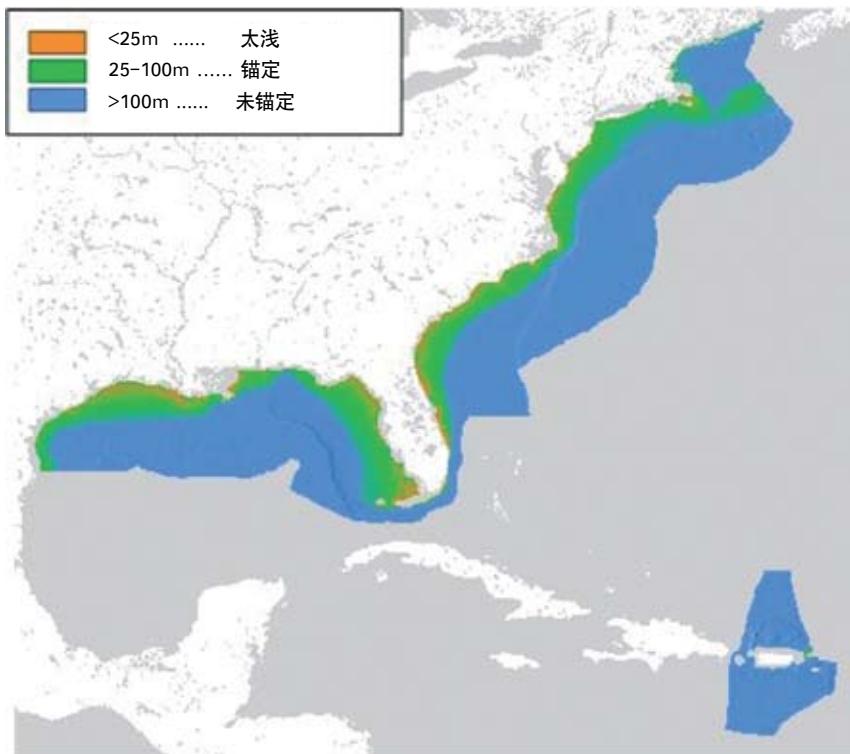


图 4.8A  
按养殖结果和增长的军曹鱼养殖适宜性

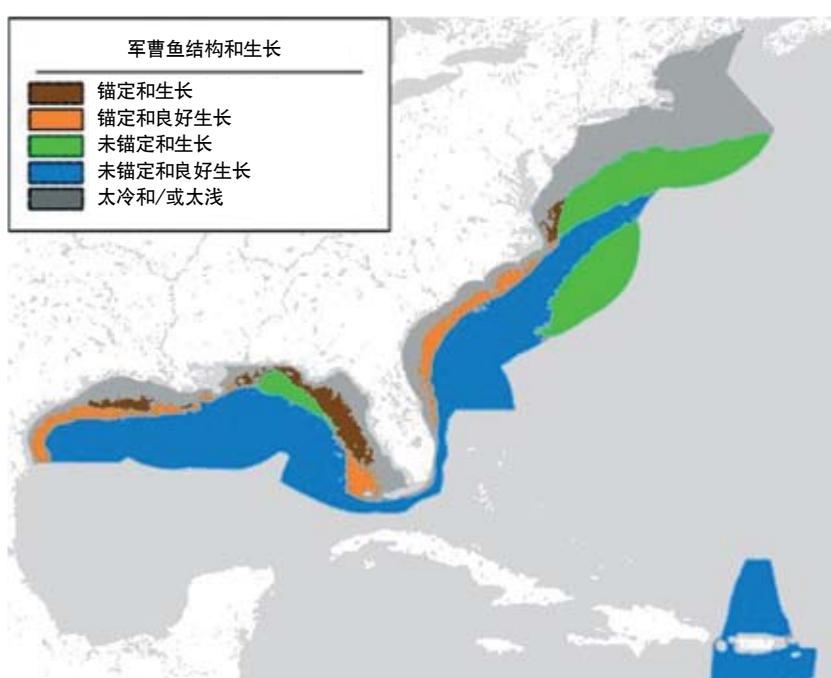


图 4.8B  
军曹鱼养殖的区域适宜性 (平方千米)

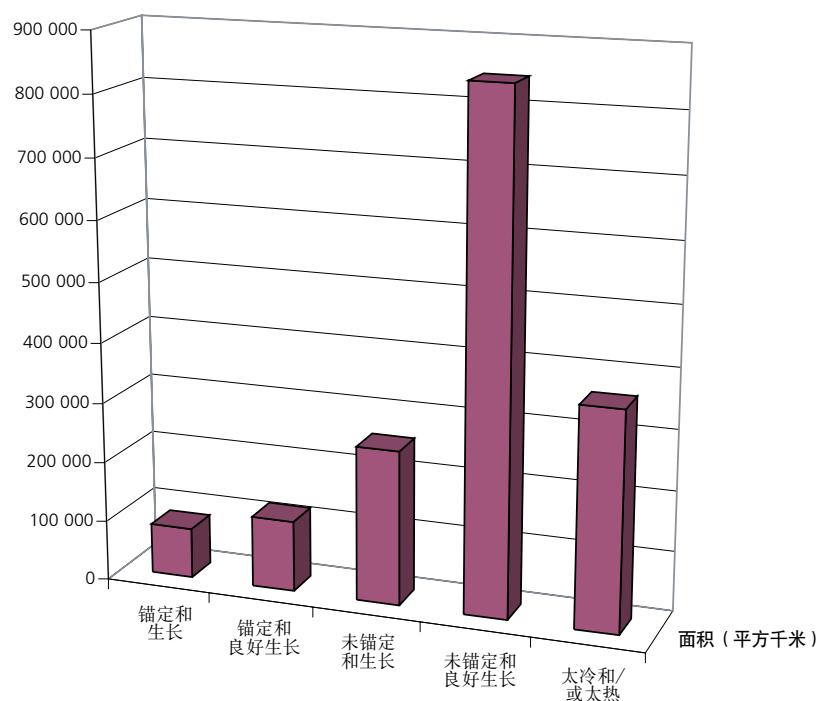
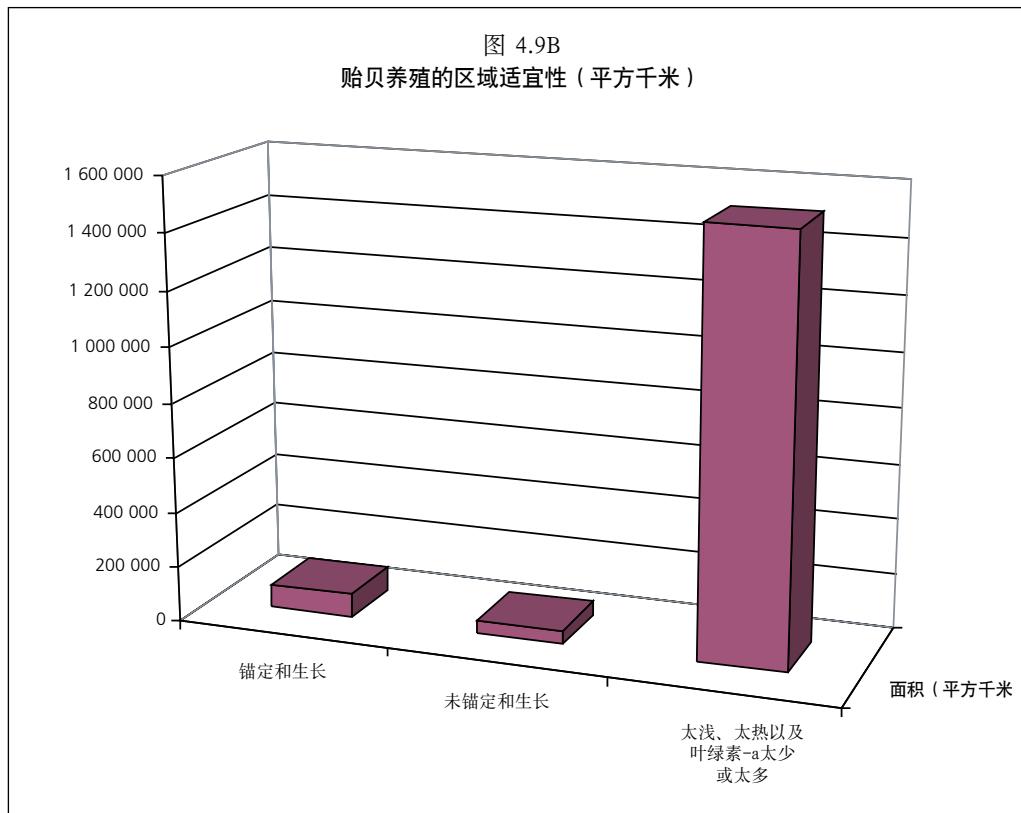


图 4.9A  
按温度、叶绿素-a浓度和深度分析贻贝养殖的适宜性





距小湾22至44千米的区带，约40 % 的面积是合适的，距44至66公里的区带，适合面积增加到66 %，可以找到所有与小湾相关的适合水产养殖的地点。没有考虑到的是，许多小湾不可靠，或小湾不靠近海水养殖需要的提供货物和服务的岸上支持设施。

#### 4.4 讨论

根据现有技术和未来无关深度的技术，在可以养殖的物种和放置养殖系统占EEZ的面积方面，研究展示了两个“指标性”物种的海水养殖潜力。我们的结果表明，以非常普遍的方式，大西洋、墨西哥湾和波多黎各-美属维尔京群岛EEZ温度适宜养殖挑选的植物和动物，其在暖温带和亚热带区域生长良好，水深更适合自由漂浮结构，叶绿素-a浓度有利于养殖只靠近岸边的滤食动物。特别是在进入方面，小湾的可获得性以及适宜地点距小湾的时间-距离是不久的将来OOA发展的重要限制因素。更多自主性的开阔海域技术必须充分利用大多数国家拥有的广阔EEZ。

我们展示了有可能开发有用的观察水平的GIS，目的是以标示性方式评估开阔海域水产养殖潜力，其基础是易于从因特网下载的全球范围的空间数据。由于空间和属性数据是免费提供的，通过替换有关物种和养殖系统，应该可以在任何国家复制我们的做法。

如同我们的标题显示的，该研究是对水产养殖潜力的观察，不是权威研究。但我们的结果的确指出了更好预测潜力的几类改进。一种改善是在可以获得

图 4.10A  
从小湾的时间-距离分析军曹鱼养殖的适宜性

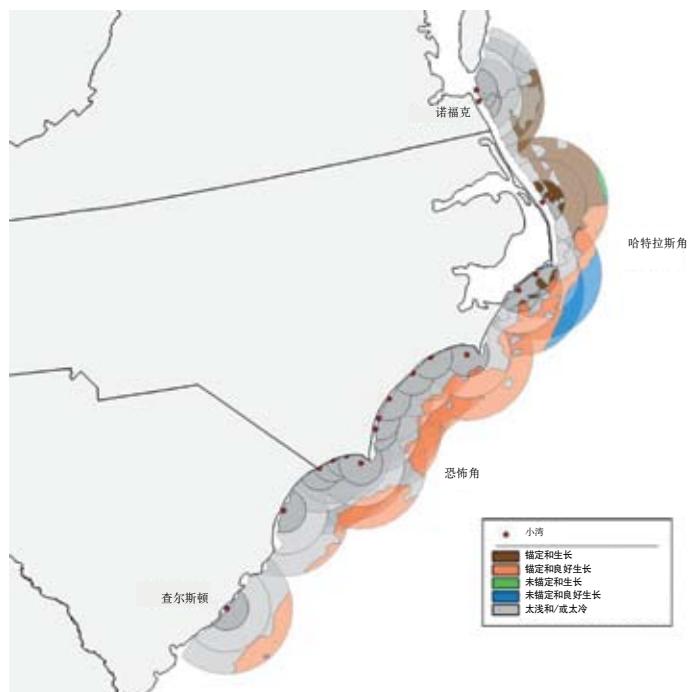
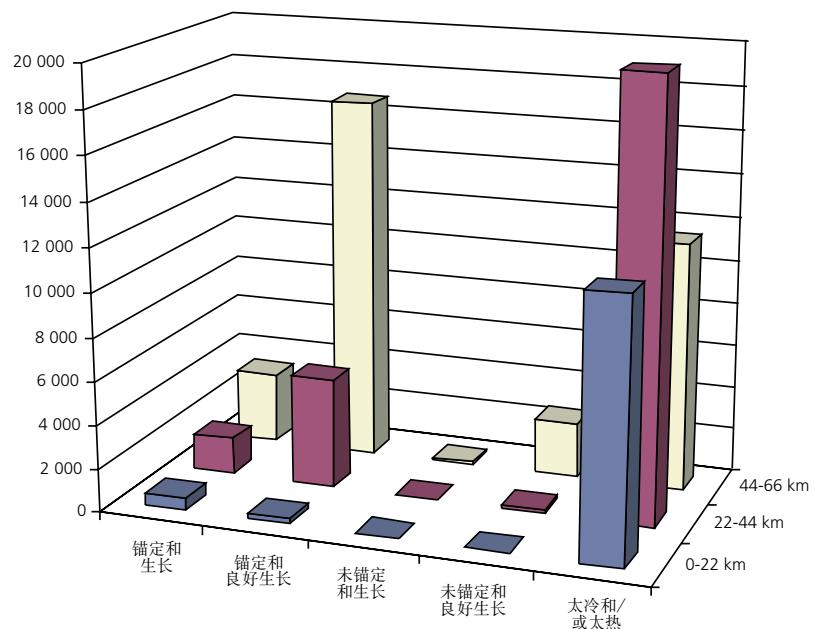


图 4.10B  
从小湾的时间-距离分析军曹鱼养殖的区域适宜性



空间数据时，考虑额外生产要素和制约因素。例如，免费提供GIS数据，主要来自美国政府因特网网站，表4.3是根据数据适用的领域进行排列的综合情况 – 养殖结构；岸上支持设施；运输和维护航次。可以看出，可以获得许多不同并有用的数据，但数据的空间连续性仍然是一个问题。总之，并不能获得整个海岸线方面的所有数据，也没有向海延伸覆盖整个EEZ的数据。然而，令人鼓舞的是，数据正变得越来越多样化，地理覆盖面日益扩大和数据可免费下载。

我们采用的SST与叶绿素-a气候数据是若干年的平均值，但在评估潜力时，作为季节和年度变化，分析极端事件也是重要的。因此，进一步的改善将是采用较短时间间隔，进行季节和每月数据分析。这些结果，反过来被用于确定极端条件存在的区域和时段。

在我们的研究中隐含着生产要素 – SST、水深、叶绿素-a – 对预测水产养殖潜力同样重要。显然情况并非如此。我们已表明，进入到适宜养殖的区域以及小湾到该区域的距离变化极大。进行了用更高分辨率对更小区域水产养殖潜力的研究，养殖系统和养殖环境更为具体，包括结合GIS生物经济模型分析的将生产因素的加权和分级。

值得注意的是，三套数据中的两套，即SST和叶绿素-a，是以遥感数据为基础的，第三套数据，即水深，是部分基于卫星的测高。

主要的问题是找到足够的可靠数据，用以确立与增长有关的温度和叶绿素-a阈值。一方面，同一物种的不同种群对温度的反应可能不同，在一个位置的结果似乎与另一个位置有矛盾。另一方面，只靠温度不能决定实际的养殖活动。例如，军曹鱼在其适宜温度范围内温度越高增长越快，但在这一温度范围内的部分温度段，可能更容易感染一些疾病，因此，在实践中，可能会低于其最佳增长温度养殖（M.J. Osterling，个人通信，2005年）。我们故意将阈值保持在相当广泛的范围，首先是展示其简单特征，其次是包括在本研究中的广泛区域的可靠性有若干不确定性。

最后，如果靠近我们研究区域的只有一个养殖军曹鱼和贻贝的开阔海域地点，试图验证我们的潜力指标性预测可能不会有任何意义。

表 4.3

免费下载的评估水产养殖潜力的空间数据和应用: 养殖的生物 (CO)、外海养殖设施 (OF) 以及从岸上设施到外海养殖设施的运输及维护 (TM)

生产因素	应用	统一资源定位 (URL)
测深 (深度和斜坡)	CO和OF	<a href="http://www.ngdc.noaa.gov/mgg/gdas/gd_designagrid.html">http://www.ngdc.noaa.gov/mgg/gdas/gd_designagrid.html</a>
底层类型	OF	<a href="http://www.csc.noaa.gov/opus/html/meta_lite/mseamap.htm">http://www.csc.noaa.gov/opus/html/meta_lite/mseamap.htm</a>
叶绿素-a	CO	<a href="ftp://data.ngdc.noaa.gov/pub/data.ngdc/pathfinder/CoralAtlas/">ftp://data.ngdc.noaa.gov/pub/data.ngdc/pathfinder/CoralAtlas/</a>
沿岸风险/脆弱性	SF、OF、TM	<a href="http://www.ncddc.noaa.gov/cra/gislibrary/">http://www.ncddc.noaa.gov/cra/gislibrary/</a>
有机和无机物沿海运输	OF	<a href="http://www.nrl.navy.mil/content.php?P=03REVIEW199-2">http://www.nrl.navy.mil/content.php?P=03REVIEW199-2</a>
县的商业模式	SF	<a href="http://www.census.gov/epcd/cbp/view/cbpview.html">http://www.census.gov/epcd/cbp/view/cbpview.html</a>
15米深处流速	TM、OF和CO	<a href="http://oceancurrents.rsmas.miami.edu/atlantic/spaghetti-speed.html">http://oceancurrents.rsmas.miami.edu/atlantic/spaghetti-speed.html</a>
表面流速	OF和CO	<a href="http://www.aoml.noaa.gov/phod/dataphod/work/trinanes/INTERFACE/index.html">http://www.aoml.noaa.gov/phod/dataphod/work/trinanes/INTERFACE/index.html</a>
静区	CO	<a href="http://serc.carleton.edu/images/microbelife/topics/map_of_gulf_of_jpg">http://serc.carleton.edu/images/microbelife/topics/map_of_gulf_of_jpg</a>
鱼产卵点	OF	<a href="http://ocean.floridamarine.org/efh_coral/ims/viewer.htm">http://ocean.floridamarine.org/efh_coral/ims/viewer.htm</a>
渔具	OF和TM	<a href="http://ocean.floridamarine.org/efh_coral/ims/viewer.htm">http://ocean.floridamarine.org/efh_coral/ims/viewer.htm</a> (应当为普查数据)
水产品加工设施	SF	
有害藻华	CO	<a href="http://www.ncddc.noaa.gov/habsos/Mapping/">http://www.ncddc.noaa.gov/habsos/Mapping/</a>
飓风危害	TM、OF和CO	<a href="http://www.usgs.gov/hazards/hurricanes/">http://www.usgs.gov/hazards/hurricanes/</a>
到海的进出口	SF和TM	<a href="http://ocs-spatial.ncd.noaa.gov/encdirect/viewer.htm">http://ocs-spatial.ncd.noaa.gov/encdirect/viewer.htm</a>
主要码头	S和TM	<a href="http://www.csc.noaa.gov/opus/html/meta_lite/imports.htm">http://www.csc.noaa.gov/opus/html/meta_lite/imports.htm</a>
海洋保护区	OF和TM	<a href="http://gis.mpa.gov/website/mma/viewer.htm">http://gis.mpa.gov/website/mma/viewer.htm</a>
外海鱼类和贝类分布	OF	<a href="http://www.ncddc.noaa.gov/ecosystems/GISMapping/document_view">http://www.ncddc.noaa.gov/ecosystems/GISMapping/document_view</a>
矿产管理部门 (MMS) 使用和不使用的油气平台	OF	<a href="http://www.gomr.mms.gov/homepg/pubinfo/repcat/arcinfo/index.html">http://www.gomr.mms.gov/homepg/pubinfo/repcat/arcinfo/index.html</a>
混合层深度	CO	<a href="http://www.ngdc.noaa.gov/OC5/mixdoc.html">http://www.ngdc.noaa.gov/OC5/mixdoc.html</a>
MMS利用大陆架外端	OF和TM	<a href="http://www.mms.gov/ld/PDFs/atl-use.pdf">http://www.mms.gov/ld/PDFs/atl-use.pdf</a>
国道规划网	SF	<a href="http://www.bts.gov/publications/north_american_transportation_atlas_data/">http://www.bts.gov/publications/north_american_transportation_atlas_data/</a>
人口、商务和地理中心	SF	<a href="http://quickfacts.census.gov/qfd/">http://quickfacts.census.gov/qfd/</a>
公用机场	SF	<a href="http://www.bts.gov/publications/north_american_transportation_atlas_data/">http://www.bts.gov/publications/north_american_transportation_atlas_data/</a>
河柱	CO	<a href="http://www.nrl.navy.mil/content.php?P=03REVIEW199-2">http://www.nrl.navy.mil/content.php?P=03REVIEW199-2</a>
海面水温	CO	<a href="ftp://data.ngdc.noaa.gov/pub/data.ngdc/pathfinder/Version5.0_Climatologies">ftp://data.ngdc.noaa.gov/pub/data.ngdc/pathfinder/Version5.0_Climatologies</a>
物种管理带	OF	<a href="http://ocean.floridamarine.org/efh_coral/ims/viewer.htm">http://ocean.floridamarine.org/efh_coral/ims/viewer.htm</a>
风暴路径	SF、OF、TM	<a href="http://hurricane.csc.noaa.gov/hurricanes/download.html">http://hurricane.csc.noaa.gov/hurricanes/download.html</a>
表面下水温	CO	<a href="http://las.pfeg.noaa.gov/las6_5/servlets/metadata?catitem=60">http://las.pfeg.noaa.gov/las6_5/servlets/metadata?catitem=60</a>
到市场的时间-距离	SF	(should be among census data)

生产因素	应用	统一资源定位 ( URL )
码头设施	SF和TM	<a href="http://www.bts.gov/publications/north_american_transportation_atlas_data/">http://www.bts.gov/publications/north_american_transportation_atlas_data/</a>
波高和风速	SF、OF、TM	<a href="http://polar.ncep.noaa.gov/marine.meteorology/marine.winds/">http://polar.ncep.noaa.gov/marine.meteorology/marine.winds/</a>
<b>限制</b>		
人工鱼礁	OF	<a href="http://www.csc.noaa.gov/opis/html/meta_lite/martreef.htm">http://www.csc.noaa.gov/opis/html/meta_lite/martreef.htm</a>
珊瑚HAPC	OF	<a href="http://www.nmfs.noaa.gov/gis/data/hapc.htm">http://www.nmfs.noaa.gov/gis/data/hapc.htm</a>
挖掘处置地	OF	<a href="http://ocs-spatial.ncd.noaa.gov/encdirect/viewer.htm?">http://ocs-spatial.ncd.noaa.gov/encdirect/viewer.htm?</a>
关键鱼类生境	OF	<a href="http://ocean.floridamarine.org/efh_coral/ims/viewer.htm">http://ocean.floridamarine.org/efh_coral/ims/viewer.htm</a>
海洋保护区	OF	<a href="http://www3.mpa.gov/exploreinv/explore.aspx">http://www3.mpa.gov/exploreinv/explore.aspx</a>
海洋禁猎区	OF和TM	<a href="http://sanctuaries.noaa.gov/library/imast_gis.html">http://sanctuaries.noaa.gov/library/imast_gis.html</a>
军事区	OF和TM	<a href="http://ocs-spatial.ncd.noaa.gov/encdirect/viewer.htm?">http://ocs-spatial.ncd.noaa.gov/encdirect/viewer.htm?</a>
露脊鲸关键生境	OF	<a href="http://www.nmfs.noaa.gov/pr/pdfs/shipstrike/critical_habitat_traffic.pdf">http://www.nmfs.noaa.gov/pr/pdfs/shipstrike/critical_habitat_traffic.pdf</a>
海洋航路	OF	<a href="http://ocs-spatial.ncd.noaa.gov/encdirect/viewer.htm?">http://ocs-spatial.ncd.noaa.gov/encdirect/viewer.htm?</a>
沉船	OF	<a href="http://ocs-spatial.ncd.noaa.gov/encdirect/viewer.htm?">http://ocs-spatial.ncd.noaa.gov/encdirect/viewer.htm?</a>
<b>基础数据</b>		
海岸线提取器	OF,SF和TM	<a href="http://rimmer.ngdc.noaa.gov/coast/">http://rimmer.ngdc.noaa.gov/coast/</a>
专属经济区	OF	<a href="http://nauticalcharts.noaa.gov/csdl/EEZ.HTM">http://nauticalcharts.noaa.gov/csdl/EEZ.HTM</a>
海洋界限	OF	<a href="http://chartmaker.ncd.noaa.gov/csdl/mbound.htm">http://chartmaker.ncd.noaa.gov/csdl/mbound.htm</a>
平均高潮面岸线	OF	<a href="http://www.nauticalcharts.noaa.gov/csdl/ctp/cm_vs.htm">http://www.nauticalcharts.noaa.gov/csdl/ctp/cm_vs.htm</a>
矿产管理	OF	<a href="http://www.mms.gov/ld/atlantic.htm#SOBD">http://www.mms.gov/ld/atlantic.htm#SOBD</a>
海图	OF,SF和TM	<a href="http://www.nauticalcharts.noaa.gov/csdl/ctp/cm_vs.htm">http://www.nauticalcharts.noaa.gov/csdl/ctp/cm_vs.htm</a>



## 5. 数据的可获得性

在海水养殖可能应用GIS和遥感时，浮现在脑海的第一批问题之一是数据的可获得性和质量。必要的数据类型取决于应用情况。第3节回顾的应用情况提供了良好的来源，列出了具体活动需要的数据和数据特征，例如可以将选址和战略规划结合起来。此外，第4节对水产养殖潜力的研究，提供了所需数据的清单以及在国家和次国家一级海水养殖GIS数据的来源。对所需数据有许多重叠类型，但按分辨率以及数据的时间和地理分布，差异将是明显的。

GIS的数据可获得性可按两类范围考虑：空间数据和属性数据。空间数字资料可用于广泛类型。例如，用于工作草图的岸线数据、加入到工作草图的数据层，例如深度、温度和采矿要求。在本研究中按分辨率获取数据是重要的考虑，并往往是挑战。例如，开阔海域的可以获得的大多数数据分辨率太粗糙，不能用于近海水产养殖的调查。数据分辨率和地理覆盖范围之间通常有相当密切的相互关系。因此，数据集可被方便地分类为全球、国家、次国家和当地。次国家数据集通常涉及第一和第二级行政界限。

属性数据用以设置生产要素的阈值。两个例子是：（1）与养殖生物增长率有关的温度阈值，以及（2）与放置网箱最小和最大深度有关的阈值。属性数据可能需很长时间才能确定、编撰和综合，因为需要对科学文献和互联网进行广泛搜索并与专家通信联系。

数据之间的另一个重要区别是可免费从互联网下载的数据和必须购买的为商业目的编撰的数据。

### 5.1 全球覆盖范围的地理信息系统

我们强调的是可通过互联网免费下载的全球性数据，支持对任何国家外海水产养殖潜力的第一次评估，例如对水产养殖潜力研究所展示的（第4节）。为评估近岸水产养殖潜力，需要在国家和次国家一级的数据。尝试编撰国家一级用于水产养殖的GIS数据集超越了本研究的范围；不过，我们的确提供了在国家一级可以获得的数据的一些例子。

我们区分了两种类型的数据（1）“静态”数据的编撰，例如海岸线和气候，后者通常基于相对长的数据流，以及（2）实时或接近实时的水产养殖活动和管理数据。值得指出的是，大部分数据是以各种遥感为基础的。

全球范围数据编撰包括不同分辨率和时间间隔的海岸线、水深、海面温度（SST）气候和叶绿素数据。还包括用于支持海水养殖的岸上支持设施的土地遥感数据的编撰。下文简要介绍了全球数据，并总结于表4.1中，包括可下载的统一资源定位器（URL）。

### 5.1.1 地理信息系统数据收集

作为工作草图的海岸线数据对所有其他层次框架是重要的。世界向量海岸线 (WVS) 是数字数据文件，包含海岸线、国际边界和世界上国家的名称。WVS分为10海洋盆地区域档案。10文件共同构成一个准确无误的世界，但中美洲除外，该区域在北大西洋西部和北太平洋东部档案重叠。

水深、海拔可在2分的全球坐标方格地貌数据 (ETOPO2) 获得。ETOPO2汇编了几个数据集，部分数据以卫星测高为基础。

有用的气候学数据，提供了若干平均时期（例如每月、季节、年度）以及不同分辨率的数据，包括海温、叶绿素-a、光合有效辐射 (PAR)、风速和100米处的氧气浓度。SST气候学数据值得注意的是其提供了额外的平均时段数据，包括每天、每5天、7天（每周）和8天的数据，还因为有4千米的更高分辨率。此外，提供了每个时期只有白天、只有夜间以及昼夜合计的数据。

虽然水流是评估海水养殖潜力的最重要数据，但水流数据最难以通过对全球、区域和当地有用的时间和空间分辨率获得。装配了世界近表面水流气候驱动漂流物。漂流物由表面浮动物构成，包括中继数据的发射机和读取空/海界面几厘米下温度的温度计。表面浮动物系链于水下浮标，把表面波动减少到最低程度。依次系链居于15米中心的多孔袜状浮标。分辨率只有1度×1度。一个版本包含近表层水流和海下表面温度的年度平均值，而另一个为每月平均数；但其仅适用于热带大西洋。

专属经济区 (EEZ) 界限是评估外海水产养殖潜力所必不可少的，特别是在争议区域。最近的全球数据是商业性（即全球海上边界数据库，来自通用动力先进信息系统；<http://www.gd-ais.com/capabilities/offerings/sr/gmbd.htm>）；然而，IOC的国际海洋数据和信息交换 (IODE) 通过佛兰德海洋数据和信息中心开发了一个开放源码版本的专属经济区GIS层以供下载：<http://www.vliz.be/vmdcdata/marbound>，并已部分被谷歌地球采用。其包括线路特点，有资格人员描述这些线路的含义以及为什么（即来源）产生。佛兰德斯研究所将确保该专属经济区GIS来源的维护。专属经济区界限以及面积预测可通过“我们周围的海洋”项目查看（<http://www.searounds.org/eez/eez.aspx#>）。

评估支持海水养殖的岸上设施发展潜力的有用数据包括人口稠密区、交通系统（公路、铁路、机场）以及行政界限。谷歌地球 (<http://earth.google.com/>) 提供了查看不同分辨率卫星图像背景的可能性，容易操作（一般15米，通常为3年内的信息），可以获取世界许多地区的这类数据。可以查看感兴趣的区域，加入感兴趣的特征，根据需要放入选定区域的地理坐标系控制点，图像以jpg格式展示，按照其他来源数据在GIS中配置地理坐标制作简单地图。您也可以使用锁孔标记语言 (KML)，与谷歌地球的其他用户分享位置和信息。同样，你可以在谷歌地球社区网站查找有趣特征和位置描述的KML文件。

为同样目的，潜在有用的还有WMS全球镶嵌图，一种地球高分辨率的全球图像镶嵌，制作了超过8200个单个大地卫星7的背景图，最高分辨率为15米。

慕尼黑再保险提供的NATHAN，是对海水养殖很重要的覆盖全球自然灾害的地图。自然灾害包括海啸、地震、火山爆发、风暴、风暴潮、龙卷风，雹暴、闪电和海冰。该灾害地图可以在因特网上交互式放大查看从全球到次国家一级的情况。该GIS数据必须购买。

在第3.2节已经提到有害藻华地图。有些地图可获得区域一级的情况。如果获得基本数据，包括致病生物、发生频率和确切地点，全球和区域地图是有用的。

粮农组织和联合国世界粮食计划署（WFP），以及最近的联合国环境规划署（UNEP）联合其研究和制图专业知识开发了开放源码地理网络（<http://www.fao.org/geonetwork/>），作为共同战略，以在粮农组织的不同单位、其他联合国机构、非政府组织和其他机构之间轻松分享有关地理主题的信息。

开放源码地理网络是一个标准化的分散式空间信息管理平台，旨在获得地理参考数据库、制图产品和不同来源的相关元数据，利用因特网的能力，在组织和受众之间提高空间信息交流并分享。这种地理信息管理方式旨在便于空间信息的各界用户方便和及时地获取支持做出有根据决策的现有空间数据和现有专题地图。

开放源码地理网络软件的主要目标是改善获取不同比例以及多学科来源的各种数据，连同相关资料，并按照一致方式组织和记载。

在地理网络中可以查看有关海水养殖数据的一般类型包括：行政边界、海岸线、渔业资源分布，捕鱼区位置、主要城市、人口密度、道路和分水岭。

面临的挑战是加强在各组织之间的数据交换与共享以避免重复；增加在数据收集方面的合作和协调，使每个人可获得数据并受益以及节约资源，同时保留数据与信息的所有权。

已经开发了开放源码地理网络，连接空间信息群以及采用现代建筑的数据，这是在同一时间强大、低成本网络，并基于自由和开放源码软件（FOSS）以及国际和开放标准服务和协议的原则。

多利（Dooley）（2005年）编撰了全球一致的地理空间数据库和图书馆详细目录和比较，作为粮农组织出版物。该出版物介绍了全球数据来源的详细目录，可用于提供一致的核心框架数据层的地理空间基准，以支持广义基础制图、应急准备和响应、粮食安全和贫困状况制图，还包括与开阔海域和岸上支持的海水养殖有关的数据。在该出版物中，只考虑了以下的数据：以1:500万比例或更大矢量数据的全球一致的数据源以及5弧分规格标称像素或更高分辨率的栅格数据。详细目录展示的数据来源基于2004年第一季度和2005年1月更新的对联机因特网资源进行的审议。

### 5.1.2 用于运行管理的实时遥感数据

通过卫星传感器获得的有关海水养殖的数据类型包括海面温度、海流形式、漩涡和环流形成、上升流、表面风动、波动、海色（部分表明浮游植物浓度）和高纬度区海冰状况（对生物、运行和结构是重要的）。

实时数据，以及基于这些数据的更重要预测，对海水养殖设施的运行管理极为重要。实时遥感应用可满足管理信息的基本需要。将其用于管理：（1）养殖的生物，（2）养殖结构，以及（3）进入（海上和空中通信）和岸上支持设施。与养殖的生物有关的数据为温度、叶绿素-a、表面风（波长、周期和高度）以及流速。与养殖结构和进入养殖结构有关的数据为流速、浪高和风速。后者需要基于卫星遥感以及固定和自由浮动在海里的传感器数据的结合，由海洋气象预报提供。因此，本文没有对其进行详细论述，而是将重点放在与养殖的生物有关的数据。

格蒂（Goudey）（1998年）论述了在开阔海域非系链（自由浮动）水产养殖设施未来利用的展望，流速是重要的管理变量，以在最有利于生物福祉、最少使用补充推进系统的设施自身安全的地点维护设施。在较长时间范围，对海流模式的了解也是必要的，以便预测最佳投放地点规划路线，以实现最佳环境条件。有趣的是，观察到的为此目的所需的数据不是原始数据，而是通过模化或组合多重传感器数据等一些方式编辑或处理的数据。

### 叶绿素-a

获得全球范围的叶绿素-a数据有许多机会。国际海洋水色协调组（<http://www.ioccg.org/>）提供了来源概述、特点和涉及的机构。作为一个例子，NASA（美国）展示了只用于MODIS水上传感器的空间和时间分辨率方面的各种产品，见[http://oceancolor.gsfc.nasa.gov/PRODUCTS/L3\\_sst.html](http://oceancolor.gsfc.nasa.gov/PRODUCTS/L3_sst.html)。

### 其他实时海洋数据

物理海洋学分布有效档案中心（美国NASA）提供了单一站点，从该站点可以获得数据目录并下载各种全球SST、海流和海浪数据（<http://podaac.jpl.nasa.gov/catalog/>）。下载前可以将许多数据集分为子集、小块并查看（<http://poet.jpl.nasa.gov/>）。

## 5.2 国家数据

用于近岸水产养殖潜力的GIS将需要比全球覆盖的数据集提供的数据更高分辨率数据。区域、国家和地方的数据集将被使用。创立了观察研究（第4节），以说明采用全球和在各国可以获得的数据集结合的方式利用GIS预测海水养殖的潜力。

为找到用于其他国家的与海洋有关的数据，地球科学数据和服务目录 - 全球变化主目录（<http://gcmd.nasa.gov/index.html>）提供了机会。例如，该站点可用于确定国家的空间数据门户，例如对印度。另一种办法是通过因特网搜索国家海洋和海洋学中心编辑物（例如通过开放目录项目[http://dmoz.org/Science/Earth\\_Sciences/Oceanography/Data\\_and\\_Information\\_Resources/](http://dmoz.org/Science/Earth_Sciences/Oceanography/Data_and_Information_Resources/)）或具体的国家。

美国和加拿大是提供有益于海水养殖发展和管理空间数据的世界上的领先国家，尽管并没有为此目的专门提供。美国的一些数据可以采用因特网地图服务器（IMS）技术调整地理范围，然后按文件格式选择下载。有用的数据的一个例子是南大西洋生境和生态系统IMS（[http://ocean.floridamarine.org/efh\\_coral/ims/viewer.htm](http://ocean.floridamarine.org/efh_coral/ims/viewer.htm)）。GISFish包括与有益于水产养殖和渔业的可下载的空间数据来源的链接。



## 6. 决策和GIS模化工具

### 6.1 介绍

费希尔 (Fisher) (出版中) 审议了除水产养殖外的GIS在渔业中应用的演进。虽然如本文所示, 在渔业以及海水养殖中应用GIS越来越复杂, 但有一种印象是, 现有模化和决策工具没有被利用。每个商业GIS软件包在一定程度上具有模化和决策的“内置”。

为本报告的目的, 术语“决策支持工具” (DST) 和“模式”被定义为:“DST”是指一个互动、基于计算机的系统, 其处理并展示空间数据, 以支持有根据的和客观的, 并在某些情况下参与式的决策。“模式”是现实的一种简化表示, 用来模拟现实进程, 了解情况, 预测结果或分析问题。通过消除偶然细节以及允许现实世界的一些基本方面的出现或被测试, 模式可以被看作是一个选择性的逼近 (粮农组织, 2006年b)。

本节的目标是, 提供海水养殖应用GIS挑选的决策方法和建模工具的概述。首先, 介绍了基本数据分类和多标准评价。此后, 论述了用于决策的基于GIS的模型; 然后概述了用于海洋保护区的基于GIS的决策支持工具以及采用这些工具处理的水产养殖问题的概要表。为总结本节, 提供了在选择用于海水养殖的GIS方面采用DST的概述。

### 6.2 分类

分类是任何数据还原过程中必不可少的部分, 即可以理解一系列复杂的观察情况。无论以真实或整数格式的源数据, 几乎总是需要在进一步使用前进行进一步分类。虽然任何分类过程涉及一些信息损失, 但好的计划不仅旨在最大限度减少这一损失, 还可通过确定有共同特性的自然类群, 提供信息处理和传输的方便方式 (Burrough, 1986年)。此外, 在任何分类过程中, 必须注意保持所需细节的适当水平, 以便后期做出结合实际的决策 (Burrough, 1986年; Aguilar-Manjarrez, 1996年; Ross, 1998年)。

阿吉拉尔-曼加雷兹 (Aguilar-Manjarrez) (1996年) 提供对五个方法的详尽审议, 探索了同样适用于海水养殖分类数据的土地各类用途的分类数据:

1. 粮农组织在设置不同活动相应属性方面评估土地适宜性的土地评价方法。
2. 按局限性的相对比例评价每个土地特点的局限性方法。
3. 从0到1的规模排列每个特征局限性水平的参数方法, 按方法计算土地指数 (%) 作为单一产品所有特性的排列值。

4. 布尔方法假定有关土地利用适宜性的所有问题可以满足二进制方式，所有重要变化发生在界定组界。

5. 模糊集合方法，采用明确的权重评估每个土地特点的影响。然后采用模糊技术将对每个土地特性的评价结合到最后的适宜性指数。除占支配地位的适宜性组别外，模糊集合方法同样提供关于属于每一明确适宜性组别的特定土地单位范围的信息。

在应用GIS方面，可采用上述任何方法将源数据分类到适宜性四-或五-点规模（以及一个最不合适的）。然而，分类方法的选择取决于数据类型以及输出信息的计划用途。分类允许所有数据层的正常化，是进一步模化的必不可少的先决条件。

在澳大利亚蒂维群岛水产养殖适宜性详细清单中应用了模糊逻辑（Field, 2001年）。在这里，海岸线的实质部分是土著居民的土地，社区要求参与发展决策。但有必要为他们引进语言，而不是数学术语。此外，注意到传统的GIS基于明确界定的边界，并没有充分反映不同适宜性区域之间逐步过渡的实际情况。建立了团队方法地理信息系统，有四个特点（1）标准评价中采用语言术语，而不是数学术语来界定适宜性，（2）采用半自动、成对比较来预测在微软Excel中的标准权重，（3）在“模型建造者”（ESRI空间分析扩展2.0）中视觉模拟环境的应用，以及（4）最后在Arc/View软件上运行GIS。

一般的作法是确定标准阈值，在数值和语言方面排列该阈值（例如，斜率4-5度的范围被排列为相当于语言描述的“非常低”的适宜性）。在4套中相应模糊数列是0.0、0.0、0.1、0.2。在不同类别中两个0.0值显示不同适宜性斜坡之间没有明显边界。这种方法，在4个模糊数套中考虑所有标准时，在4个地图中的结果从最严格到最不严格。另外，同样标准说明的4种不同解释产生适宜性的4种地图。

### 6.3 多标准评价

没有决策帮助手段，例如多标准决策，难以进行复杂海水养殖发展规划和管理。然而，这些手段在海水养殖中的利用是有限的。海水养殖发展和管理的许多问题基本属于地理或空间背景，因此利用GIS有很大潜力。

GIS在决定政策和资源分配方面有很大潜力。决定政策的目的是影响决策者的决策行为，资源分配涉及直接影响资源利用的决定。

用于决定政策的GIS作为处理模化工具也有潜力（目前未认识到），在该工具中可模拟预计的决策行为的空间影响。模拟模型，尤其是包含社会-经济问题的，仍处于萌芽阶段。但在将来，预期GIS在该领域将发挥越来越重要的作用。

资源分配决定也是采用GIS分析的主要内容。土地评价和分配是资源开发的最根本活动之一。然而，没有开发决策准则的程序和工具以及预测成果的预计模型，将在很大程度不能把握这个机会。

基于GIS的多标准评价（MCE）涉及地理数据的利用、决策者的偏好、数据整合以及根据具体决策规则的参考选择。过去十年中，在GIS环境中实施了大量多标准方法，包括：加权线性组合（WLC）、理想点方法、一致性分析、层次分析法（AHP）、分析网进程（ANP）和指令加权平均（OWA）。在这些程序中，WLC和布尔覆盖运算被认为是最直接的，并作为决策支持工具在传统上占据GIS利用的主导地位（Malczewski, 1999年；Malczewski, 2006年）。

在WLC中，标准被定型到共同数值范围，然后按加权平均结合。WLC的结果是适宜性地图，然后通过一个或多个限制掩饰，最终产生加阈值的最后决定。在布尔程序中，将所有标准归纳为适宜性逻辑语言，然后通过一个或多个逻辑运算符结合，例如交叉（AND）和合并（OR）。

指令加权平均（OWA）模块提供了常用的线性加权组合方法的有趣替代，以聚集多重标准。通过改变因素的重要性，特别是顺序位置，可将解决办法纳入最后模式中在因素和风险规避之间调整权衡水平。作为将多标准决策分析和GIS纳入加拿大安大略省锡达河流域发展管理战略涉及的现实世界环境管理问题，马尔茨斯基（Malczewski）（2006年）介绍了一个有趣的执行OWA的作法。

## 6.4 模化

### 多标准评价决策模型

马尔茨斯基（1999年）提供了“GIS和多标准决策分析”的全面回顾。马尔茨斯基回顾的重点是基于GIS的空间多标准问题模型，主要目的是“向读者介绍空间多标准决策分析的原则和在GIS环境中使用多标准决策技术”。该回顾的文章按以下安排：第1章：地理数据、信息和决策；第2章：介绍GIS；第3章：介绍多标准决策分析；第4章：评价标准；第5章：决策替代和限制；第6章：标准加权；第7章：决策规则；第8章：敏感度分析；第9章：空间决策支持系统和第10章：多标准空间决策支持系统的典型研究。文章结构和顺序合乎逻辑。读者对象是GIS和决策分析者，以及应用GIS、定量分析和空间决策支持系统课程的本科生和研究生。马尔茨斯基注意到，文章假定读者具有有限的数学背景。该文章确定了可用的相关软件包，而不是获得公式和正式的解决技术。

纳特（Nath）等（2000年）在水产养殖应用GIS进行空间决策支持的背景中，确定了实施GIS的限制因素，并提出了七个阶段用户驱动的框架，以开发包括人员、活动和分析程序的GIS。纳特的回顾对水产养殖多标准评估（MCE）的基础依然是有关的背景文件。

水产养殖研究所出版的大量出版物（<http://www.aquaculture.stir.ac.uk/GISAP/gis-group/>）的重点是就利用MCE进行水产养殖战略规划建立“分层模型”（Aguilar-Manjarrez, 1992年；Aguilar-Manjarrez, 1996年；Salam, 2000年；Pérez, 2003年和斯科特, 2004年）。这种作法，首先考虑自然分组的变量以产生“子模型”结果，例如需要的水、土壤适宜性、投入品的可获得性、场边销售和市场。经常会发生源变量或处理过的层次被用于一个以上的子模型，取决

于目的，该层次需要被转变。每个子模型可能依次来自低级别模型，其将可变数据预处理为有用的因素。变量（即生产功能和限制因素）被组织成源自每个子模型的子模型权重，然后采用MCE技术进行排序合并。

多标准决策模型（MCDM）对支持决策非常有用，但在水产养殖中利用的不多。虽然MCDM已被广泛用于农业活动和战略规划目的，但在文献中应用到水产养殖的不多：西尔维亚（Sylvia）和安德森（Anderson）（1993年）论述了网栏养殖鲑鱼的经济政策模式；马丁内兹-科尔德罗（Martinez-Cordero）和梁（Leung）（2004年）介绍了开发MCDM用于评估墨西哥西北对虾养殖可持续发展的情况，以及爱尔-加亚尔（El-Gayar）和梁（2006年）开发了用于区域水产养殖发展规划的MEDM框架。

### 海洋数据模型

ArcGIS海洋数据模型代表着一种新办法，通过改进海洋领域自然和人为重要特征的整合，改善空间建模。目标是提供位置和空间范围的更准确陈述，以及通过获得地理数据库真实世界客体，对海洋和沿海数据进行更复杂空间分析的办法。该模型还考虑了如何将海洋和沿海数据更有效纳入三维空间和时间。虽然目前仅限于二维，但该模型包括“占位符”，意味着海洋数据的流动性和进程（<http://dusk2.geo.orst.edu/djl/arcgis/about.html>）。

### 水产养殖商业模型

“水产模型”是一个信息系统，以评估在水体和海底环境的养鱼场的运行和影响，是第一个这类模型。“水产模型”是一个“插件”模式，居于“容易海洋地理信息系统”中，已被用于涉及渔业和海洋主题的许多研究和调查。从实地测量到卫星图像的所有环境信息可用于模式开发和利用。“水产模型”可用来研究沿海大陆架可能发展水产养殖的近岸和开阔海域的单个或集群养殖场的近岸或远处实地影响。该模式正被调整为用于处理多个、单独网箱以及多种养殖场点，以迎接这一挑战。“水产模型”被设计由以下人员使用：制定和执行规则以及影响程度的行政管理人员；希望规划养殖场和领取许可证的养殖渔民以及愿意评估风险和机遇的投资者（<http://netviewer.usc.edu/aquamodel/Overview.html>）。

## 6.5 决策支持工具

### 用于决策的软件

贝尔顿（Belton）和斯图尔特（Stewart）（2002年）指出，软件是有效的多标准分析所必不可少的。为此，服务商、分析师和决策者不需要实施技术细节，但将重点放在基本值的判断和选择上。他们认为，尽管有可能在电子表格中设置宏来实现这一目标，但更方便地的是使用专门设计的软件。

表6.1列出的软件工具由扬森（Janssen）和范赫维恩（van Herwijn）（2006年）编撰，以支持帮助海水养殖活动（选址、规划、监测等）的多标准分析。该清单很快过时。因此，MCE软件的其他清单可在贝尔顿和斯图尔特（2002年）和<http://www.lionhrtpub.com/orms/surveys/das/das-html>处查找。

设在克拉克大学地理研究生院的克拉克实验室在促进决策支持方面是众所周知的先驱。克拉克实验室最著名的旗舰产品是IDRISI地理信息系统和图像处理软件。过去几年，克拉克实验室的研究人员特别关注利用GIS作为直接扩展人类决策过程 - 最特别的是资源分配决定的背景。1993年，IDRISI首次介绍了在GIS中多标准和多目标决策工具。迄今为止，IDRISI仍然在开发决策支持软件方面是行业的领导者。

另一个值得提及的软件是DEFINITE。该软件是新颖的，主要有两个原因：一是因为其目的不是围绕多标准的技术，例如大多数软件包，相反，它是工具箱，二是因为其是视觉和交互性的，并便利于对问题和评价结果的沟通。扬森和范赫维恩（2006年）描述了该工具的特点。

采用超级决策软件用于决策，实施了由萨蒂（Saaty）（2006年）开发的网络分析法（ANP）。该计划由为“创造性决定基金会”工作的ANP工作队写

表 6.1  
支持多标准分析的软件（来自扬森和范赫维恩的更新，2006年）

软件包	简要描述
用于离散选择问题的问题结构	
决策探索者3.2	定性数据分析，通过认知或成因图链接概念（ <a href="http://www.banxia.com">http://www.banxia.com</a> ）
思维管理者4.0	结构复杂情况下通过组织想法和概念，图形可视化图标，图形，色彩和多媒体（ <a href="http://www.mind-map.com">http://www.mind-map.com</a> ）
离散选择问题	
Criterion决策Plus 3.0	基于权衡分析的价值功能模式（ <a href="http://www.infoharvest.com">http://www.infoharvest.com</a> ）
“明确” 3.1	多属性价值功能，包括选择不确定的优先信息、成本-效益分析、居于高位。（ <a href="http://www.definite-bosda.nl">http://www.definite-bosda.nl</a> ）
HIPRE	用于不确定的优先信息的多属性价值功能（ <a href="http://www.hipre.hut.fi">http://www.hipre.hut.fi</a> ）
Hiview	多属性价值功能（ <a href="http://www.enterprise-lse.co.uk">www.enterprise-lse.co.uk</a> ）
逻辑判定5.1	多属性价值功能和分析等级程序（AHP）（ <a href="http://www.logicaldecisions.com">http://www.logicaldecisions.com</a> ）
VISA	多属性价值功能绘图配合和展示（ <a href="http://www.simu18.com/visa.htm">http://www.simu18.com/visa.htm</a> ）
孤立组选择问题	
专家组选择	AHP, 成队比较（ <a href="http://www.expertchoice.com">http://www.expertchoice.com</a> ）
超级决策软件 超级决策软件	ANP, 分析网络程序（ <a href="http://www.superdecisions.com/index_tables.php3">http://www.superdecisions.com/index_tables.php3</a> ）
VISA组件	多属性价值功能（ <a href="http://www.simu18.com/visa.htm">http://www.simu18.com/visa.htm</a> ）
网络-HIPRE	多属性价值功能和AHP（ <a href="http://www.hipre.hut.fi">http://www.hipre.hut.fi</a> ）
离散空间选择问题	
Idrisi 32	GIS包括以下决策支持程序：权重（AHP）、MCE（布尔组合，加权线性组合或有序加权平均）、RANK（内置排序）、MOLA（分配像素多重目标）和OWA（提供因素的有序加权平均，调整因素和风险内转之间的权衡水平）（ <a href="http://www.clarklabs.org/">http://www.clarklabs.org/</a> ）。
EMDS	生态系统管理决策支持，联合ArcGISTM、NetWeaver和Criterion决策Plus（ <a href="http://www.fsl.orst.edu/emds">http://www.fsl.orst.edu/emds</a> ）

就。ANP是清楚表达我们理解决策问题的一个必不可少的工具。它是一个过程，允许包括所有因素和标准以及做出最好决定的有形和无形影响。

ANA提供了输入判断和衡量的方法，以获得在决策因素和因素组之间影响分布的优先比例标尺。由于这一过程基于获得的比例标尺测量，可用于根据其优先比例标尺分配资源。众所周知的决策理论 - 层次分析法 (AHP) (Saaty, 1980年) 是ANP的特殊情况。通过对公共所有物或标准的成对比较，AHP和ANP得到因素和因素群的优先比例标尺。虽然对许多决策问题通过ANP进行了最好的研究，但希望将获得的结果与利用AHP或任何其他决策方法获得的结果进行比较，比较的内容包括获得结果花费的时间、做出判断的努力以及结果的相关性和准确性。

ANP已经被应用到大量的各种决定中：销售、医疗、政治、社会、预报和预测等等。其在后来知道结果的经济趋势、体育和其他活动应用中的预测准确性令人印象深刻。应用情况的详细典型研究被包括在ANP软件手册和萨蒂所著的“网络分析法：决策依赖和反馈” (The Analytic Network Process: Decision Making with Dependence and Feedback) (2006年) 书籍中。

### 用于海洋保护区 (MPA) 的决策支持工具

为管理影响MPA的复杂问题，管理人员往往转向寻求理解和分析其MPA的资源和环境的技术。MPA管理人员和科学工作者正越来越多地利用GIS和遥感进行制图和分析其管辖区的资源。

为努力记录现有GIS决策支持工具，帮助MPA管理人员，MPA中心和NOAA海岸服务中心编撰了“用于基于GIS的决策支持工具详细目录” (Pattison, dos Reis and Hamilton, 2004年)。该详细目录的目的是，使MPA团体认识到，现有的基于GIS的决策支持工具可以在不同MPA的活动方面（选址、分区、监测等）帮助他们。这些详细目录强调的工具提供的功能从可视化和综合海洋学数据到站点适宜性建模和合并利益攸关者的投入。定制基于GIS的工具主要包括ArcView 3x扩展，其他工具/软件为CISSAT、EwE、GiDSS、HSM、OCEAN、MARXAN、e-Site、Sites v1.0、CARIS GIS和CARIS LOTS (表6.2)。与定制算法一道设计这类工具，产生环境适宜性地图、选择规划单位的保留地点，或建立海洋保护网络。许多工具能够适应任何地点，提供了可以获得的适当具体地点的数据层，多数工具可以免费下载。有趣的是将社会-经济数据纳入许多工具，其中两个（即大堡礁海洋公园示范区计划和生态信托基金的“利用海洋地图”）已用于实际分区和监测活动。

一些工具展示了将当地知识纳入决策的过程，增加了一个利益攸关者参与的重要部分和产量的重要信息。交互式地图网站包括“GiDSS”，用户能够指定特定问题、工具、使用人字型决策图表，并反馈与问题有关的建议的数据层，“e-Site”上线地理信息系统，增强了利益攸关者在公众参与过程中参与海洋环境中的选址。

包括水产养殖的唯一决策支持工具是奥唐奈、克罗宁和康明斯的研究，即关于“可持续沿海生境：进行有效决策支持的GIS”。尽管这样，我们的印象是，MPA的这些工具也可用于海水养殖，来处理表6.2展示的水产养殖问题。

每个工具的概要包括简要说明工具是干什么的、需要运行的数据和软件以及联系信息。该详细目录中的参考书目和具体项目描述提供了更多技术背景，并说明这些空间工具如何与其他机制联合运用，以便于有关MPA的管理决策。

由于新的工具和技术将不可避免地得到发展和完善，MPA工作人员的意图是保持这一详细目录作为活的文件。因此，将定期更新该详细目录，以反映这些变化，可以获得更新情况的硬拷贝或在线上获得：<http://www.mpa.gov>。要鼓励MPA团体，提请MPA工作人员注意在未来包括任何合适的工具、项目或论文。

### 海水养殖应用GIS的若干情况

第3节介绍了在GIS应用回顾中采用的一般方法，包括分类阶段以确定每个因素的阈值，将其投入到适宜性类别进行进一步的模化。

海水网箱养殖应用决策支持的回顾主要包括采用MCE技术整合专家意见，偶而包括实地核查和/或承载能力或生产力预测。在选择的网箱应用中只创造了两个特制工具；(a) 关于大西洋鲑鱼微粒废物分布文件，和 (b) 基于GIS的用于只具备GIS基础知识的沿海区管理人员的工具。

贝类回顾包括MCE；生产模型；划分生境类型的声学分类系统 (ACS)；底基和侧扫声纳以及养殖贻贝和扇贝的承载能力预测。一个回顾涉及发展以牡蛎管理信息系统为基础的GIS。

值得提及的是，很少有海水网箱养殖或贝类的回顾在其分析中包括社会-经济数据或实地核查。文献中只有一个文件是关于海藻的，但其是一个很好的例子，说明了简单模型如何可以为决策目的整合环境和社会数据。

在软件方面，多数展示GIS应用的文件依赖：ArcView、Idrisi和MapInfo以及这3个软件提供的决策支持工具。

在MCE背景下，应用情况显示了在权重分配方面取得的一些进展，以及通过排列技术如何将其与MCE结合。然而，由于权重分配和组合是决策过程的核心，我们认为，有必要进一步开发这些加权技术。

表 6.2  
用于MPA的GIS决策支持工具

作者	标题	软件	可处理的水产养殖问题
NOAA沿海服务中心 <a href="http://www.csc.noaa.gov/communities/agreement.html">http://www.csc.noaa.gov/communities/agreement.html</a>	海峡群岛-空间支持和分析工具	CI-SSAT	地点和分区适宜性
大不列颠哥伦比亚大学渔业中心 <a href="http://www.ecopath.org">http://www.ecopath.org</a>	生态通道与生态系统模型	EwE	预测水产养殖的后果
NOAA 沿海服务中心 <a href="http://www.csc.noaa.gov/mpa/stellwagen.pdf">http://www.csc.noaa.gov/mpa/stellwagen.pdf</a>	评价船速限制, 以减轻在史塔维根堤岸和国家海洋禁猎区对海洋哺乳动物的影响	ArcGIS8x 工具	预测水产养殖的后果
国家加勒比海珊瑚礁研究中心	地理信息和决策支持工具	GiDSS	基于互联网的水产养殖信息系统
国家沿海科学中心, NOAA生物地理计划 <a href="http://biogeo.nos.noaa.gov/products/apps/hsm/">http://biogeo.nos.noaa.gov/products/apps/hsm/</a>	生境适宜性模化	HSM ( 用于视窗NT 计算机与 ArcView3.2, 要求空间分析扩展 )	预测水产养殖的后果
Rikk Kvitek, Pat Iampietro和Erica Summers-Morris. <a href="http://seafloor.csUMB.edu/publications/Kvitek_NA17OC2586_Rpt.pdf">http://seafloor.csUMB.edu/publications/Kvitek_NA17OC2586_Rpt.pdf</a>	NOAA技术报告: 根据高分辨率的数字水文数据, 集成空间数据模型用于工具自动分类和划定物种特定生境地图。	可以用任何GIS软件执行, 具有矢量和网格/栅格分析工具。	水产养殖生境恢复
生态基金会 <a href="http://www.ecotrust.org/gis/ocean.html">http://www.ecotrust.org/gis/ocean.html</a>	海洋社区3E分析网络, 生态基金会	OCEAN	与土地和水域其他用途一道规划水产养殖
USGS, 阿拉斯加生物科学中心 <a href="http://www.absc.usgs.gov/glba/gistools/index.htm#OCEANOGRAPHIC">http://www.absc.usgs.gov/glba/gistools/index.htm#OCEANOGRAPHIC</a>	海洋分析扩展	ArcView 3x 扩展和空间分析	地点和分区适宜性
自然养护 <a href="http://www.biogeog.ucsb.edu/projects/tnc/overview.html">http://www.biogeog.ucsb.edu/projects/tnc/overview.html</a>	地点	地点 ( ArcView 3x 扩展 )	地点和分区适宜性
利用决策支持工具的两个过程 大堡礁海洋公园管理局	大堡礁海洋公园代表区计划 ( RAP )	MARXAN ( FORTRAN 77程序 SIMAN的基本扩展 )	地点和分区适宜性
加利福尼亚州鱼和狩猎局 ( CDFG )	生态基金会海洋地图利用	在ArcView项目文件中收集脚本。	战略发展规划

作者	标题	软件	可处理的水产养殖问题
附说明的资料目录			
Adams, Christiaan Scott. MIT, 土木与环境工程部。http://dogfish.mit.edu/eSite/thesis/AdamsCS_Text.pdf	利益攸关者参与环境选址的互动、网上地理信息系统 (GIS)	e-Site	基于互联网的水产养殖信息系统
Ardron, Jeff. http://www.livingoceans.org/files/complexity_draft8.pdf	基于GIS方法, 确定海底复杂性: 物种丰富度指标。	建议了方法	水产养殖生境恢复
Ardron, J.、J. Lash和D. Haggarty. 加拿大不列颠哥伦比亚省生活海洋学会。http://www.livingoceans.org/documents/LOS_MPA_model_v31_web.pdf	不列颠哥伦比亚省中部海岸海洋保护区模拟网络	MARXAN (v.1.2)	地点和分区适宜性
Beck, M.W., M.Odaya, J.J. Bachant, J. Bergan, B. Keller, R. Martin, R. Matthews, C. Porter 和G. Ramseur. http://www.epa.gov/gmpo/habitat/NGoM_Final_allfigs.PDF	确定优先地点, 保护墨西哥湾北部: 生态区计划。自然保护协会, 弗吉尼亚州阿灵顿。	Sites v1.0	地点和分区适宜性
Grober-Dunsmor, Rikki, Jason Hale, Jim Beets, Tom Frazer, Nick Funicelli和Paul Zwick. http://cars.er.usgs.gov/posters/Coral_and_Marine/Mngmt_of_Marine_Reserves/mngmt_of_marine_reserves.html	应用景观生态学原则, 设计和管理海洋保护区	未说明	水产养殖生境恢复
Leslie, H., M. Ruckelshaus, I.R. Ball, S. Andelman, 和H.P. Possingham. http://www.sandiego.edu/fame/menu/pdfnov/leslie.pdf	在设计海洋保留区网络时使用选址算法。生态应用	模拟	地点和分区适宜性
O' Donnell, V., Cronin, M. 和 Cummins, V. 爱尔兰科克大学环境研究所沿海和海洋资源中心。http://www.gisig.it/coastgis/papers/o%27donnell.pdf	可持续沿海生境: 用于有效决策支持的GIS工具	最后GIS通过因特网或ArcView扩展	水产养殖的环境影响
Sala, E., O. Aburto-Oropeza, G. Paredes, I. Parra, J. C. Barrera, 和P. K. Dayton. http://www.cciforum.org/pdfs/Sala_Marine_Reserves.pdf	海洋保护区设计网络一般模型	未说明	战略发展规划
Sutherland, Michael, Sam Machari Ng' ang' a, 和Sue Nichols. http://www.isprs.org/commission4/proceedings/pdfpapers/272.pdf	寻找新不伦瑞克省海洋行政界限	CARIS GIS 和CARIS LOTS	地点和分区适宜性



## 7. 概要、讨论和结论

### 7.1 概要

这次回顾的目的是揭示GIS、遥感和制图在海水养殖发展和管理中的应用情况，作为改善可持续性的一种手段，重点放在发展中国家。

#### 海水养殖

海水养殖在渔业产量和产值方面正变得日益重要。海水养殖是渔业中第二重要的产量来源，2004年产量占渔业领域总产量的近20%。

在2004年按产量的广泛组别中，海水养殖产量占主导的是水生植物（46%）和软体动物（43%），而河海洄游鱼类（鲑科鱼类）占5%，海洋鱼类占4%。甲壳类占剩余的2%。

在186个沿海国家中，只有86个国家在2004年有海水养殖产量。其中15个国家占97%的世界产量。因此，在还没有海水养殖生产或目前生产相对不多的国家中，似乎有充分机会扩大生产。各国在其专属经济区内有发展和管理的管辖权，大多数国家与自己的国土或领土相联拥有广阔专属经济区。因此，空间的缺乏目前似乎并不妨碍扩大海水养殖。

海水养殖可被视为占据两类环境，近岸和外海或开阔海域。发展近海养殖似乎受到有关竞争性用途和环境的大量问题的阻碍。外海水产养殖面临同样性质的问题，但程度较轻，其目前受到缺乏开阔海域技术以及有利的发展框架的阻碍。

#### 海洋环境和渔业领域的地理信息系统、遥感和制图

以水产养殖为目的的GIS、遥感和制图利用适用于其他目的的数据和技术，例如沿海地区管理和渔业，使技术创新并在这些有着根本利益的领域应用。关于在海洋环境中使用这些工具的文献基本上是宣传性质，涉及概念、技术和体制以及各种各样的应用。有用的跳板是以回顾和手册形式综合经验。经验的范围可以最轻松地从专题讨论会、研讨会的会议记录以及互联网网站获得。

然而，在数量方面，GIS、遥感和制图在水产养殖中的应用在有关环境、养殖的物种、涉及的问题和代表的国家方面被认为是扭曲的。因此，关键的需要是应用于水产养殖的GIS、遥感和制图工具的全面资料，其可广泛和廉价传播。GISFish - 粮农组织关于GIS、遥感和制图经验的互联网门户网站，为处理这个问题而创立。

使用从文献中选择的例子，我们展示了GIS、遥感和制图可以在海水养殖发展和管理的地理和空间的许多方面发挥重要作用。

## 海水养殖制图应用

制图是将涉及水产养殖发展和管理的空间关系形象化的最直截了当方式，是技术人员和一般公众对水产养殖的双维空间需求进行交流的最简单方法之一。

制图应用于有关水产养殖的选址和分区，作为基于因特网的水产养殖信息系统，其广泛的目标受众是政府、商业和私人用户，形式为互动性和可以下载的水产养殖GIS地图数据，可从因特网地图服务器（IMS）获得。

## 海水养殖应用遥感

利用卫星、空中、地面和水下传感器的遥感，被认为是经常和广泛使用的主要工具，用于获得数据，随后数据被纳入到海水养殖GIS中。在这方面，水底传音遥感在贝类养殖应用GIS部分进行了介绍，而不作为单独的应用情况。同样，卫星遥感作为海洋物理数据的来源，在数据部分介绍。这种安排不是要降低与其他工具有关的遥感的重要性。相反，对水产养殖设施运行管理的环境条件的实时或接近实时的“动态”遥感监测，将变得越来越重要。有害藻华的早期预警是重要的应用类型，包括若干例子。动态遥感也对开阔海域水产养殖的海况、温度、流速的常规监测有益。

从发展的初期到现在，来自卫星传感器的数字数据作为基础地图对近海水产养殖是有用的，提供了关于土地利用、土地覆盖和水的一些特征的基本信息。同样，水产养殖发展的监测和制图是在水产养殖受到规范的区域利用卫星数据的另一种情况。

## 海水养殖应用地理信息系统

在近岸和外海海水养殖中应用GIS自然地分为两大类：网箱养鱼和近岸养殖贝类。

### 地理信息系统和网箱养鱼

在网箱养殖方面，选址和“预分区”是最大量和最成熟的应用。大多数例子涉及对相对大的区域的预选址研究，结果是对具体区域或GIS确定的地点进行潜在进一步详细实地调查的定位标识。然后，将更详细或更高分辨率的数据纳入现有的GIS中，以便用于选择个别站点。

在选址上有明确的演变过程，更广泛基础的研究只考虑对养殖系统和养殖生物的适宜性，其目标是使海水养殖适应竞争性利用。与此相顺应，包括利用专家和正式程序的决策日益复杂，以查明和量化模型中的生产功能。其结果更完整并具有可靠信息，以此为基础做出决定。

对网箱养殖的更专门调查是利用GIS处理波候和网箱流出物。

### 地理信息系统和贝类养殖

贝类养殖中应用GIS的情况远远多于网箱养鱼，有许多与前者更多产量有关的原因。在有关发展的问题方面，回顾了在选址上的应用，预测潜力、竞争性

利用和避免冲突。在有关水产养殖时间和管理的问题方面，该回顾涉及污染、水产养殖活动中的疾病、使用水底传音遥感评价生境、资源、承载能力和季节死亡率。

大多数应用以牡蛎为目标，但包括了硬壳蛤、贻贝和扇贝。大部分为底部养殖，虽然也介绍了网箱和延绳养殖。

继续阻碍应用的问题是缺乏充足范围或分辨率数据。这也许与缺乏以客观方式正式做出决策的研究有关。

差距是在确定岸上支持设施以及养殖地点或分区方面的应用。替代这些应用的是有许多共同数据层的池塘养虾场点选择研究。

### 经济和地理信息系统

鉴于海水养殖的所有空间方面具有经济基础，但值得注意的是在海水养殖发展和管理的经济方面应用GIS的情况很少。这是一个事实，即尽管现有的一些经济研究报告和模型清楚地阐明了与地理有关的费用变量。有建议认为，GIS可以适用于这些经济研究的若干因素，以改善主要通过空间后报的环境变量的权衡选择。

在社会-经济中应用GIS的不多的情况主要包括水产养殖的全球性研究。GIS在次国家一级发展海水养殖改善人类福祉方面的潜力正开始被认识。

### 数据可获得性

为计划用途的适当时间和空间分辨率以及地域覆盖的数据是实施GIS最重要的考虑因素之一。早期调查人员充分认识到海水养殖的空间因素和限制。他们的主要困难是为这一任务寻找或创造合适数据。该问题在一定程度上一直持续到今天，显示出缺乏某些类型的汇编数据，其中突出的是海流数据。数据的空间差距以及数据分辨率太低继续成为问题。

数据分辨率和地理覆盖范围之间通常有非常密切的相关关系。因此，在海水养殖空间调查方面，在考虑空间区域时，数据集可被很方便地分为全球、国家，次国家和当地一级。数据集的时间特征也是重要的。对于“静态”数据，例如海岸线，获得最新的更新数据是必要的。对动态数据，例如SST，时间需求的范围从基于多年观测的气候数据到实时数据，后者用于水产养殖设施的运行管理，前者用于商业或政府发展规划。

属性数据用于设置生产要素的阈值。属性数据可能需要很长时间才能确定、汇编和综合，原因是需要进行大量的文献和因特网搜索以及与专家的通信联系。

按照指出用于外海水产养殖潜力第一近似值的数据方式的目标，我们将重点放在对覆盖全球的数据描述上，可从因特网免费下载。这些数据集的最基本内容包括海岸线、专属经济区界限、水深、SST和叶绿素-a。

实时数据以及基于这些数据的更重要预测是海水养殖设施运行管理的关键。我们指出了实时数据来源的路径，包括海温、叶绿素，波高和流速。

在国家之间的可获得性方面，国家和次国家一级数据集的分辨率似乎有很大差异。显然，在数据可获得性和海水养殖应用的数量之间有相互关系。从GISFish上国家应用情况的目前数量可以了解这个问题。

### 海水养殖模型和决策

我们的印象是，有必要进一步超出渔业领域，以便选择最新方法和应用基于GIS的决策支持。我们认为，可以汲取其他领域利用MCE的教训，例如海洋保护区分析（Pattison, dos Reis and Hamilton, 2004年）、沿海综合管理决策支持框架（例如Fabbri, 2006年）和适用于商业界的基于位置的方法。不可能对用于海水养殖的MCE进行详细回顾，但我们可以得出这样的结论：关于水产养殖领域“决策支持工具”（DST）状况的单独论文将是非常需要的贡献，其可被用来作为海水养殖发展和管理中MCE今后工作的准则。为此，梁（Leung）（2006年）提供了一个最新的渔业管理中应用MCE的回顾。因此，用于水产养殖的MCE被认为是互补的和非常及时的。

## 7.2 讨论和结论

### 海水养殖

- 海水养殖整体上迅速增长，随着获得更多经验，外海水产养殖正变得越来越重要。从空间角度看，在目前该领域生产少或根本没有生产的国家，似乎有充分机会扩大外海海水养殖。
- 海水养殖的可持续增长需要一个有利的环境，包括继续发展和管理的健全计划。这类计划只用来处理并成功解决主要问题。根据缪尔（Muir）（2004年）的研究，在开阔海域水产养殖的主要问题有：
  - 可以界定和开发完全的外海系统吗？
  - 开发和运行的系统可以是成本效益的吗？
  - 经济意义是什么？
  - 它们将适合区域条件吗？
  - 将有一个合适的政策环境吗？
  - 将有刺激利用的合适市场和投资环境吗？
- 为此，西茨-塞恩（Cicin-Sain）等（2005年）强调了外海养殖场的发展和运行需要投资数百万美元，他们指出，基于不充分和错误信息做出的选址决定，可造成昂贵的延误、环境恶化、与其他利用者的冲突、降低产量、产生租赁问题、许可证及其他监管要求，或项目最终失败。

### GIS、遥感和制图应用

- 组装了GIS、遥感和制图应用以说明这些工具处理海水养殖发展和管理面临的许多问题的能力。我们说明了在广泛的水产养殖基本问题中的应用。显然，一些问题的重点可能根据情况有所不同，可能出现新问题。在任何

情况下，我们认为，需要部署基于对问题审慎预评估的空间工具。虽然有很多改进余地，以及将应用扩大到更充分、广泛处理问题的程度，但可以有把握地说，有利地部署这些工具，可以改善海水养殖的可持续性，特别是对预选址、确定和量化竞争性和冲突性用途。按不同的说法，对GIS、遥感和制图的利用已达到可以为海水养殖的发展提供有利环境的关键部分的程度。

- 一个值得注意的差距是，按重量计算海水养殖最重要的海洋植物养殖还没有完全被GIS涵盖，文献中只发现一起应用情况。
- 一个合理的问题是，尽管本文介绍了许多应用情况，但为什么利用GIS、遥感和制图在水产养殖中不如其他领域常见和广泛，例如水资源？我们认为，部分答案是行政和管理人员缺乏关于这些工具能力的信息，以及从业人员缺乏经验，尤其是在发展中国家。这一技术论文代表着一个解决办法，而GISFish为另一个。然而，需要考虑其他可能的制约因素。其中一个是，GIS中正式教育的机会太少，自然资源研究和管理的所有领域的本科生和研究生应当学习。另一个是缺少计算机设备、软件和宽带，以便有效地在因特网上操作，尤其是数据交流和获取，特别是在发展中国家。显然，阻碍更有效和更广泛地在水产养殖中利用空间工具的问题需要进行检查。在这个方向上下一步的可能性包括成立粮农组织发起的工作组，来处理具体项目，包括（1）水产养殖当前和未来对空间分析的需求的审议，（2）批判性分析为何GIS还没有起步，以及（3）GIS、遥感和制图在水产养殖发展和管理以及战略和运行决策方面的作用。GISFish提供的论坛可举行工作组的首次会议。作为对工作组扩大投入的手段，其可以同时举行国际会议，例如关于渔业和水产科学的GIS和空间分析国际研讨会。扩大工作组视野的另一个办法是工作组成员来自渔业和水产养殖以外的普遍和有效利用GIS的其他领域（例如沿海区域管理）。工作组最后结果的报告是不够的。相反，召开工作组应不仅是想要找出问题，其任务还应当是设计切实可行的解决办法，确定有能力资助和执行解决方案的组织。

### 经济、社会-经济和GIS

- 对水产养殖的经济方面缺乏应用GIS。具有讽刺意味的是，与许多其他类型的应用相反，用于GIS的经济数据似乎是现成的，其来自没有开展空间分析的经济研究。下文强调了一些例子。
- 空间生物经济模型要求预测养殖产量的空间差异。凯匹特斯基（Kspetsky）和纳特（Nath）（1997）采取了将GIS与生物经济模型连接的步骤，将GIS纳入生物-热力模型，以评估拉丁美洲内陆水产养殖潜力，阿吉拉尔-曼加雷兹（Aguilar-Manjarrez）和纳特（1998年）随后为非洲采用了类似的程序。
- 将GIS纳入已经开发的海水养殖生物经济模型有许多其他机会。例如，凯特-鲍威尔（Kite-Powell）等（2003年）已经开发出一种美国新英格兰地区

大西洋开阔海域养殖鱼类的生物经济模型，适用于鲑鱼、鳕鱼和比目鱼。该模型优化了放养和捕捞的安排，预计了资金流动，并允许有其他养殖站点。出现在该模型中的空间（地点）参数是与生长有关的水温、有关系泊的深度和网箱安装费用、波形和离岸距离。因为其模型计算出了15年期间的逐月运行情况的财政表现，有一个未认识的机会，即通过利用历史上每月的SST和/或漂流物数据，在GIS中执行后报，使该模型在时间上和空间上更有活力。作者认为，移动距离、船舶运行和船员支出对整体运行是巨额费用。在这方面，他们认为，考虑到其他限制因素，生长地点尽可能靠近岸边有良好经济意义。GIS也可以适用于这个问题，不仅在寻找最合适距离范围内的地点方面，而且预计影响船舶运行和表现的后报海洋和气候条件的风险，如上述生长表现空间变化同样的方式。

- GIS可适用于以类似经济方式的贝类养殖，但有不同的需求需要分析。兰葛（Langan）和福布斯（Forbes）（2003年）描述了开阔海域水下延绳贻贝养殖的设计、运行和经济。他们指出，食物质量和数量是影响生长时间的最重要因素。因此，确定有着连续高水平的叶绿素-a、低浊度和相对较高溶氧量的区域是在考虑限制船舶移动时间时的重要因素。凯特-鲍威尔、霍格兰（Hoagland）和金（Jin）（2003年）研究了北美扇贝和贻贝在开阔海域生长的经济学。扇贝的生长取决于捕捞幼体的可靠渔业，因此增加了选址标准，即适合北美扇贝幼体种群的区域，以及现有捕捞船只和人员，以向养殖活动供应苗种。霍格兰、凯特-鲍威尔和林（Lin）（2003年）开发了在美国新英格兰地区开阔海域养殖贻贝的商业计划。他们预计的船舶运行成本（包括船员）为在海上90天每天为1000美元。一旦完全运行，这些费用占总运行成本的比例从21%至23%。因此，尽量减少船只“通勤”时间的选址以及上述的其他需要，对商业计划和运行的可持续性十分重要。

### 预测开阔海域水产养殖潜力

- 美国EEZ开阔海域水产养殖潜力的研究（第4节）清楚地表明，有可能创建一个简单的GIS，使外海水产养殖潜力的第一近似值适用任何愿意开展养殖的国家。这类研究的基础是有全球覆盖范围的充分空间数据，可从因特网免费下载。根据养殖系统和适合一国海域的物种情况，需要确定、编撰和综合属性数据。

### 数据可获得性

- 妨碍GIS在海水养殖中的利用有两个数据问题，一是获得空间数据，另一个是属性数据的可获得性。在空间数据方面，仍然有许多数据差距，分为三类：（1）地理覆盖率和时间差距，（2）分辨率，以及（3）数据性质差距。海水养殖GIS的研究花费的大多时间用于确定、收集、整理和编撰属性数据，明确对养殖生物的环境要求，对养殖结构的最佳和工作限制。

## 海水养殖的数据模型和决策

- 海水养殖决策支持工具（DST）的关键改进包括：社会经济数据的增加使用、定制工具的开发和/或利用其他领域采用的/创建的DST，以更好处理水产养殖的具体决策问题。鉴于现有文件描述的在GIS应用中采用的DST工具与MPA分析所采用的工具的差异，据信不同领域专家之间的更好沟通将推进DST在海水养殖中的应用。此外，需要更多具有MCE经验的海水养殖专家，以充分利用现有工具和/或创造新的工具。

## 最后的考虑和建议

- 空间工具的潜力可通过以下方式被认识：合作、强调解决共同问题的跨学科办法以及组成专门知识者团队针对每个问题的结果。
- 从组织和实施GIS的角度看，明显的是海洋渔业和海水养殖需要共同环境和经济数据，许多物种既被养殖也被捕捞。此外，海水养殖和渔业的空间分析程序是相同或相似的。因此，通过国家政府一级和学术机构在水产养殖和渔业的GIS活动之间的合作和整合，似乎可以获得很多成果。
- 从用于阈值的属性数据的角度，需要（1）目前正在养殖或有海水养殖潜力的物种的生物物理需求的信息整合（2）养殖结构的物理环境要求，以及（3）生物经济模式。



## 8. 词汇表

**地理信息系统（Geographic Information Systems）**。用于采集、储存、核对、整合、处理、分析和显示与地表位置有关的数据的计算机系统。通常情况下，地理信息系统（或空间信息系统）用于处理各类地图。这些可能代表几个不同层次，每个层次拥有关于特征的数据。每个特征与地图的图像位置链接。在水产养殖中，其被用来评估地理区块适宜性，以及调查一个物种对一块区域的适宜性。

**ENVISAT（Environment Satellite）**。ENVISAT卫星是由欧洲航天局建造的地球观测卫星。2002年3月1日由阿丽亚娜5发射，进入太阳同步极地轨道，高度790千米（+/-10千米）。其绕行地球大约需要101分钟，重复周期为35天。

**模糊分类（Fuzzy classification）**。数据分类的任何方法，允许属性按成员值适用于对象，以便一个物体可以被看作是部分成员的一类。类成员通常是指持续规模从0到1，在零是非成员时，1则是正式成员。模糊分类也可应用于地理物体本身，以便使物体的边界被视为顺次排列区域，而不是一个确切的路线。在GIS中，模糊分类被用来分析土壤、植被和其他现象，其趋向于逐步改变物理结构，属性在性质上往往在一定程度上是定性的。

**地理数据库（Geodatabase）**。收集的地理数据集由ArcGIS使用。有各种不同类型的地理数据集，包括特征类、属性表、栅格数据集、网络数据集和拓扑等等。

**锁眼标记语言（Keyhole Markup Language）**用于模拟和储存地理特征的XML语法和文件格式，例如点、线、图像、多边形和在谷歌地球上显示的模型。谷歌地球处理的KML文件与网络浏览器处理HTML和XML文件有着类似方式。与HTML一样，KML以标签结构为基础，利用名称和属性用于具体展示目的。因此，谷歌地球作为KML文件的浏览器。

**地球资源探测卫星（Landsat）**。美国地球资源探测卫星是提供全球、反复覆盖地球表面的第一个地球观测卫星。卫星上板载传感器运行在可见光到中红外波段以及热红外中，第一颗卫星 - ERTS-1（后改名为大地卫星-1）于1972年发射。目前大地卫星-7控制着“增强专题制图仪”传感器；在其9个频道中，7个获得从可见到中红外的数据，分辨率30米。关于大地卫星-7的更多信息见USCG网页（<http://landsat7.usgs.gov/index.php>）以及NASA网页（<http://landsat.gsfc.nasa.gov/>）。

**地图（Maps）**。部分或整个地球表面物理特征（自然、人为或两者）的图示，方法是标记和符号或摄影图像，按既定比例指定投影，并指示方向。

**海水养殖（Marine aquaculture）**。在海洋生物自然栖息地，或在特制的养殖单位，例如：池塘、网箱、网栏、围栏或水箱养殖、管理和收获海洋生物。为粮农组织统计目的，海水养殖是指在海水中最终产品的养殖，即使有关水生生物在生命周期的早期阶段可以在咸水或淡水中养殖。

**MCE ( Multi-Criteria Evaluation )** 是一种用于多准则评价的决策支持工具。一项决定是在供选方案之间的选择（如可选择的行动、土地分配等）。决定的基础被称为标准。在多标准评估中，试图结合一套标准以实现单一的综合基础，并根据具体目标做出决定。例如，可能需要做出哪些领域最适合工业发展的决定。标准可包括邻近道路、坡度、排除保留地等。通过多标准评估，这些标准图片代表的适宜性可合并为单一的适宜性地图，以做出最终选择。

**MERIS ( Medium Resolution Imaging Spectrometer, 中分辨率成像光谱仪 )**。MERIS是一个运行在太阳反射光谱范围的可编程、中期光谱分辨率的成像光谱仪。通过地面指挥可以选择15条谱带，各自有宽度和位置在390到1040纳米的可编程频谱范围。该仪器通过所谓“推动扫帚”方法扫描地球表面。线阵CCD阵列提供全面跟踪方向的空间采样，而卫星的运动提供跟踪方向的扫描。MERIS被设计为只要光照条件适宜，能获得地球上的数据。该仪器的68.5° 视场围绕的最低点覆盖1150千米宽度的扫描带。宽视场由扇形配置的5个相同光模块共用。

**元数据 ( Metadata )**。描述数据或其他资料的内容、质量、条件、原产地以及其他特征的信息。用于空间数据的元数据可说明和记录主题；如何、何时、何地以及由何人收集数据；可获得性和分发信息；其投影图、比例、分辨率和精度以及按一些标准的可靠性。元数据包括属性和记录。属性来自数据源（例如坐标系统和数据投影），而记录由人输入（例如用来描述数据的关键字）。

**像素 ( Pixels )**。图像矩阵小格。地面相应的像素由传感器系统瞬时视场 (IFOV) 确定，如立体角从探测器延伸到地面区域即时测量。像素的数字值是在每个传感器通道中地球像面释放或反射的电磁能量的辐射通量程度。

**投影 ( Projection )**。将地球曲面描绘在平面上的方法。通常要求将地球的小方格行经度和纬度系统地数学变换到平面上。一些投影被形象化，作为电灯泡为其中心的透明地球仪（虽然不是所有投影发射该地球仪中心），在纸上铸造经纬度线。通常，纸是平的，将其相切于地球仪（平面或方位图法）；或形成一个圆锥形或圆筒置于地球仪上（圆柱和圆锥投影）。每个地图投影扭曲距离、面积、形状、方向或一些组合。

**遥感 ( Remote Sensing )**。从研究区域或生物收集和分析数据，物理上从遥感设备中获取，例如水面下探测仪器、飞机或卫星。

**SAR ( Remote Sensing )**。成像雷达是一种主动工具，向地球表面传输微波脉冲，测量分散返回信号的规模。来自不同地面部分的返回信号被联合形成图像。合成孔径雷达 (SAR) 是一种特殊类型的成像雷达。测量振幅和返回信号的位相是复杂的系统；其分析利用航天器运动产生的在像面方面的多普勒效应，以实现高地面分辨率。由于识别地表电磁辐射的来源是系统本身，可以昼夜运行。遥感SAR系统采用的微波间隔中的大气透过率（2至30千兆赫）高于90%，还存在冰和雨水滴（除严重的热带雷电交加的暴风雨外）；因此，SAR能够在任何天气条件下获得数据。

**比例 ( Scale )**。地图上距离或区域之间的比例，对应地面上的距离或区域。

**分辨率 ( Resolution )**。地面的一个区域对应到卫星图像的一个像素。

词汇表按以下来源编撰:

**Anonymous (未具名)**。1998. AQUALEX. 水产养殖术语多语种词汇表。光盘, 英国John Wiley和Sons Ltd.以及Praxis Publ。

**Association for Geographic Information (AGI, 地理信息协会)**。GIS词典 (<http://www.geo.ed.ac.uk/agidict/welcome.html>)

**Barnabé, G.** (编辑) 1990水产养殖。英国奇切斯特, Ellis Horwood. 1.1卷, 528p. 2卷, 584p. L.M. Laird翻译。

**Center for Spatially Integrated social Science (CSISS, 空间综合社会科学中心):**

<http://www.csiss.org/cookbook/glossary.php>

**Choudury, K.和Jansen, L.J.M.** ( UNESCO/WMO ) 1999. 综合资源规划和管理术语。罗马, FAO. 69p.

**Chrisman, N.** 用于探索GIS的词汇, by: <http://www.wiley.com/college/chrisman/glossary.html>

**Earth Sciences Sector of Natural Resources Canada (加拿大自然资源地球科学部门)**。加拿大遥感中心 (CCRS)。遥感术语词汇表 ([http://ccrs.nrcan.gc.ca/glossary/index\\_e.php](http://ccrs.nrcan.gc.ca/glossary/index_e.php))。

**ESRI**。2001. ESRI公司GIS报刊术语词典。美国加利福尼亚州雷德兰兹环境系统研究所, (见: [http://www.esri.com/library/glossary/a\\_d.html](http://www.esri.com/library/glossary/a_d.html))。

**FAO (粮农组织)** 2006. 水产养殖词汇表。 <http://www.fao.org/fi/glossary/aquaculture/>

**FAO Fishery Department (粮农组织渔业部)**。2003世界渔业和水产养殖地图集。光盘。罗马, FAO. 第2版。

**Hoehn, P.和Lynette, M.** 地理信息系统, 制图学和遥感缩略语词典。 (见<http://www.lib.berkeley.edu/EART/abbrev.html>)。

**Perry-Castañeda** 图书馆地图收藏。制图学术语词汇表, 见<http://www.lib.utexas.edu/maps/glossary.html>。得克萨斯大学。

**Voser, S.A.** 词汇表中的词汇 (见[http://www.geocities.com/CapeCanaveral/1224/terms/terms\\_txt.html](http://www.geocities.com/CapeCanaveral/1224/terms/terms_txt.html))。



## 参考文献

- Aguilar-Manjarrez, J.** 1992. Construction of a GIS for Tabasco State Mexico. Establishment of technical and social decision models for aquaculture development. Institute of Aquaculture. University of Stirling, UK. 125 pp. (M.Sc.Thesis).
- Aguilar-Manjarrez, J.** 1996. Development and evaluation of GIS-based models for planning and management of coastal aquaculture: a case study in Sinaloa, México. Institute of Aquaculture, University of Stirling, Scotland, UK. 373 pp. (Ph.D. Thesis).
- Aguilar-Manjarrez, J. & Nath, S.S.** 1998. *A strategic reassessment of fish farming potential in Africa*. CIFA Technical Paper. No. 32. FAO, Rome. 170 pp. (also available at <http://www.fao.org/docrep/W8522e/W8522E00.htm>).
- AquaGIS.** 2006. Newfoundland and Labrador Aquaculture Geographic Information System. Department of Fisheries and Aquaculture, Newfoundland and Labrador. (available at [www.aquagis.com](http://www.aquagis.com)).
- Arnold, W.S., Norris, H.A. & Berrigan, M.E.** 1996. Lease site considerations for hard clam aquaculture in Florida. *Journal of Shellfish Research* 15:478-479.
- Arnold, W.S. & Norris, H.A.** 1998. Integrated resource management using GIS: Shellfish aquaculture in Florida. *Journal of Shellfish Research* 17: 318.
- Arnold, W.S., Kaiser, J.B. & Holt, G.J.** 2002. Spawning of Cobia (*Rachycentron canadum*) in captivity. *Journal of the World Aquaculture Society*, 33(2): 205-208.
- Arnold, W.S., White, M.W., Norris, H.A. & Berrigan, M.E.** 2000. Hard clam (*Mercenaria spp.*) aquaculture in Florida, USA: geographic information system applications to lease site selection. *Aquacultural Engineering*. 23(1-3):203-231.
- Auckland Regional Council.** 2002. Mapping constraints to future marine farming in the Auckland and Waikato Regions-Stage One. 96 pp.
- Auckland Regional Council** (no year). Mapping Potential Aquaculture Management Areas in the Auckland Region – Stage 2. (available at [http://www.arc.govt.nz/arc/library/b86166\\_2.pdf](http://www.arc.govt.nz/arc/library/b86166_2.pdf)).
- Bacher, C., Grant, J., Hawkins, A.S.J., Fang, J., Zhu, M. & Besnard, M.** 2003. Modelling the effect of food depletion on scallop growth in Sungo Bay (China). *Aquatic Living Resources*, 16(1): 10-24.
- Basurco, B. & Sarologia, M.** 2002. Seafarming today and tomorrow. European Aquaculture Society. Special Publication No. 32. 562 pp.
- Belton, V. & Stewart, T.J.** 2002. Multi Criteria Decision Analysis and Integrative Approaches, Kluwer Academic Publishers, New York.
- Beveridge, M.** 2004. *Cage Aquaculture*. Third Edition. Blackwell Publishing, London. 376 pp.
- Booth, A.J.** 2004. Spatial statistics and aquatic Geographic Information Systems. In Nishida, T., Kailola, P. and Hollingworth, C. eds. GIS/Spatial analyses in fishery and aquatic sciences (Vol 2.) Proceedings of the Second International Symposium on GIS/Spatial analyses in fishery and aquatic sciences. pp. 3-44. Fishery-Aquatic GIS Research Group. Kawagoe, Saitama, Japan. 733 pp.

- Booth, A.J. & Wood, B.** 2004. Geographic Information Systems application in offshore marine fisheries. In Fisher, W. L. and Rahel, F.J. eds. *Geographic information systems in fisheries*. pp. 209-236. American Fisheries Society, Bethesda, Maryland, USA. 275 pp.
- Breman, J.** ed. 2002. *Marine geography. GIS for the oceans and seas*. ESRI Press. Redlands, California, USA. 204 pp.
- Bremen, J., Wright, D. & Halpin, P.N.** 2002. The inception of the ArcGIS marine data model. In Breman, J. ed. *Marine geography. GIS for the oceans and seas*. Pp 3-10. ESRI Press. Redlands, California, USA. 204 pp.
- Bridger, C.J. & Costa-Pierce, B.A.** eds. 2003. *Open Ocean Aquaculture: From Research to Commercial Reality*. The World Aquaculture Society, Baton Rouge, Louisiana, USA. 351 pp.
- Bridger, C.J., Costa-Pierce, B.A., Goudey, C.A., Stickney, R.R. & Allen, J.D.** 2003. Offshore aquaculture development in the Gulf of Mexico: Site selection, candidate species, and logistic alleviation. In Pages 273–283 C.J. Bridger and Costa-Pierce, B.A., eds. *Open Ocean Aquaculture: From Research to Commercial Reality*. The World Aquaculture Society, Baton Rouge, LA.
- Buitrago, J., Rada, M., Hernández, H. & Buitrago, E.** 2005. A Single-Use Site Selection Technique, Using GIS, for Aquaculture Planning: Choosing Locations for Mangrove Oyster Raft Culture in Margarita Island, Venezuela. *Environmental Management* 35(5): 544-556.
- Burrough, P.A.** 1986. *Principles of Geographic Information Systems*, 1st ed. Oxford University Press, New York 336 pp.
- Butler, M.J.A., LeBlanc, C., Belbin, J.A. & MacNeill, J.L.** 1987. *Marine resource mapping : an introductory manual*. FAO Fisheries Technical Paper No. 274. Rome, FAO. 256 pp.
- Butler, M.J.A., Mouchot, M.-C., Barale, V. & LeBlanc, C.** 1988. *The application of remote sensing technology to marine fisheries : an introductory manual*. FAO Fisheries Technical Paper No. 295. Rome, FAO.
- Carswell, B., Cheesman, S. & Anderson, J.** 2006. The use of spatial analysis for environmental assessment of shellfish aquaculture in Baynes Sound, Vancouver Island, British Columbia, Canada. *Aquaculture*, 253(1-4): 408-414.
- Center for Coastal Resources Management.** 1999. Shallow water resource use conflicts: Clam aquaculture and submerged aquatic vegetation. Virginia Institute of Marine Science, Gloucester Point, Virginia. 30 pp.
- Chang, B., Page, F.H. & Hill, W.H.** 2005. Preliminary analysis of coastal marine resources use and the development of open ocean aquaculture in the Bay of Fundy. Canadian Technical Report of Fisheries and Aquatic Sciences 2585. 36 pp.
- Cicin-Sain, B Knecht, R. W., Rheault, R., Bunsick, S.M., DeVoe, R., Eichenberg, T., Ewart, J. & Halvorson, H.** 2001. Development of a Policy Framework for Offshore Marine Aquaculture in the 3-200 Mile U.S. Ocean Zone. Center for Marine Policy, University of Delaware. 167 pp.
- Cicin-Sain, B., Bunsick, S.M., Corbin, J., DeVoe, R. M., Eichenberg, T., Ewart, J., Firestone, J., Fletcher, K., Halvorson, H., MacDonald, T., Rayburn, R., Rheault, R. & Thorne-Miller, B.** 2005. Recommendations for an operational framework for offshore aquaculture in U.S. Federal waters. Center for Marine Policy, University of Delaware. 118 pp.

- CINEMAR.** 2005. News Release. New Hampshire Fishermen Are Mussel Bound. (available at [http://ooa.unh.edu/news/1\\_2005/newsMussels.htm](http://ooa.unh.edu/news/1_2005/newsMussels.htm)).
- Cordell, E.V. & Nolte, D.A.** 1998. Feasibility of using remote sensing to identify the aquaculture potential of coastal waters. Recon Technologies, Inc. Bend, Oregon, USA.
- Corner, R.A., Brooker, A.J., Telfer, T.C. & Ross, L.G.** 2006. A fully integrated GIS-based model of particulate waste distribution from marine fish-cage sites. *Aquaculture* 258: 299–311. (also available at [http://www.aqua.stir.ac.uk/GISAP/pdfs/Corner\\_waste.pdf](http://www.aqua.stir.ac.uk/GISAP/pdfs/Corner_waste.pdf)).
- De Graaf, G., Marttin, F., Aguilar-Manjarrez, J. & Jenness, J.** 2003. *Geographic information systems in fisheries management and planning. Technical manual.* FAO Fisheries Technical Paper No. 449. FAO, Rome. 162pp. (also available at <http://www.fao.org/docrep/006/y4816e/y4816e00.htm#Contents>).
- DeMers, M.N.** 2003. Fundamentals of Geographic Information Systems. Second Edition. John Wiley and Sons, Inc. New York, NY, USA. 636 pp.
- Dolmer, P. & Geitner, K.** 2004. Integrated Coastal Zone Management of cultures and fishery of mussels in Limfjorden, Denmark. ICES C.M. 2004/V:07. 9 pp.
- Dooley J.F.** 2005. An Inventory and Comparison of Globally Consistent Geospatial Databases and Libraries. *Environment and Natural Resources Series* No.19 - FAO, Rome. 200 pp. (also available at <http://www.fao.org/docrep/008/a0118e/a0118e00.htm#Contents>).
- Durand, H., Guillaumont, B., Loarer, R., Loubersac, L., Prou, J. & Heral, M.** 1994a. An example of GIS potentiality for coastal zone management: pre-selection of submerged oyster culture areas near Marennes Oléron (France). EARSEL Workshop on Remote Sensing and GIS for Coastal Zone Management. Delft, The Netherlands.
- Durand, H., Guillaumont, B. & Labbe, S.** 1994b. Maquette d'un SIG littoral en vue de la recherche de sites ostreicoles en eau profonde. Gutlar/IFREMER Groupe Sillage. Brest, France. (pages not numbered).
- El Gayar, O.F. & Leung, P.S.** 2006. A multiple-criteria decision making framework for regional aquaculture development. *European Journal of Operational Research* Vol. 133, pp 462-482.
- Environment Bay of Plenty.** 2006. Aquaculture Management Area Project. (available at <http://www.ebop.govt.nz/Coast/AMA-project.asp>).
- Fabbri, K.P.** 2006. A strategic decision support framework for integrated coastal zone management. *Int. J. Environmental Technology and Management*, Vol. 6, Nos. 1/2, pp 206-217.
- FAO.** 1995. Code of conduct of responsible fisheries. FAO, Rome. (available at <http://www.fao.org/DOCREP/005/v9878e/v9878e00.htm#PRE>).
- FAO.** 1997. FAO Technical Guidelines for Responsible Fisheries. Aquaculture Development No. 5. Rome, FAO. 40 pp.
- FAO.** 2006a. FISHSTAT PLUS [online]. Universal software for fishery statistical time series [Version 2.3]. Release date: March 2006. (available at <http://www.fao.org/fi/statist/FISOFT/FISHPLUS.asp>).
- FAO.** 2006b. Glossary of Aquaculture. Rome, FAO. (available at <http://www.fao.org/fi/glossary/aquaculture/>).
- Field, D.** 2001. Practical aquaculture GIS. *INFOFISH International* 5: 27-30.

- Fisher, W.L.** (in press). Recent trends in fisheries geographic information systems. In Nishida, T., Kailola, P. and Hollingworth, C. eds. Proceedings of the Third International Symposium on GIS/Spatial analyses in fishery and aquatic sciences. Fishery-Aquatic GIS Research Group. Kawagoe, Saitama, Japan.
- Fisher, W.L. & Rahel, F.J.** eds. (2004). Geographic information systems in fisheries. American Fisheries Society, Bethesda, Maryland, USA. 275 pp.
- Freddi, A. & Aguilar-Manjarrez, J.** 2005. TCP/BRA/0065. Small-scale seaweed farming in North East Brazil. FAO Aquaculture Newsletter December 2005 - No. 34. FAO, Rome, pp 34-35 (also available at <http://www.fao.org/docrep/009/a0435e/a0435e00.htm>).
- Geitner, K.** 2004. Use of GIS for placement of rainbow trout culture in Denmark. In Nishida, T., Kailola, P. and Hollingworth, C. eds. GIS/Spatial analyses in fishery and aquatic sciences (Vol 2.) Proceedings of the Second International Symposium on GIS/Spatial analyses in fishery and aquatic sciences. pp. 543-558. Fishery-Aquatic GIS Research Group. Kawagoe, Saitama, Japan. 733 pp.
- GEODAS.** 2006. Grid Translator. National Geophysical Data Center. NOAA Satellite and Information Service. (available at [http://www.ngdc.noaa.gov/mgg/gdas/gd\\_designagrid.html](http://www.ngdc.noaa.gov/mgg/gdas/gd_designagrid.html)).
- GESAMP** (IMO/FAO/UNESCO-IOC/WMO/WHO/IAEA/UN/UNEP Joint Group of Experts on the Scientific Aspects of Marine Environment Protection (GESAMP). 2001. Planning and management for sustainable coastal aquaculture development. GESAMP Reports and Studies. 68. 45 pp. (also available at <ftp://ftp.fao.org/docrep/fao/007/y1818e/y1818e00.pdf> ).
- Goudey, C.** 1998. Model Tests and Operational Optimization of a Self-propelled Open-ocean Fish Farm. In Biran, A. Ed. Proceedings Offshore Technologies for Aquaculture. Haifa, Israel, 13-16 Oct. 1998.
- Gouletquer, P., Soletchnik, P., Le Moine, O., Razet, D., Geariron, P., Faury, N. & Taillade, S.** 1998. Summer mortality of the Pacific cupped oyster *Crassostrea gigas* in the Bay of Marennes-Oleron (France). International Council for the Exploration of the Sea Copenhagen (Denmark) Theme Session on Population Biology. ICES, Copenhagen, Denmark. 20 pp.
- Gouletquer, P. & Le Moine, O.** 2002. Shellfish farming and Coastal Zone Management (CZM) development in the Marennes-Oléron Bay and Charentais Sounds (Charente Maritime, France): A review of recent developments. Aquaculture International, 10(6): 507-525.
- Gunero glu, A., Kose ,E., Eruz, C., Basar, E., Erkebay, S. & Karsli, F.** 2005. Use Of Geographic Information System (GIS) To Select Fish Cage Farming Sites In Surmene Bay, Black Sea. *The Israeli Journal of Aquaculture – Bamidgeh* 57(2), 2005, 81-89.
- Handisyde, N.L., Ross, L.G., Badjeck, M.-C. & Allison, E.H.** 2006. The effects of climate change on world aquaculture. A global perspective. DFID, UK. (available at [http://www.aquaculture.stir.ac.uk/GISAP/pdfs/Climate\\_full.pdf](http://www.aquaculture.stir.ac.uk/GISAP/pdfs/Climate_full.pdf)).
- Hoagland, P., Kite-Powell, H. L. & Lin, D.** 2003. Business Planning Handbook For The Ocean Aquaculture Of Blue Mussels. Marine Policy Center Woods Hole Oceanographic Institution, Woods Hole, Massachusetts, USA. 31 pp.
- Hughes Clark, J.E., Wildish, D. & Duxfield, A.** 2002. Acoustic imaging of salmonid mariculture sites. CHC 2002 Proceedings. 17 pp.

- Inglis, G.J., Hayden, B.J. & Ross, A.H.** 2000. An overview of factors affecting the carrying capacity of coastal embayments for mussel culture. NIWA Client Report: CHC00/69 Project No. MFE00505. National Institute of Water and Atmospheric Research Ltd Christchurch New Zealand. 31 pp.
- Island Institute.** 1999. The Maine Guide to Mussel Raft Culture. Island Institute, Rockland, Maine, USA. 32 pp.
- Jacquet, J.-M.** 1987. Remote sensing evaluation of water quality in the Gulf of Nicoya (Costa Rica). Annex 1. in Kapetsky, J.M. McGregor, L. and Nanne E., H. (1987). *A geographical information system and satellite remote sensing to plan for aquaculture development: a FAO-UNDP/GRID cooperative study in Costa Rica*. FAO Fisheries Technical Paper No. 287. Rome, FAO.
- Janssen, R. & van Herwijnen, M.** 2006. A toolbox for multiple criteria decision-making. *Int. J. Environmental Technology and Management*, 6 (1/2): 20-39.
- Jefferson, W.H., Michener, W.K., Karinshak, D.A., Anderson, W., & Porter, D.E.** 1991. Developing data layers for estuarine resource management. Proceedings of GIS/LIS '91. Inforum, Atlanta, Georgia. 1: 331-342.
- Johannessen, J.A., Johannessen, O.M. & Haugan, P.M.** 1988. Remote sensing and model simulation studies of the Norwegian coastal current during the algal bloom in May 1988. The Nansen Remote Sensing Center. Technical Bulletin No. 16.
- Jordan, S.J., Greenhawk, K.N. & Smith, G. F.** 1995. Maryland oyster geographical information system: Management and scientific applications. *Journal of Shellfish Research* 14: 269.
- Jordana, R.** 2004. SIG—Pesca. Sistema de Información Geográfica de la Direcció General de Pesca i Afers Marítims. Lecture delivered at the CIHEAM Advanced Course on Offshore Mariculture, Zaragoza (Spain), 17-22 May 2004 (available at <http://www.easonline.org/agenda/en/description.asp?id=264>).
- Kapetsky, J.M.** 1989. A geographical information system for aquaculture development in Johor State. FAO Technical Cooperation Programme Project. Land and Water Use Planning for Aquaculture Development.TCP/MAL/6754. Field Document. FAO, Rome.
- Kapetsky, J.M.** 2004. Geographic information systems applications in aquaculture. In Fisher, W. L. and Rahel, F.J. eds. *Geographic Information Systems in fisheries*. pp. 13-48. American Fisheries Society, Bethesda, Maryland, USA. 275 pp.
- Kapetsky, J.M. & Aguilar-Manjarrez, J.** 2004. Geographical Information Systems in aquaculture development and management from 1985 to 2002: an assessment. In Nishida, T., Kailola, P. and Hollingworth, C. eds. *GIS/Spatial analyses in fishery and aquatic sciences (Vol 2.)* Proceedings of the Second International Symposium on GIS/Spatial analyses in fishery and aquatic sciences. pp. 393-404. Fishery-Aquatic GIS Research Group. Kawagoe, Saitama, Japan. 733 pp.
- Kapetsky, J.M. & Caddy, J.F.** 1985. Applications of remote sensing to fisheries and aquaculture. FAO Report of the 11th Session of the Advisory Committee on Marine Resources Research, Supplement. FAO, Rome. FAO Fisheries Report, (338) Suppl.: 37-48.
- Kapetsky, J.M. McGregor, L. & Nanne E, H.** 1987. *A geographical information system and satellite remote sensing to plan for aquaculture development: a FAO-UNDP/GRID cooperative study in Costa Rica*. FAO Fisheries Technical Paper No. 287. Rome, FAO. 51 pp.

- Kapetsky, J.M. & Nath, S.S.** 1997. A strategic assessment of the potential for freshwater fish farming in Latin America. *COPESCAL Technical Paper*. No. 10. Rome, FAO. 128 pp. (also available at <http://www.fao.org/DOCREP/005/W5268E/W5268E00.HTM>).
- Kite-Powell, H., Hoagland, P., Jin, D. & Murray, K.** 2003. Open ocean grow-out of finfish in New England: A bioeconomic model. In Pages 319-324. C.J. Bridger and Costa-Pierce B.A, (eds.). *Open Ocean Aquaculture: From Research to Commercial Reality*. The World Aquaculture Society. Baton Rouge, Louisiana, USA.
- Kona Blue Water Farms** 2003. Final Environmental Assessment For An Offshore Open Ocean Fish Farm Project Off Unualoha Point, Kona, Hawaii. Prepared for Land Division, Land and Natural Resources, Hawaii. 110 pp.
- Langan, R. & Horton, F.** 2003. Design, operation and economics of submerged longline mussel culture in the open ocean. *Bulletin of the Aquaculture Association of Canada*. 103-3: 11-20.
- Legault, J.A.** 1992. Using a geographic information system to evaluate the effects of shellfish closures on shellfish leases, aquaculture and habitat availability. *Canadian Technical Report of Fisheries and Aquatic Sciences* 1882E:1-10.
- Leung, P.S.** 2006. Multiple-criteria decision-making (MCDM) applications in fishery management. *Int. J. Environmental Technology and Management*, 6 (1/2): 96-110.
- Loubersac, L., Prou, J. , Kerdreux, M. & Le Moine, O.** 1997. Geomatics for the management of oyster culture leases and production. *CoastGIS'97*. In: D. Green, and G. Massie editors. *Proceedings of the Second International Symposium on GIS and Computer Mapping for Coastal Zone Management*. University of Aberdeen, Scotland. Aug. 29-31, 1997.
- Macias-Rivero, J.C., Castillo y Rey, F. & Zurita, C.A.** 2003. Zonas idóneas para el desarrollo de la acuicultura en el litoral andaluz. Dirección General de Pesca y Acuicultura, Consejería de Agricultura y Pesca, Junta de Andalucía. 43 p. y mapas.
- Malczewski, J.** 1999. *GIS and Multicriteria Decision Analysis*, Wiley, New York.
- Malczewski, J.** 2006. Integrating multiple-criteria analysis and geographic information systems: the ordered weighted averaging (OWA) approach. *Int. J. Environmental Technology and Management*, 6 (1/2): 7-19.
- Marine Aquaculture Task Force.** 2007. Sustainable marine aquaculture: Fulfilling the promise; managing the risk. Marine Aquaculture Task Force, Takoma Park, MD, USA. 128 pp. (available at [http://www.pewtrusts.com/pdf/Sustainable\\_Marine\\_Aquaculture\\_final\\_1\\_07.pdf](http://www.pewtrusts.com/pdf/Sustainable_Marine_Aquaculture_final_1_07.pdf))
- Marine Policy Center, Woods Hole Oceanographic Institute.** 2003. Improving the Regulatory Framework for Marine Aquaculture Regional Planning and Economic Decision-making. NOAA National Marine Aquaculture Initiative Final Report (available at <http://www.lib.noaa.gov/docqua/nmaimages2001/finrepwhoi.htm>).
- Martinez-Cordero, F. & Leung, P.S.** 2004. Multicriteria decision making (MCDM) model for regional sustainable shrimp farming development in northwest Mexico. *Aquaculture Economics and Management*. 8 (3/4): 179-192.
- Meaden, G. J.** 2004. Challenges of using geographic information systems in aquatic environments. In Fisher, W. L. and Rahel, F.J. eds. *Geographic information systems in fisheries*. pp. 13-48. American Fisheries Society, Bethesda, Maryland, USA. 275 pp.
- Meaden, G.J. & Do Chi, T.** 1996. *Geographical information systems: applications to marine fisheries*, FAO Fisheries Technical Paper No. 356. Rome, FAO. 335 pp. (also available at <http://www.fao.org/docrep/003/W0615E/W0615E00.HTM>).

- Meaden, G.J. & Kapetsky, J.M.** 1991. *Geographical information systems and remote sensing in inland fisheries and aquaculture*. FAO Fisheries Technical Paper No. 318. Rome, FAO. 262 pp. (also available at <http://www.fao.org/DOCREP/003/T0446E/T0446E00.HTM>).
- Mooneyhan, W.** 1985. Determining aquaculture development potential via remote sensing and spatial modelling. Applications of remote sensing to aquaculture and inland fisheries. Report of the ninth UN/FAO international training course in co-operation with the Government of Italy. FAO Rome RSC Series 27:217-247.
- Muir, J.**, 2004, Offshore Mariculture System Options. Lecture delivered at the CIHEAM Advanced Course on Offshore Mariculture, Zaragoza (Spain), 17-22 May 2004 (available at <http://www.easonline.org/agenda/en/description.asp?id=264>).
- National Geophysical Data Center.** 2006. NOAA Satellite and Information Service (available at <http://www.ngdc.noaa.gov/mgg/fliers/01mgg04.html>).
- National Oceanographic Data Center, NOAA.** 2005. Pathfinder Version 5.0. Sea Surface Temperature Climatologies (available at [ftp://data.nodc.noaa.gov/pub/data.nodc/pathfinder/Version5.0\\_Climatologies/README.txt](ftp://data.nodc.noaa.gov/pub/data.nodc/pathfinder/Version5.0_Climatologies/README.txt)).
- National Oceanographic Data Center, NOAA.** 2004. Climatologies for the Coral Atlas Project (available at [ftp://data.nodc.noaa.gov/pub/data.nodc/pathfinder/CoralAtlas/Information\\_on\\_Climatologies.txt](ftp://data.nodc.noaa.gov/pub/data.nodc/pathfinder/CoralAtlas/Information_on_Climatologies.txt)).
- National Office for Harmful Algal Blooms**, Woods Hole Oceanographic Institution, Woods Hole, Massachusetts, USA. 2006. (available at <http://www.whoi.edu/redtide/index.html>).
- Nath, S. S., Bolte, J. P., Ross, L. G. & Aguilar-Manjarrez, J.** 2000. Applications of Geographical Information Systems (GIS) for spatial decision support in aquaculture. *Aquaculture Engineering* 23:233-278.
- Newell, C.R.** 2001. Sustainable mussel culture: A millennial perspective. Bulletin of the Aquaculture Association of Canada. 101-2:15-21.
- Newell, C.R.** 2003. Shellfish aquaculture and carrying capacity. Report of a Task Force Meeting. Maine Department of Marine Resources. 5pp. (available at <http://www.maine.gov/dmr/aquaculture/aqtawalpole.htm>).
- Nishida, T., Kailola, P. & Holliingworth, C.** eds. 2001. Proceedings of the First International Symposium on GIS in Fishery Science. Fishery-Aquatic GIS Research Group. Kawagoe, Saitama, Japan. 486 pp.
- Nishida, T., Kailola, P. & Holliingworth, C.** eds. 2004. GIS/Spatial analyses in fishery and aquatic sciences (Vol 2.) Proceedings of the Second International Symposium on GIS/ Spatial Analyses in Fishery and Aquatic Sciences. Fishery-Aquatic GIS Research Group. Kawagoe, Saitama, Japan. 733 pp.
- Nishida, T., Kailola, P. & Holliingworth, C.** eds. (in press). Proceedings of the Third International Symposium on GIS in Fishery Science. Fishery-Aquatic GIS Research Group. Kawagoe, Saitama, Japan.
- Office of Coast Survey.** 2006. Exclusive Economic Zone. NOAA (available at <http://nauticalcharts.noaa.gov/csdl/EEZ.HTM>).
- Pattison, D., dos Reis, D. & Hamilton, S.** 2004. An inventory of GIS-Based Decision Support Tools for MPAs. Prepared by the National Marine Protected Areas Center in cooperation with the National Oceanic and Atmospheric Administration Coastal Services Center. 14 pp (available at <http://www.mpa.gov>).

- Pavasovic, S.** 2004. GIS-tool for site suitability analysis: Example of marine aquaculture. ECO-IMAGINE Virtual Permanent Conference (European Conferences and forum for Integrated Coastal Management and Geo-Information Research) / GI and GIS for ICM, Seville (Spain). (available at <http://www.gisig.it/eco-imagine/VirtualPConference/siviglia-proceedings/presentations.htm>).
- Pérez, O.M.** 2003. GIS-based models for optimisation of marine cage aquaculture in Tenerife, Canary Islands. Institute of Aquaculture, University of Stirling, Scotland, UK. (Ph.D. Thesis).
- Pérez, O.M., Muir, J.M. & Ross, L.G.** 2000. Spatial modelling of aquaculture related development, poverty and needs issues (preliminary study). University Of Stirling. 42 pp. (available at <http://www.aquaculture.stir.ac.uk/GISAP/gis-group/dfid.php>).
- Pérez, O.M., Ross, L.G., Telfer, T.C. & Beveridge, M.C.** 2002. Geographical information systems (GIS) as a simple tool for modelling waste distribution under marine fish cages. *Estuarine Coastal and Shelf Science* 54:761-768.
- Pérez, O.M., Telfer, T.C. & Ross, L.G.** 2003a. On the calculation of wave climate for offshore cage culture site selection: a case study in Tenerife (Canary Islands). *Aquacultural Engineering*, 29: 1-21.
- Pérez, O.M., Telfer, T.C. & Ross, L.G.** 2003b. Use of GIS-Based Models for Integrating and Developing Marine Fish Cages within the Tourism Industry in Tenerife (Canary Islands). *Coastal Management*, 31:355–366.
- Pérez, O.M., Telfer, T.C. & Ross, L.G.** 2005. Geographical information systems-based models for offshore floating marine fish cage aquaculture site selection in Tenerife, Canary Islands. *Aquaculture Research* 36(10), 946-961.
- Populus, J., Loubersac, L., Prou, J, Kerdreux, M. & Le Moine, O.** 1997. Geomatics for the management of oyster culture leases and production. *CoastGIS'97*. In: D. Green, and Massie, G. eds. *Proceedings of the Second International Symposium on GIS and Computer Mapping for Coastal Zone Management*. University of Aberdeen, Scotland. Aug. 29-31, 1997.
- Rodriguez-Benito, C., Haag, C. & Alvial, A.** 2004. Implementation of new technologies to monitor phytoplankton blooms in the south of Chile. *Proceedings of the MERIS User Workshop*, Frascati, Italy, 10 – 13 November 2003 (ESA SP-549, May 2004).
- Ross, L.G.**, 1998. The use of Geographical Information Systems in Aquaculture: A Review. Paper presented at I Congreso Nacional de Limnología, Michoacán, México. November 1998.
- Ross, L.G., Mendoza, E.A.Q. & Beveridge, M.C.** 1993. The application of geographical information systems to site selection for coastal aquaculture: an example based on salmonid cage culture. *Aquaculture* 112:165-178.
- Ryan, J.** 2004. Farming the deep blue. Bord Iascaigh Mhara and Irish Marine Institute. Ireland. 67 pp.
- Saaty, T.L.** 1980. *The Analytic Hierarchy Process*. McGraw-Hill, New York.
- Saaty, T.L.** 2006. Fundamentals of the analytic network process — Dependence and feedback in decision-making with a single network. *Journal of Systems Science and Systems Engineering*. Publisher Systems Engineering Society of China, co-published with Springer-Verlag GmbH. 13 (2): 129-157.
- Salam, A. Md.** 2000. GIS modelling of coastal aquaculture development in Khulna district, Sunderbans, Bangladesh. Institute of Aquaculture, University of Stirling, Scotland, UK. p400. (Ph.D. Thesis).

- Saxby, S.A.** 2002. A review of food availability, sea water characteristics and bivalve growth performance at coastal culture sites in temperate and warm temperate regions of the world. Department of Fisheries, Government of Western Australia. Fisheries Research Report 132. 43 pp.
- Scott, P.C.** 2004. Aquaculture development interactions in Sepetiba Bay, Rio de Janeiro, Brazil. A GIS study. Institute of Aquaculture, University of Stirling, Scotland, UK. (Ph.D. Thesis).
- Scott, P.C. & Ross, L.G.** 1998. O potencial da mitilicultura na Baía de Sepetiba. Panorama da Aquicultura 8(49):13-19.
- Scott, P.C., Vianna, L.F. & de C. Mathias, M.A.** 2002. Diagnóstico da cadeia aquícola para o desenvolvimento da atividade no Estado do Rio de Janeiro. Panorama da Aquicultura 12(71):15-25.
- Scottish Executive** 2000. Final Report of the Joint Government/Industry Working Group on Infectious Salmon Anaemia (ISA) in Scotland. Scottish Executive, Aberdeen, Scotland. 142 pp.
- Scottish Salmon Producers' Organization.** 2005. Code of Good Practice for Scottish Finfish Aquaculture (available at <http://www.scottishsalmon.co.uk/aboutus/codes.asp>).
- Servicio de Pesca y Acuicultura.** 2000. Acuicultura marina en la región de Murcia: Identificación de zonas aptas para el cultivo. Dirección General de Ganadería y Pesca, Consejería de Agricultura, Acuicultura y Medio Ambiente, Región de Murcia. Cartagena, España. 35p. + mapas.
- Sylvia, G. & Anderson, J.L.** 1993. An economic policy model for net-pen salmon farming. In: Hatch, U., Kinnucn, H. (Eds.) Aquaculture: Models and Economics, Westview Press, Boulder, pp. 17-38.
- Simpson, J.J.** 1994. Remote sensing in fisheries: A tool for better management in the utilization of a renewable resource. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences* 51: 743-771.
- Smith, G.F., Bruce, E.B. & Roach, D.G.** 2001. Remote acoustic habitat assessment techniques used to characterize the quality and extent of oyster bottom in the Chesapeake Bay. *Marine Geodesy*, 24(3): 171-189.
- Smith, G.F. & Greenhawk, K.N.** 1996. Morphological differentiation of the fringing and patch oyster reef types in Chesapeake Bay: A comparative evaluation. *Journal of Shellfish Research* 15: 522.
- Smith, G.F., Greenhawk, K.N. & Homer, M.L.** 1997. Chesapeake Bay oyster reef - An examination of resource loss due to sedimentation. *Journal of Shellfish Research* 16:275.
- Smith, G.F., Greenhawk, K.N., Bruce, E.B., Roach, D.G. & Jordan, S.J.** 2001. A digital presentation of the Maryland oyster habitat and associated bottom types in the Chesapeake Bay (1974-1983). *Journal of Shellfish Research*, 20(1): 197-206.
- Smith, G.F. & Jordan, S.J.** 1993. Utilization of a geographical information system (GIS) for the timely monitoring of oyster population and disease parameters in Maryland's Chesapeake Bay. *Journal of Shellfish Research* 12: 130.
- Smith, G.F., Jordan, S.J. & Greenhawk, K.N.** 1994. An oyster management information system: Integrating biological, physical, and geographical dimensions. *Journal of Shellfish Research* 13:284.
- Smith, G.F., Roach, D.G. & Bruce, E.B.** 2002. The location, composition, and origin of oyster bars in mesohaline Chesapeake Bay. *Estuarine, Coastal and Shelf Science* 56: 391-409.

- Soletchnik, P., Le Moine, O., Faury, N., Razet, D., Geairon, P., & Gouletquer, P.**  
1999. Summer mortality of the oyster in the Bay Marennes-Oleron: Spatial variability of environment and biology using a geographical information system (GIS). *Aquatic Living Resources Ressources Vivantes Aquatique* 12:131-143.
- Soares de Souza, E.F.** 2003. FAO Technical Cooperation Programme Project. Small-scale seaweed farming in Northeast Brazil. TCP/BRA/0065. Field Document. FAO, Rome.
- Stickney, R.R., Costa-Pierce, B., Baltz, D.M., Drawbridge, M., Grimes, C., Phillips, S. & Swann, D.L.** 2006. Toward sustainable open ocean aquaculture in the United States of America. *Fisheries* 31(12): 607-610.
- Subasinghe, R.P., Bueno, P., Phillips, M.J., Hough, C., McGladdery, S.E. & Arthur, J.E.** (eds.) 2000. Aquaculture in the Third Millennium - Technical Proceedings of the Conference on Aquaculture in the Third Millennium, Bangkok, Thailand. 20-25 February 2000. NACA, Bangkok and FAO, Rome. 471pp. (also available at [http://www.fao.org/fi/meetings/aq2000/tech\\_proc/third\\_mill.asp](http://www.fao.org/fi/meetings/aq2000/tech_proc/third_mill.asp)).
- Taconet, M. & Bensch, A.** 2000. Towards the use of Geographic Information Systems as a decision support tool for the management of Mediterranean fisheries. COPEMED. GCP/REM/057/SPA. Informes y Estudios No. 4. (pages not numbered).
- Tiensongrussmee, B., Pontjoprawiro, S. & Mintarjo, K.** 1988. Seafarming resources map. Seafarming Development Project, INS/81/008/Manual/7. FAO, Jarkata, Indonesia. 109 pp.
- Travaglia, C. & Appelkamp, C.** 1985. Applications of Remote Sensing to Aquaculture and Inland Fisheries. Ninth UN/FAO International Training Course in Co-operation with the Government of Italy. Rome, Italy, 10-28 September 1984. RSC SER., No. 27. Rome, FAO. 301 pp.
- Travaglia, C., Profeti, G., Aguilar-Manjarrez, J. & Lopez, N. A.** 2004. *Mapping Coastal Aquaculture and Fisheries Structures by Satellite Imaging Radar: Case Study of the Lingayen Gulf, the Philippines*. FAO Fisheries Technical Paper. No. 459. Rome, FAO. 45 pp. (also available at <http://www.fao.org/docrep/007/y5319e/y5319e00.htm>).
- Valvanis, V.D.** 2002. Geographic Information Systems in Oceanography and Fisheries. Taylor and Francis, London.
- van der Woerd, H.J., Blauw, A., Pasterkamp, R., Tatman, S., Laanem, S. & Peperzak, L.** 2005. Integrated spatial and spectral characterization of harmful algal blooms in Dutch coastal waters. Report 05/09. Institute for Environmental Studies, Amsterdam, The Netherlands. 59 pp.
- Vincenzi S., Caramori, G., Rossi, R. & De Leo, G.A.** 2006. A GIS-based habitat suitability model for commercial yield estimation of *Tapes philippinarum* in a Mediterranean coastal lagoon (Sacca di Goro, Italy). *Ecological Modelling* 193 (2006) 90–104.
- Vincenzi S., Caramori, G., Rossi, R. & De Leo, G.A.** (in press). Estimating clam yield potential in the Sacca di Goro lagoon (Italy) by using a two-part conditional model. *Aquaculture*.
- Vincenzi S., Caramori, G., Rossi, R. & De Leo, G.A.** (in prep). Implications of three habitat 1suitability models for commercial yield estimation of *Tapes philippinarum* in a North Adriatic coastal lagoon (Sacca di Goro, Italy).
- Ueng, Ping-Sheng, Yu, Shyi-Liang, Tzeng, Jiann-Jang, & Ou, Ching-Hsien.** 2001. The effect of water temperature on growth rate of cobia *Rachycentron canadum* in Penghu, Taiwan. 6th Asian Fisheries Forum Book of Abstracts. 252 pp.

- Wright, D.J.**, ed. 2002. *Undersea with GIS*. ESRI Press, Redlands, California, USA. 253 pp.
- Wright, D.J. & Bartlett, D.J.**, Eds. 2000, *Marine and Coastal Geographical Information Systems*, Research Monographs in Geographical Information Science, Taylor and Francis, London. 320 pp.
- Young, L., Helsley, C. , Ummoto, K., Merrifield, M., Tasaka, C., Kaiokamale, L., Takahashi, K., Pichaya, V. & Shen, C.** 2003. Aquaculture site identification in Hawai'i using GIS. *INFOFISH International* (6): 13-16.

本文件的目标是展示地理信息系统（GIS）、遥感和制图在海水养殖发展和管理可以发挥的作用。范围是全球性的。方法是采用旨在解决海水养殖许多重要问题的应用实例。

根本目的是激励在海水养殖的政府、企业和教育领域的个人有兴趣更有效地利用这些工具。介绍了空间工具以及在海洋渔业领域利用的例子。挑选了最近的应用情况，以反映现状，让读者自己评估在其自己的专业领域利用这些工具的好处和限制。

按照海水养殖的主线对问题进行了排列：网箱养鱼、贝类养殖和养殖海洋植物。包括了典型研究，说明如何免费下载数据用于预测海水养殖潜力。由于GIS的最终目的是帮助决策，文章包括决策支持工具一节。

Geographic information systems, remote  
sensing and mapping for the development and  
management of marine aquaculture

ISBN 978-92-5-505646-8      ISSN 1728-7332



9 789255056468

A0906Ch/1/12.09/250