

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）交互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
用于水产养殖发展的制图				
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
用于水产养殖实践和管理的制图				
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

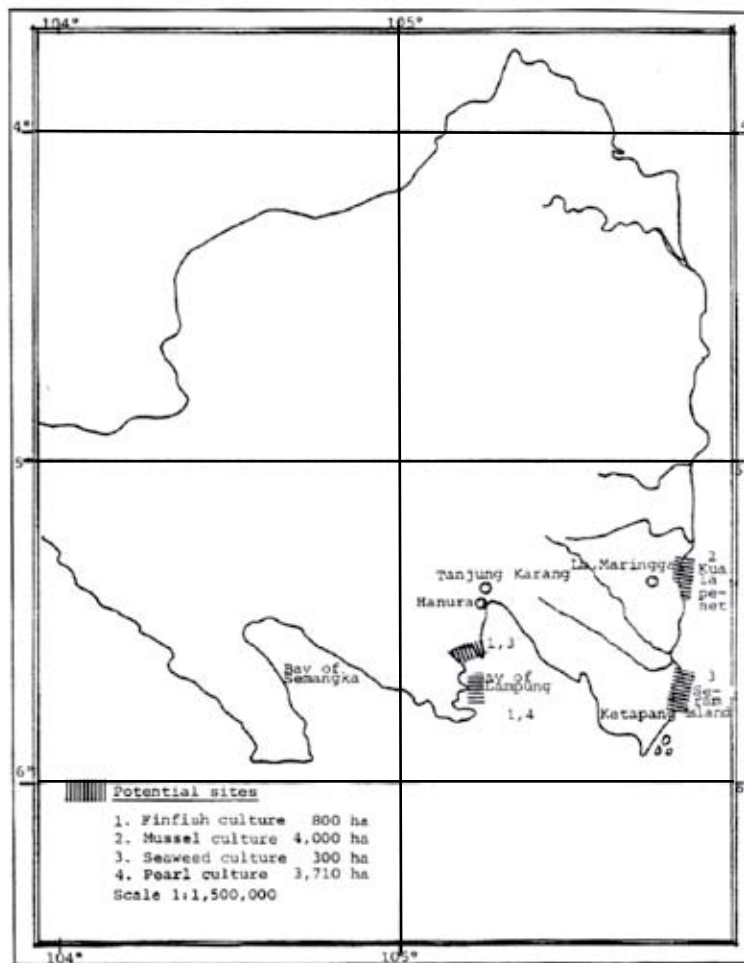
3.1.2 用于水产养殖发展的制图

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）。

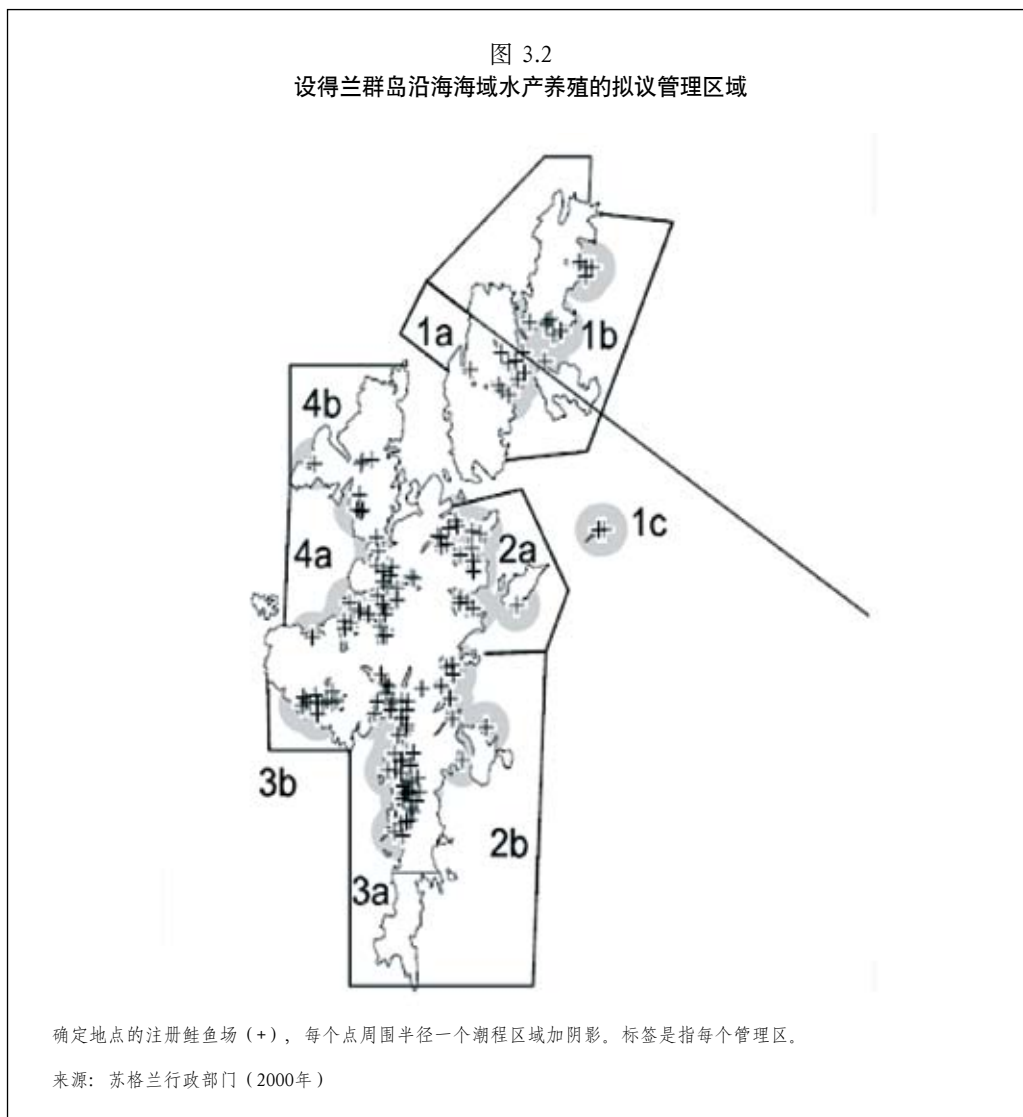
图 3.1
楠榜发展海水养殖的潜在地点



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）。

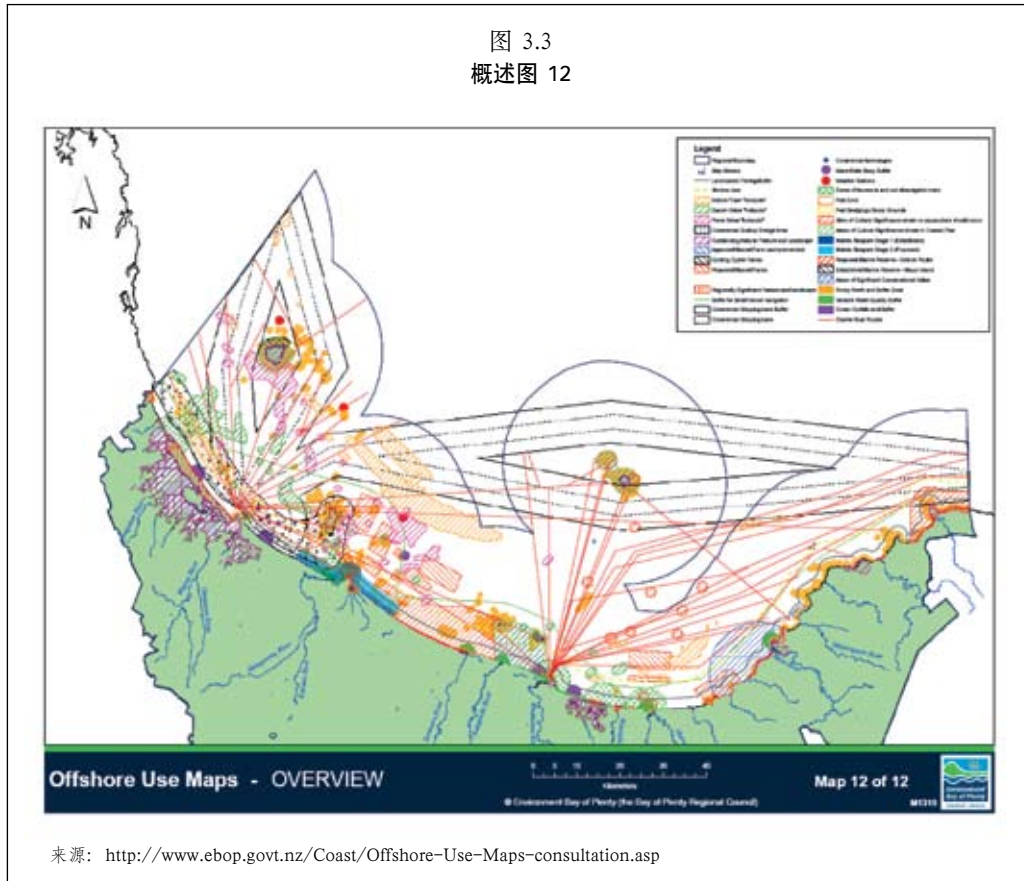
上世纪90年代后期，在新西兰东北的普伦蒂湾对海水养殖场场所的压倒性需求期间，出现了水产养殖管理区域（AMA）的需要（Environment Bay of Plenty, 2006）<http://www.ebop.govt.nz/Coast/AMA-project.asp>。AMA实际上是水产养殖预留区。沿海空间的需求暴露了管理水产养殖活动的立法和政策差距。由于议会暂停对新的海水养殖的申请，2002年普伦蒂湾环境区域委员会开始了AMA项目，目标是确定该湾的AMA。该项目按两个步骤执行。第一步是采用地图展示外海生产情况。这些地图显示了普伦蒂湾可能限制海水养殖进行的与外海环境有关的所有利用情况和价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



- 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



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

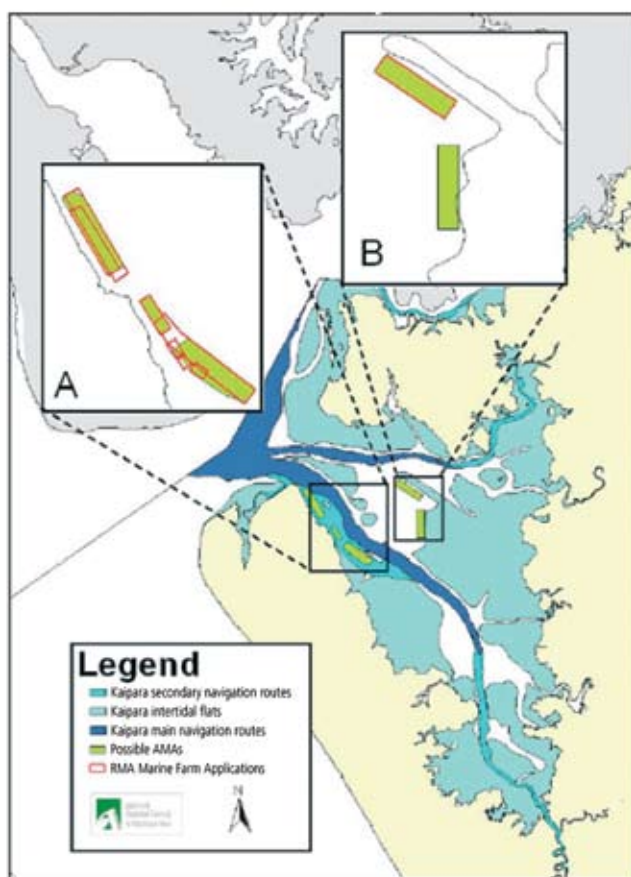


来源：奥克兰区域委员会（无年份）

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。

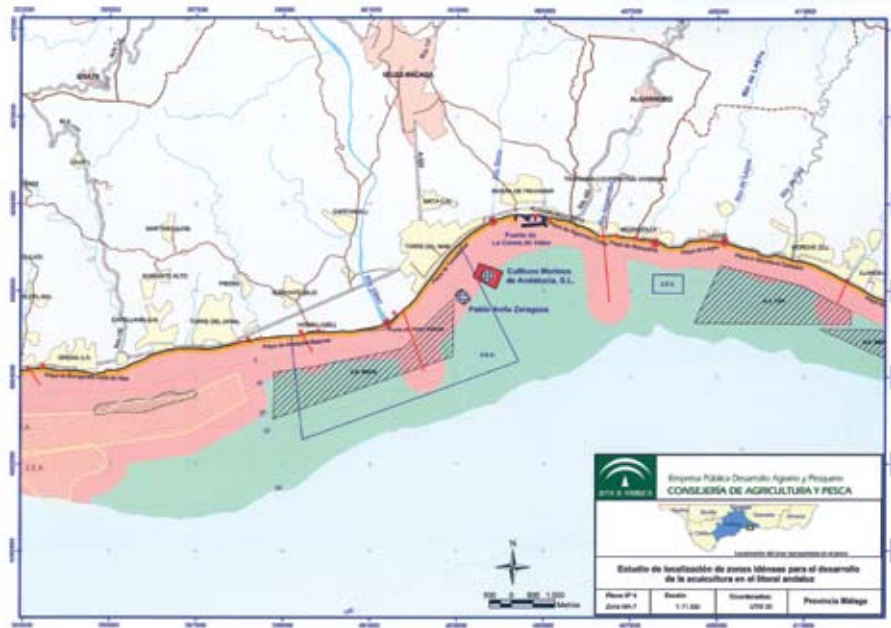
来源：奥克兰区域委员会（无年份）

- 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）。

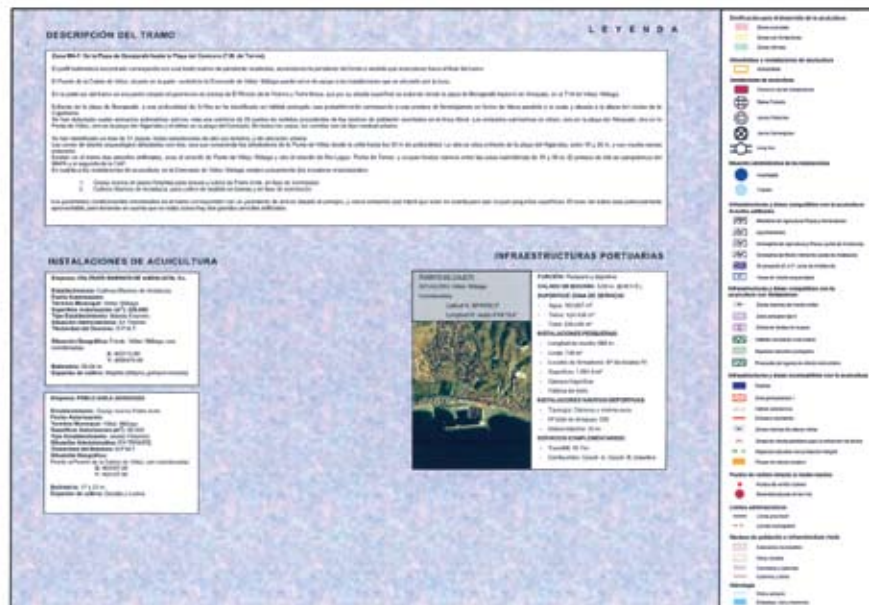
总体上，从竞争利用的角度，约34%的沿海区域被分类为适宜开展海水养殖，但作者预测，如果考虑环境条件，这一区域的可持续性将降低。

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/csiga25.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。AquaGIS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。

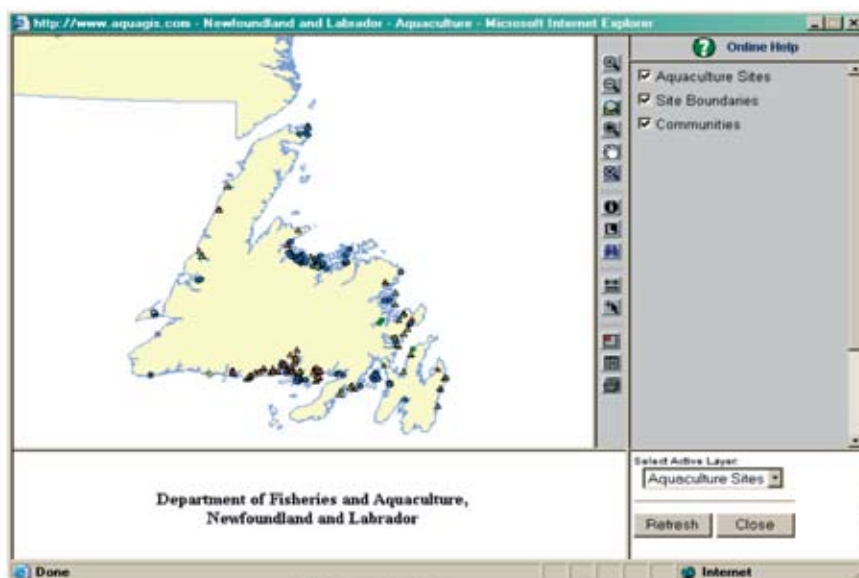
作为NOAA国家海洋水产养殖所的一部分，伍兹霍尔海洋所海洋政策中心（2003年）开发了在因特网上的几项互动功能，其中一项互动功能是“地点适宜性模化程序”（SSMP）。SSMP可用于在经济和环境参数以及其他用途方面比较水产养殖地点。SSMP的数据层见图3.7。该图显示了与邻近海域商业捕捞净收益有关的水产养殖地点的潜力。

图 3.6A
来自帮助网页的AquaGIS服务概览

Mapping		Information	
Map Browser	Load the Map Browser	Application	Search and Review Aquaculture Applications
Ice Map	View Current Ice Edge/Median Ice Conditions	Site/Grower	Search and Review Aquaculture Sites
Weather Map	Current Weather Map and Forecasts	Site Analysis	Analyze sites for Aquaculture Suitability
Catalogue	AquaGIS Spatial Data Catalogue	Reports	View Available Reports and Create Custom Reports
Data Quality	AquaGIS Data Quality Statement	News	View Current and Previous News
Downloads	Download Maps and Spatial Data	Contact List	List of Contacts Relevant to Aquaculture Licensing
Submission		Registration	
Site Comment	Site Comment	New User	New User
Add News	Add News	Modify User	Modify User
Add Link	Add Link	Change Password	Change Password
		Logout	Logout
		Utilities	
		Conversion	Conversion
		Location Map	Location Map

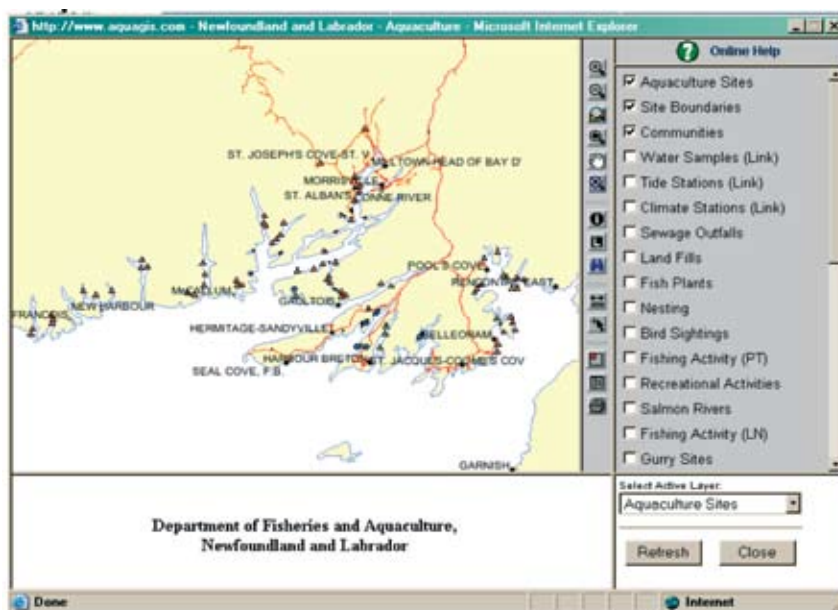
来源: <http://www.aquagis.com>

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）以及特拉维格利亚（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中分层的战略规划 and 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

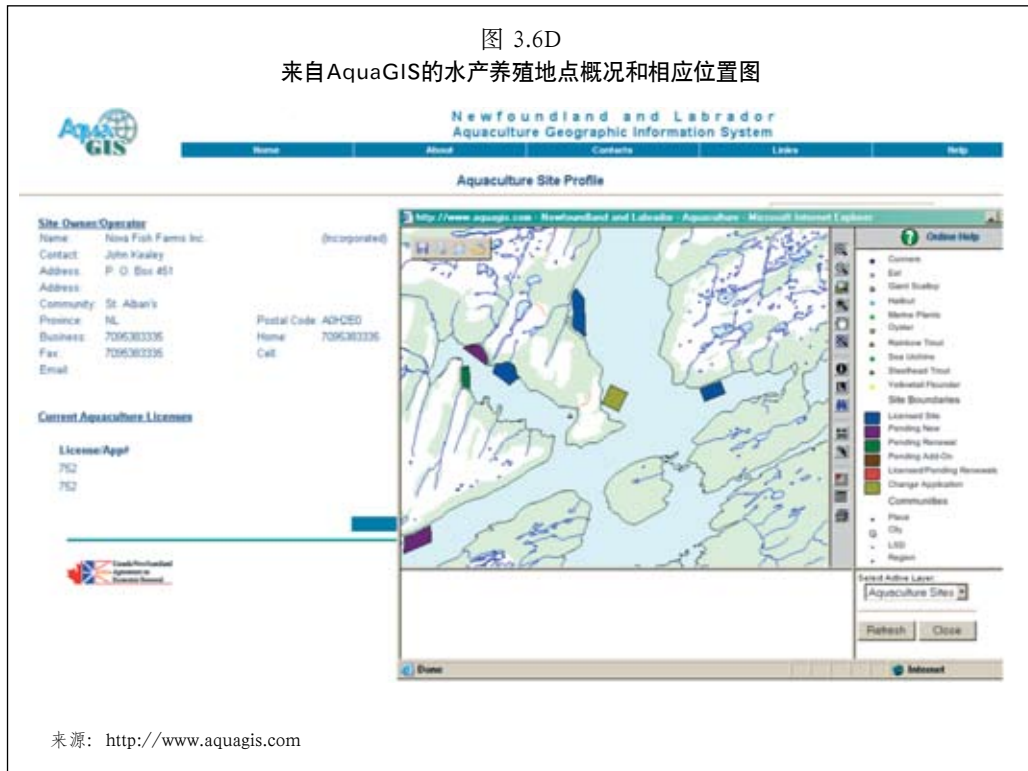


图 3.7
地点适宜性模拟程序

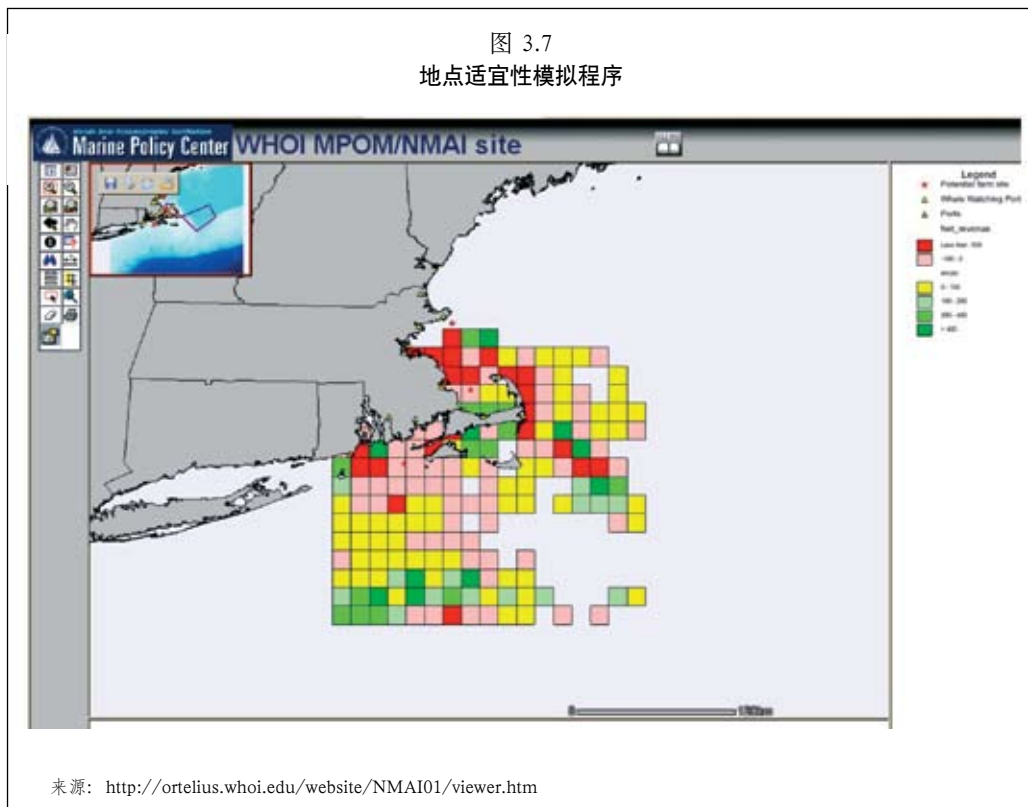


表 3.2
按主要问题排列的遥感在海水养殖应用的概况

作者	年份	主要问题	国家	物种
用于水产养殖发展的遥感				
科德和诺尔特	1988	地点适宜性和区划	美国	牡蛎
用于水产养殖实践和管理的遥感				
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)

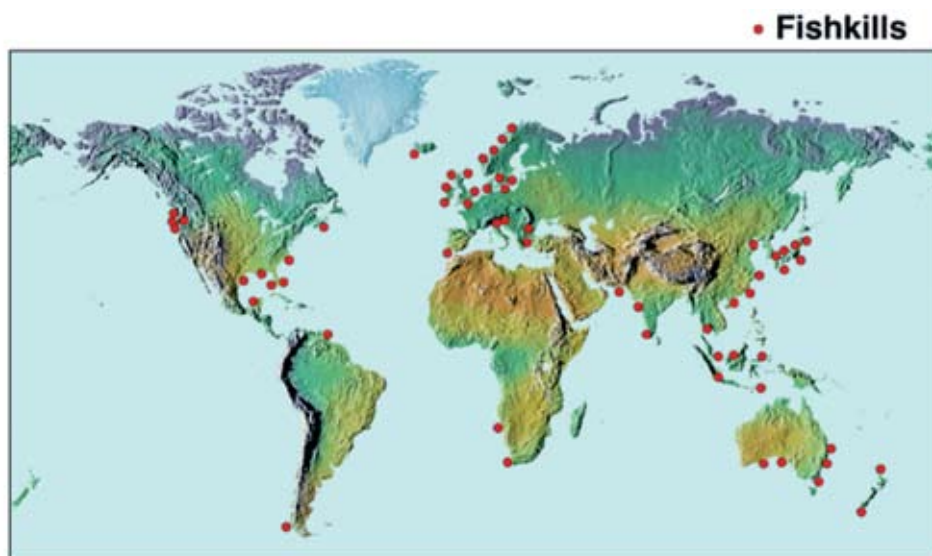
3.2.3 用于水产养殖实践和管理的遥感

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)。

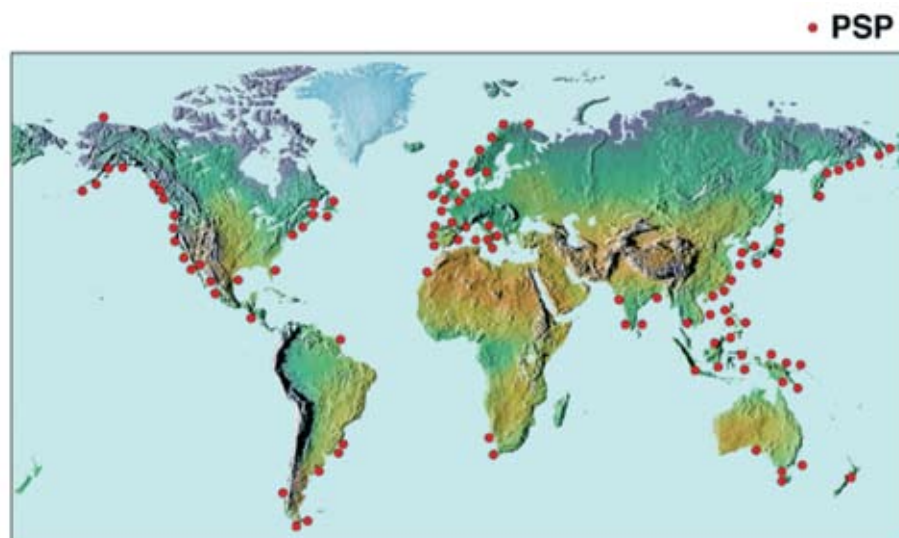
约翰尼斯 (Johannessen)、约翰尼斯和霍甘 (Haugan) (1988年) 描述了海水养殖中实际应用机载卫星遥感最早的情况之一, 并由米登和凯匹特斯基 (1991年)

图 3.8A
鱼类死亡



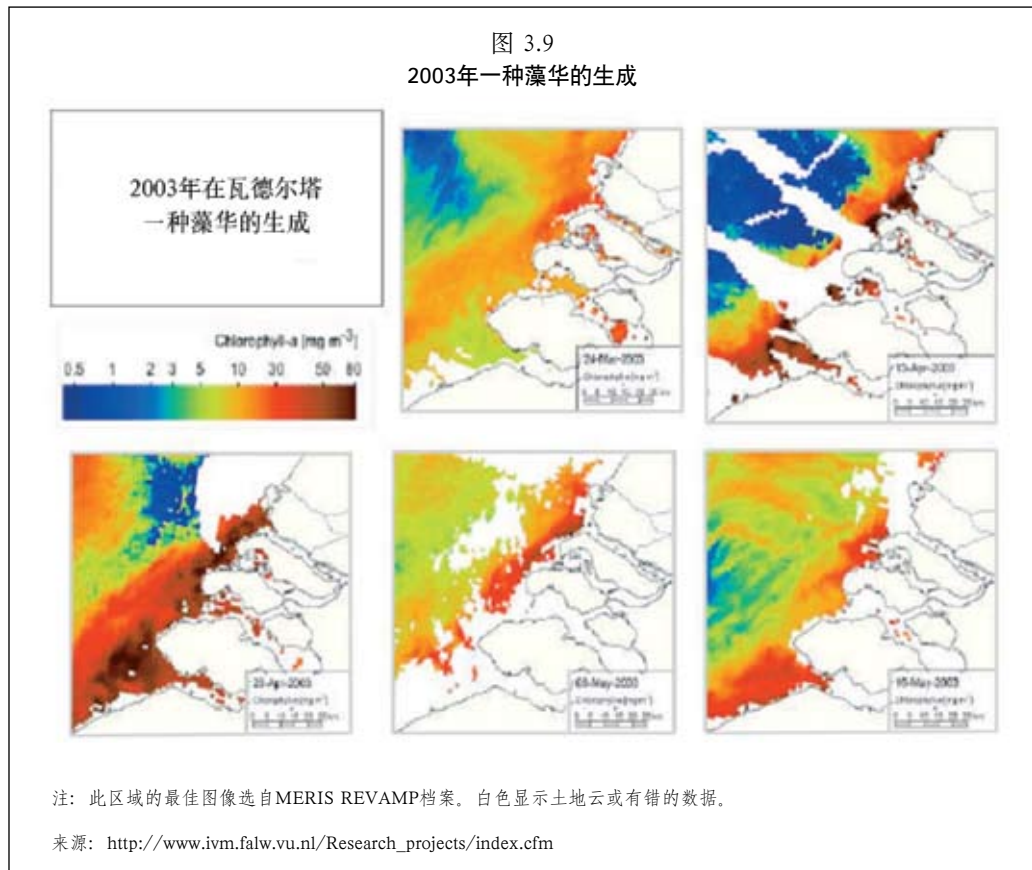
来源: http://www.whoi.edu/redtide/HABdistribution/fishkills_worldmap_2005.gif

图 3.8B
麻痹性贝毒



来源: 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流模式,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、模拟和遥感的消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的吻合。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）和阿尔维尔（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，未发现显著差异。

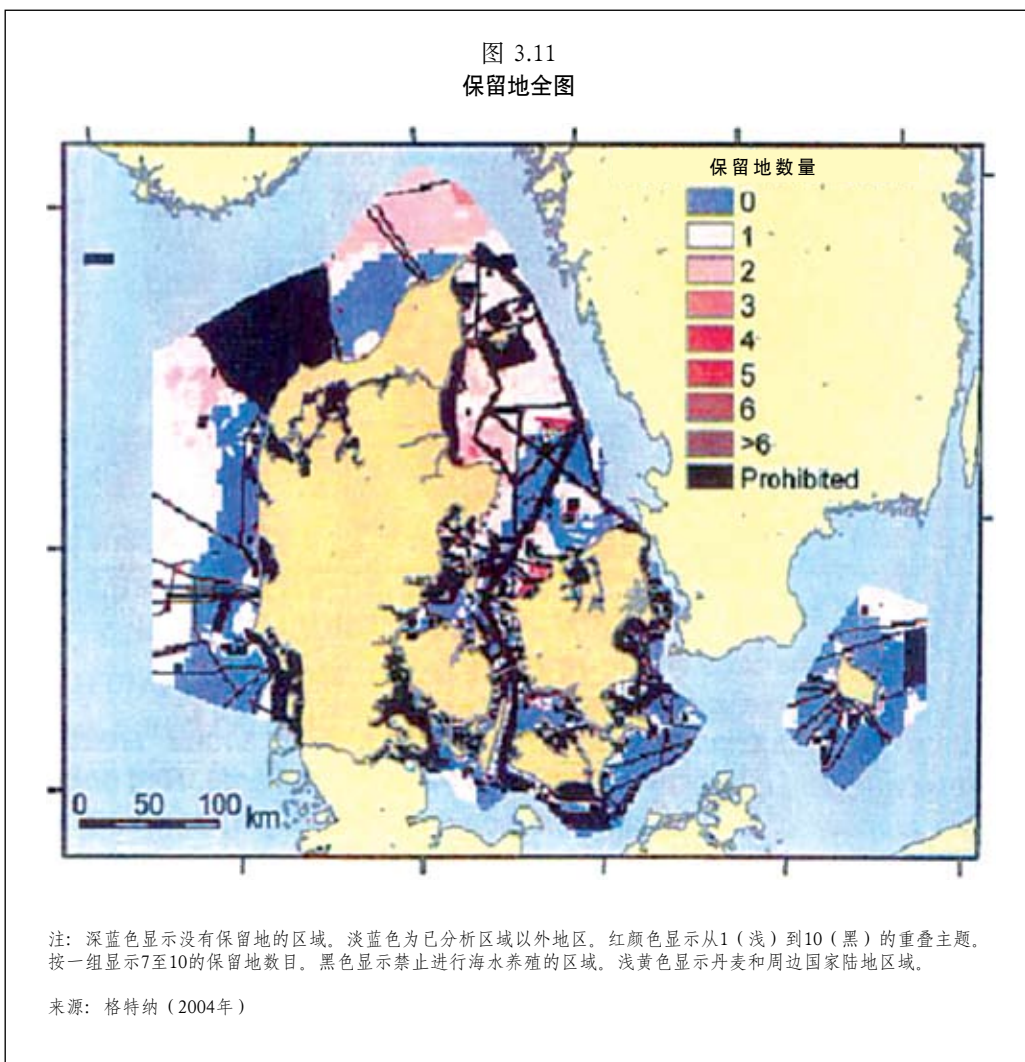
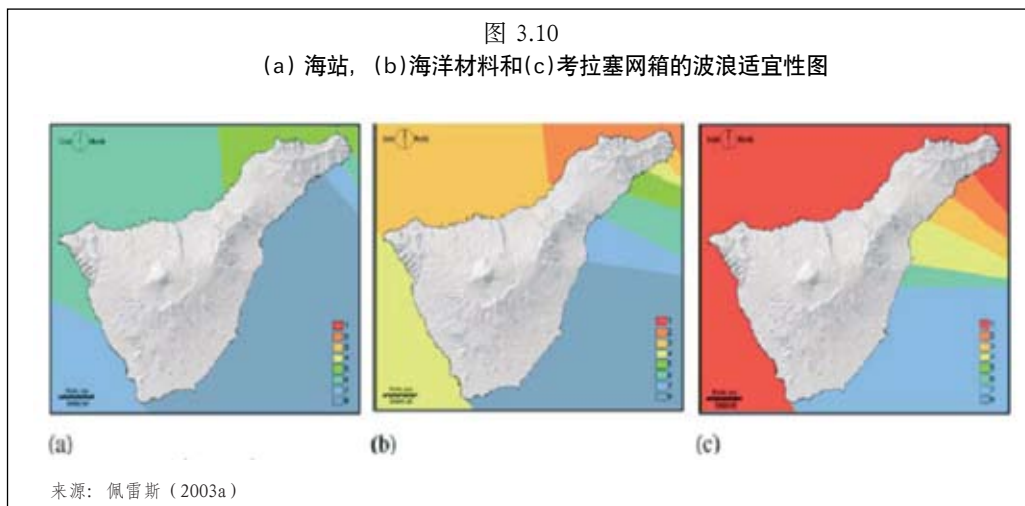
有几个理由使外海设施的波候成为地点选择的重要因素。首先是风暴导致的彻底破坏的潜力，第二是正常磨损以及主要波动导致的结构疲劳。第三个考虑是，为外海点提供服务的船舶设计和操作。佩雷斯（Pérez）、特尔弗（Telfer）和罗斯（2003年）论述了与西班牙特内里费岛外海网箱养殖金头鲷和狼鲈选址有关的前两个因素。该研究以两种方式利用GIS：作为专题图的波浪环境特征的视觉目录以及产生不同商业网箱系统适宜性地图。

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
用于水产养殖发展的GIS						
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
凯匹特斯基	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	鲑科鱼	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	2000	地点和区划适宜性	西班牙	鱼类	未说明	阈值w/o权重
杨等	2003	战略发展规划	美国	鱼类	N/G	专家意见, 阈值w/o权重
霍格兰、凯特-鲍威尔和林	2003	经济学	美国	大西洋牙鲆	N/G	N/G
佩雷斯、特尔弗和罗斯	2003a	地点和区划适宜性	西班牙	鲷和鲈鱼	Idrisi 32, Cartalinx 1.2	专家意见和MCE
佩雷斯、特尔弗和罗斯	2003b	地点和区划适宜性	西班牙	N/A	Idrisi 32.v1.1	专家意见和MCE
格特纳	2004	地点和区划适宜性	丹麦	虹鳟	ArcView 3.2, ArcView GIS 8.2	专家意见, 阈值、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	空间分析 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和网箱承载力预计
用于水产养殖实践和管理的GIS						
佩雷斯等	2002	水产养殖的环境影响	英国	大西洋鲑	Idrisi 32 v. 1.1	大西洋鲑颗粒废物分布, 实地核查
考内等	2006	水产养殖的环境影响	英国	大西洋鲑	Idrisi 32 加扩展	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	鲑科鱼和牡蛎	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



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。

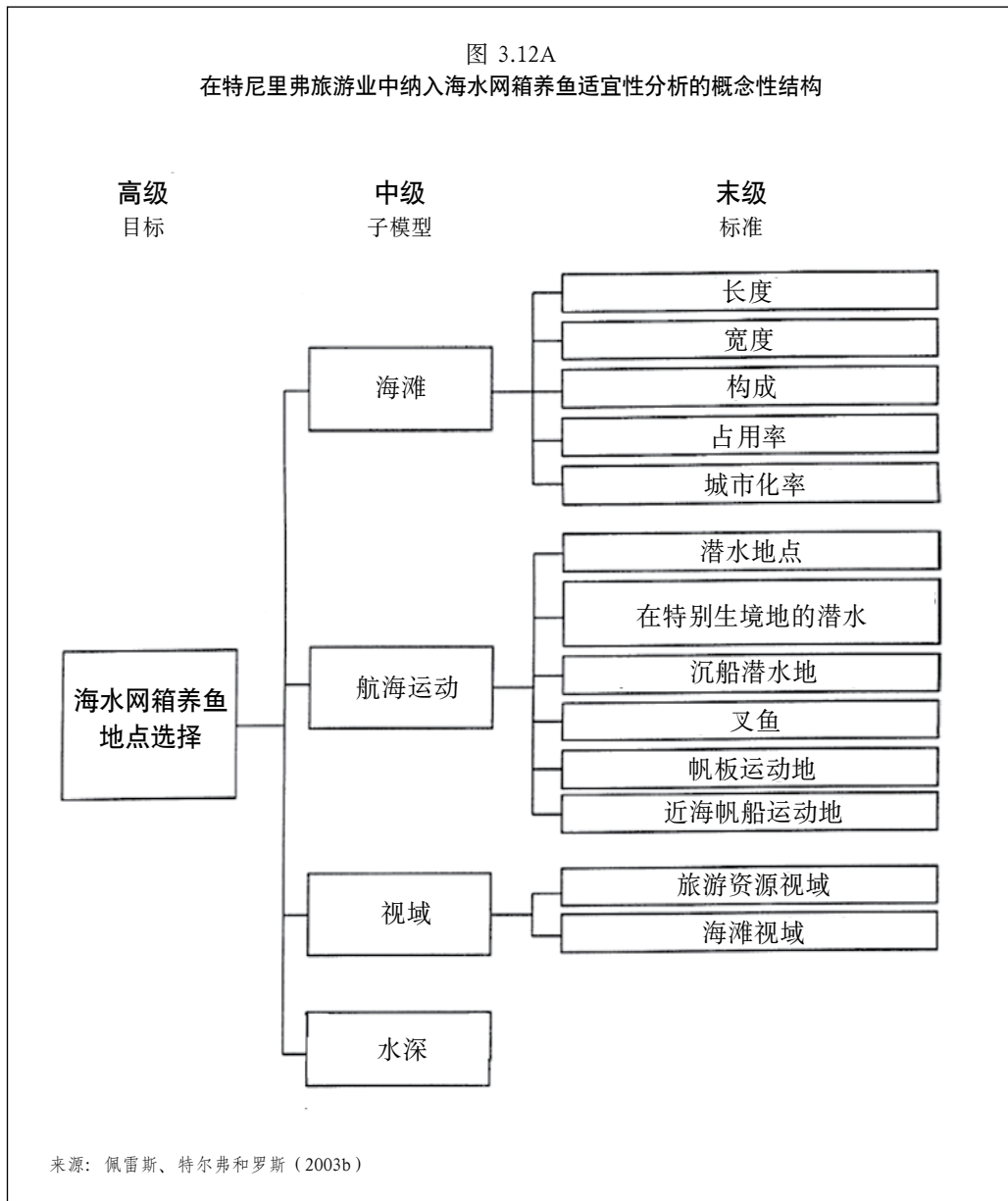
作者采用层次进程将标准纳入子模型，包括海滩、海上运动和景观（图3.12a）。采用多准则评价技术对分模型内的标准计分和加权。这是有两个步骤的程序：（1）通过成对比较确定子模型内标准的相对重要性，和（2）对每个子模型进行加权。最后，产生全面评估的整合结果。

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

图 3.12A
在特内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



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所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。

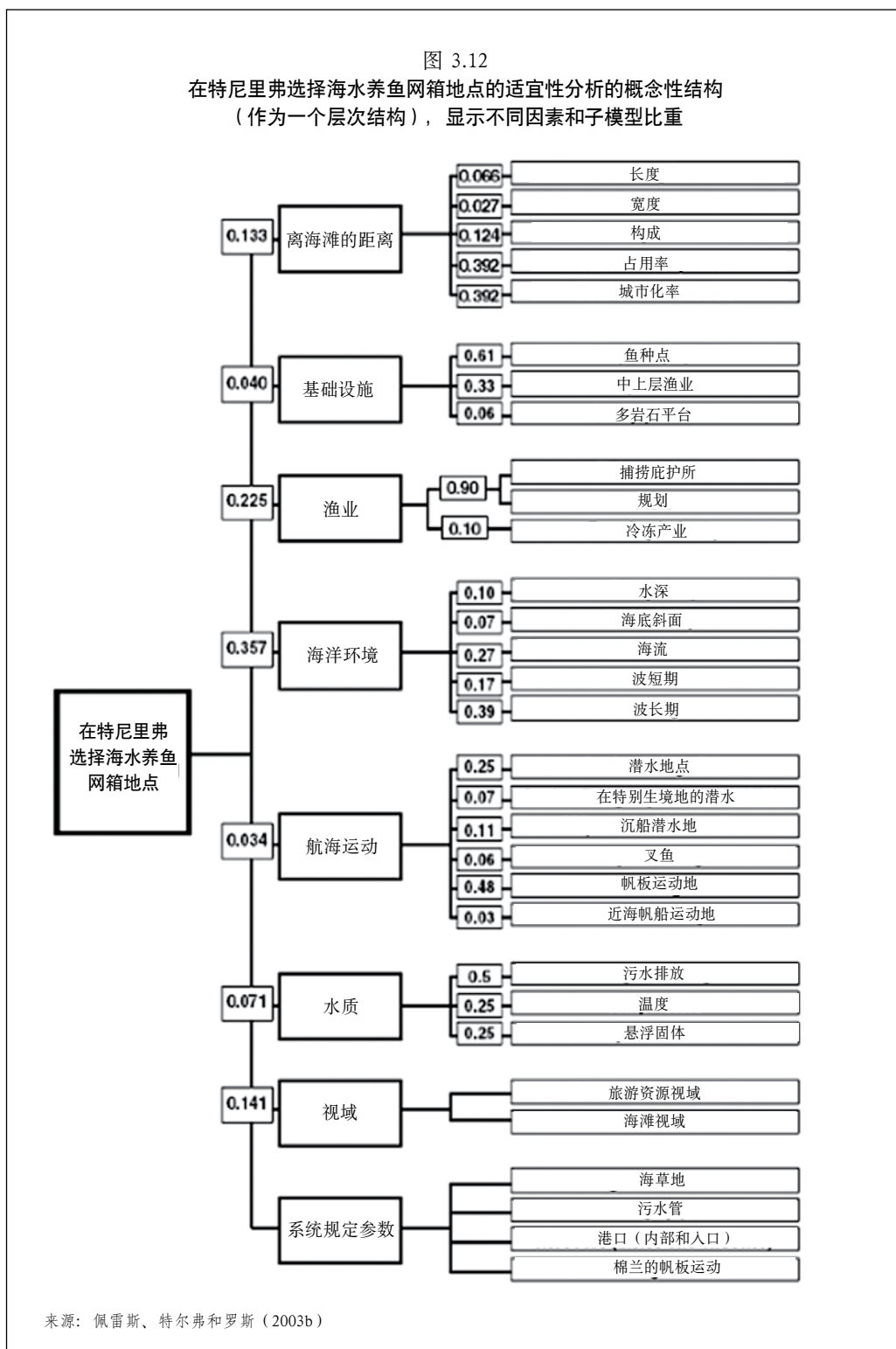
尽管有限制，该办法被认为对该州水产养殖规划有用。

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

图 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



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。

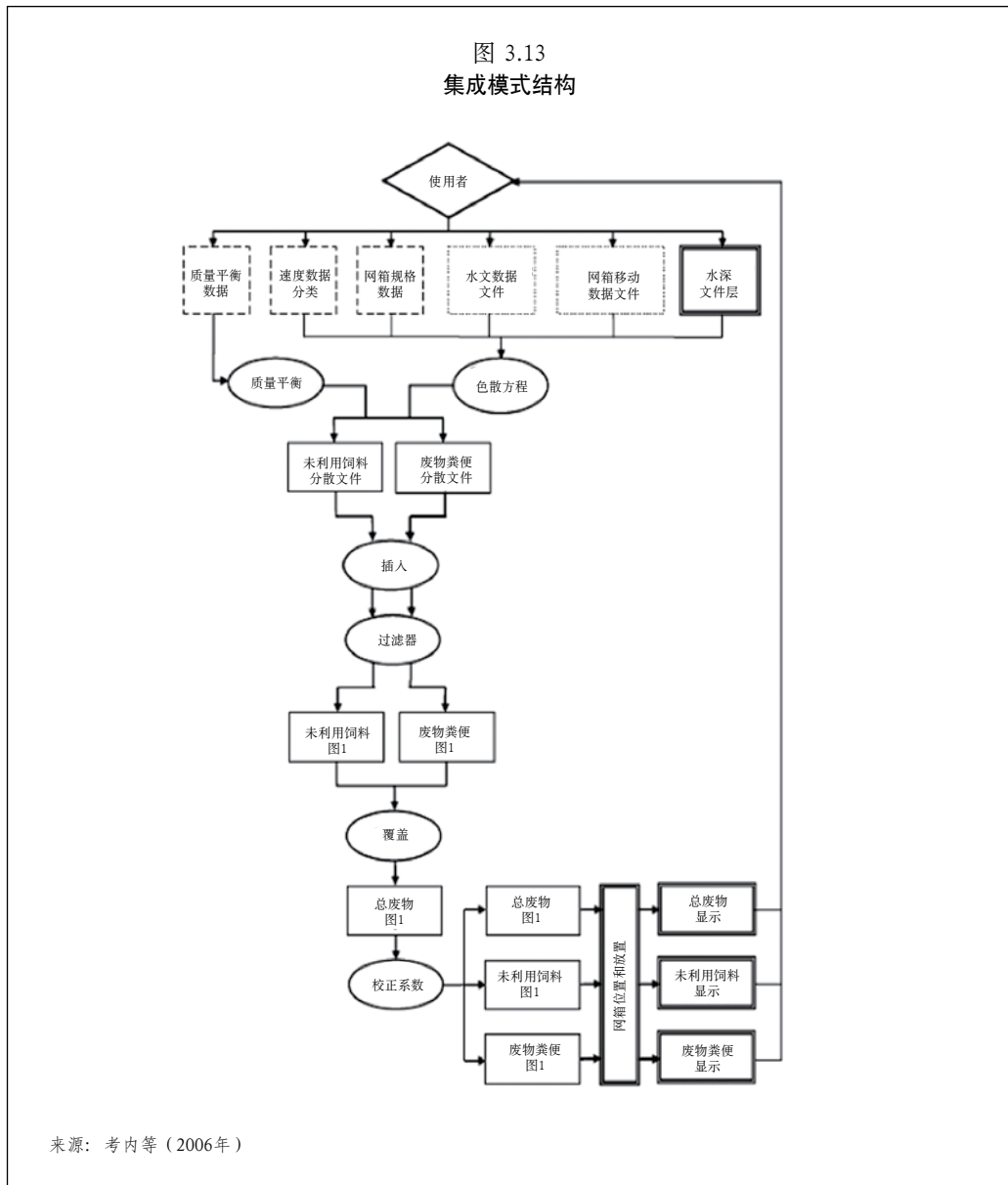
从GIS的角度，该研究提请注意作为扩展的用户确定的模式的重要性。此外，在GIS内的工作为开发新的应用提供了机会。

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

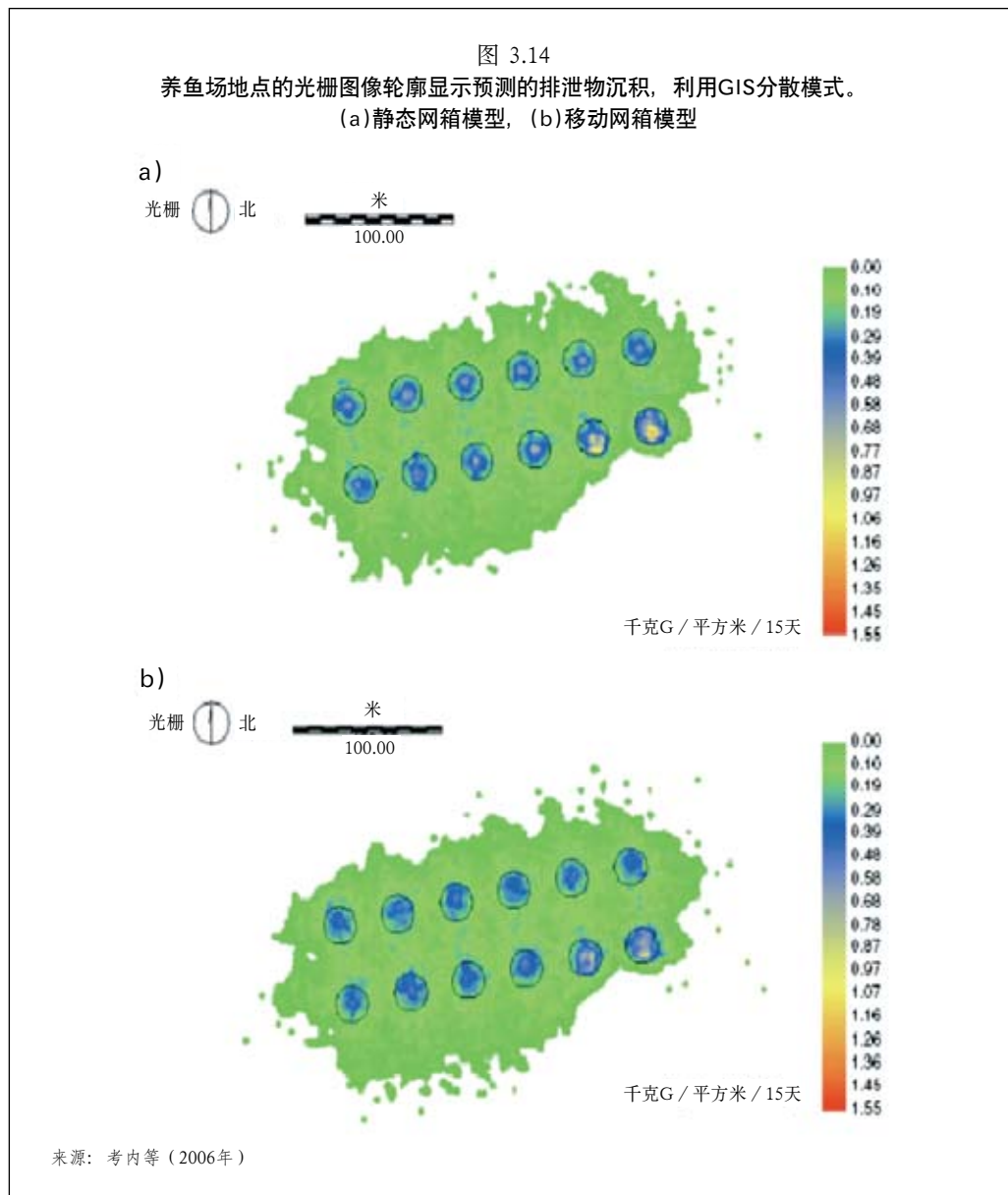
对包括水产养殖作为专门用途或在其中水产养殖获得特别注意的沿岸带管理的研究很少；但帕维斯沃克（Pavasovic）（2004年）的研究是一个例外。他的调查是重要的，原因是在更广泛的沿岸带管理背景中进行，其产生的不是技术报告或出版物，而是由仅具备GIS基本知识的沿岸带管理人员利用的工具。他论述了在亚得里亚海克罗地亚部分的两个地点的水产养殖适宜性。整个项目的题目是“侧重海水养殖的克罗地亚沿岸带综合管理计划”，主要目标是编撰克罗地亚海水养殖规划、整合和监测的准则和程序。克罗地亚的几个部委、科研机构和国家及国际专家参与了该项目。

图 3.13
集成模式结构



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。



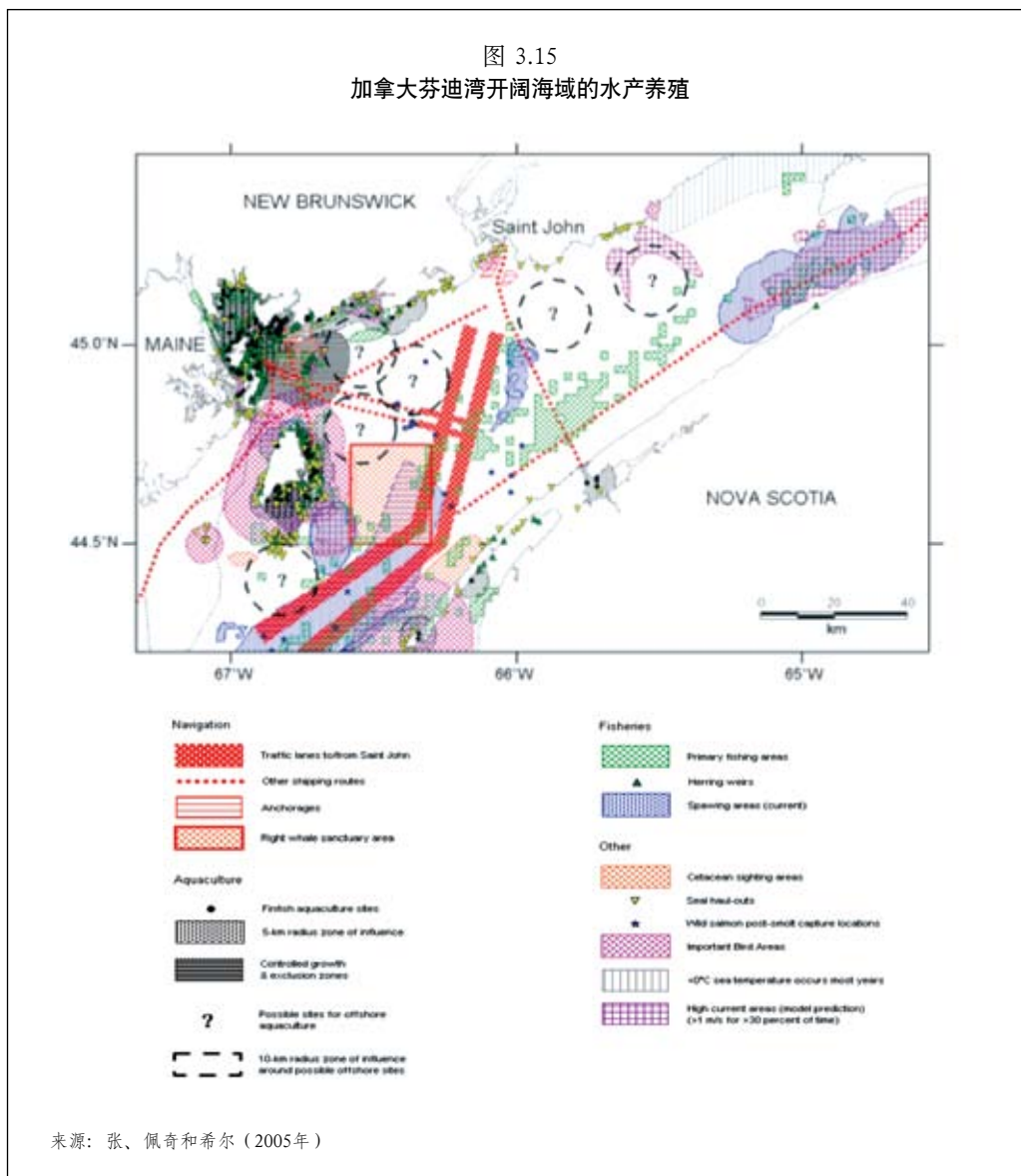
在竞争利用方面，张（Chang）、佩奇（Page）和希尔（Hill）（2005年）对海水养殖进行了最广泛的研究，其分析了加拿大芬迪湾海水养殖的情况，目标是通过制图在研究水产养殖潜力方面协助水产养殖业、沿岸带管理者和利益相关者。芬迪湾加拿大拥有15300平方千米的面积，外海水深50米至200米，潮汐范围从4米到超过12米。

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

图 3.15
加拿大芬迪湾开阔海域的水产养殖



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
用于水产养殖发展的GIS							
斯科特和罗斯	1998	地点和区划适宜性	N/G	巴西	贻贝	IDRISI 2.0	专家意见和MCE
斯科特、维亚那和马蒂亚斯	2002	地点和区划适宜性	延绳、笼捕、外底	巴西	牡蛎和贻贝	ArcView 3.0, SPRING 3.5, MapInfo 6.0	专家意见和MCE, 包括能力、生产预测和现场核实
伯特拉哥等	2005	战略发展规划	筏养	委内瑞拉	牡蛎		专家意见和MCE
用于水产养殖实践和管理的GIS							
杰弗逊等	1991	水产养殖和环境详细目录和监测	底层	美国	牡蛎	ARC/INFO	牡蛎筏养制图和特征reefs
雷奎衣特	1992	水产养殖和环境详细目录和监测	N/G	加拿大	牡蛎	CARIS (半自动计算机资源信息系统)	计算贝类养殖的污染影响, 包括经济观点
史密斯和约旦	1993	水产养殖和环境详细目录和监测	底层	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
史密斯、约旦和格林霍克	1994	水产养殖和环境详细目录和监测	底层	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
杜兰德等	1994a ; 1994b	水产养殖生境恢复	底层	法国	牡蛎	ARC-INFO	阈值w/o权重
约旦、格林霍克和史密斯	1995	水产养殖和环境详细目录和监测	底层	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
史密斯和格林霍克	1996	水产养殖和环境详细目录和监测	底层	美国	牡蛎	N/G	牡蛎筏养特征、详细目录和制图
史密斯、格林霍克和霍默	1997	水产养殖和环境详细目录和监测	底层	美国	牡蛎	N/G	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。
波普卢斯等	1997	水产养殖和环境详细目录和监测	外底	法国	牡蛎	ArcView, 空间分析	GIS通过提供收集 and 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/INFO VIEW空间分析, ERDAS图像v8.3 ERDAS Orthomax	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	1998	水产养殖和环境详细目录和监测	外底和底层	法国	牡蛎	N/G	生产模式。牡蛎养殖的承载能力。
索勒特尼克等	1999	水产养殖和环境详细目录和监测	底层和外底	法国	牡蛎	N/G	生产模式。牡蛎养殖的承载能力。
史密斯、布鲁斯和罗奇	2001	水产养殖和环境详细目录和监测	底层	美国	牡蛎	MapInfo	评估牡蛎生境的ASCS
史密斯等	2001	水产养殖和环境详细目录和监测	底层	美国	牡蛎	MapInfo	评估牡蛎生境和相关底层类型的ASCS
史密斯、罗奇和布鲁斯	2002	水产养殖和环境详细目录和监测	底层	美国	牡蛎	MapInfo	声学技术和GIS用于评估地点、地理起点和牡蛎块构成
巴切尔等	2003	水产养殖和环境详细目录和监测	笼捕网	中国	扇贝	ArcView, Avenue	与扇贝食物衰退有关的承载能力。利用GIS制作台湾悬浮物下降和扇贝增长图。
卡斯韦尔、奇斯曼和安德森	2006	水产养殖和环境详细目录和监测	潮间带底层	加拿大	蛤	ArcView (版本未明确)	养殖蛤和环境详细目录以及预计水产养殖对鸟类种群的环境影响。
文斯兹等	in prep; in press; 2006	水产养殖和环境详细目录和监测	底层	意大利	蛤	Surfer v. 7.02	按日本蛤仔产量潜力的承载能力。预测产量的生境适宜性模式。专家意见和权重。
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	1996; 1998; 2000	渔业和其他竞争性利用	底层	美国	文蛤	ArcView, 空间分析	基于GIS的文蛤养殖租赁地点模式。阈值w/o权重
沿海资源管理中心	1999	渔业和其他竞争性利用	底层	美国	文蛤	N/G	阈值。蛤和SAV生境适宜性模式。结果用于确定几种选择, 作为政策辩论的起点。
多尔莫和格特纳	2004	渔业和其他竞争性利用	延绳	丹麦	贻贝	N/G	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



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

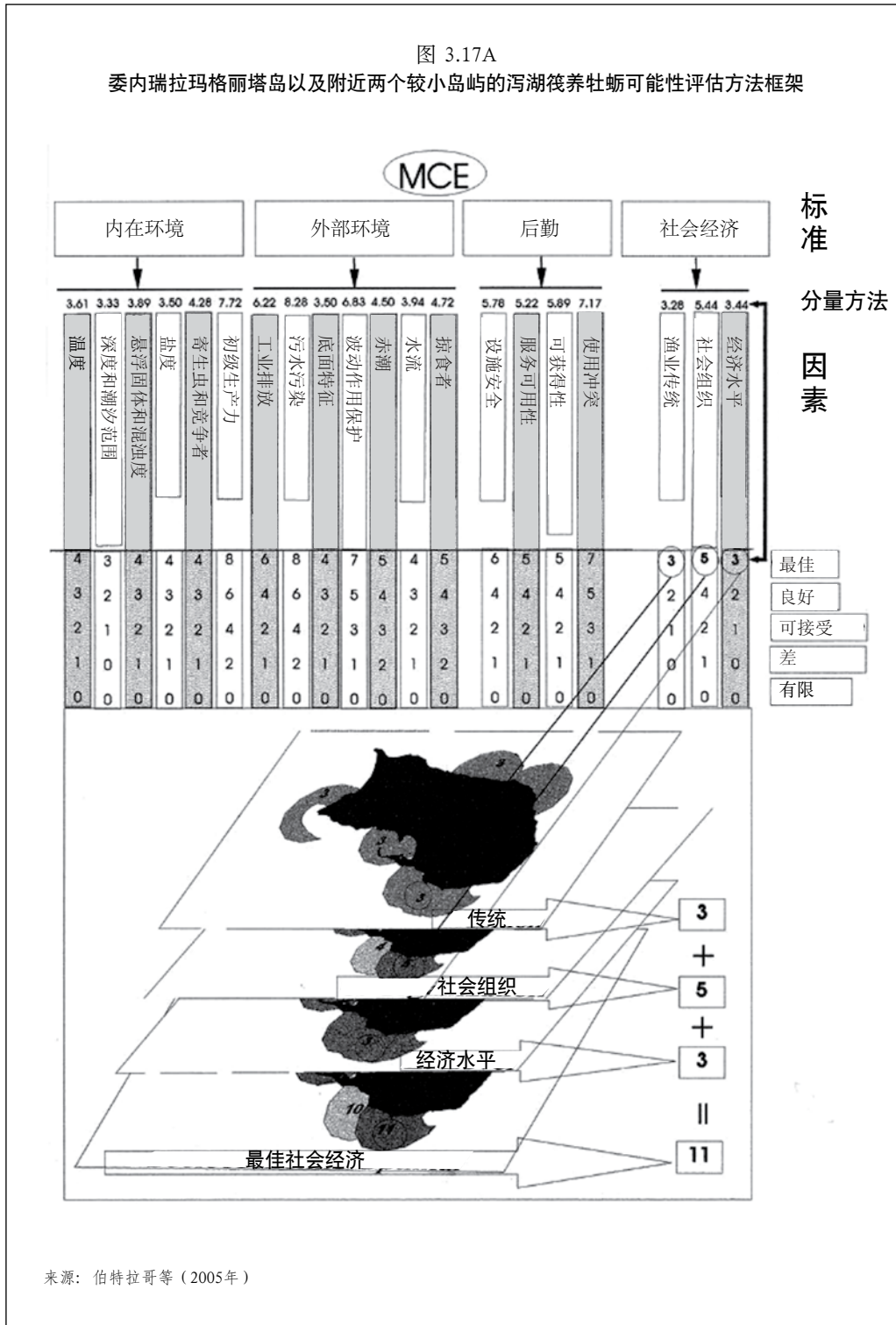
地点适宜性			判断加权： 平均值 ± 标准差 (范围)
标准和因素	最佳	限制	
内在环境			
温度	22-27°C	N.A.	36 ± 2.7 (0-10)
水深-潮汐	> 5米和小潮	> 5米或大潮	3.3 ± 3.4 (0-15)
范围	波动	波动	
悬浮固体和浑浊度	Secchi 深度 > 3米	N.A.	3.9 ± 2 (0-8)
盐度	32-40 p.s.u.	N.A.	3.5 ± 2.6 (0-10)
初级生产	高，未报告藻华	贫营养水域	7.7 ± 3.6 (0-15)
竞争者和寄生虫	未报告才女虫	N.A.	4.3 ± 2.1 (0-8)
外在环境			
掠食者	来自硬底的上升流。海草、红树林区域	N.A.	4.7 ± 2.3 (1-10)
藻华-赤潮	未报告赤潮或有害藻华	N.A.	4.5 ± 3.1 (1-10)
海流	速度 20-40 厘米	N.A.	3.9 ± 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 ± 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 ± 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 ± 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 ± 2.9 (2-12)
后勤			
场地通达度	靠近目标社区	附近无渔业社区	5.9 ± 2.7 (0-10)
服务可用性	所有要求的服务 < 8千米	N.A.	5.22 ± 2.4 (0-10)
设施安全	容易监督的筏	N.A.	5.8 ± 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 ± 4.2 (0-20)
社会经济			
社区组织	社区组织包括妇女参与决策	N.A.	5.4 ± 2.9 (0-10)
经济水平	没有其他的发展机会	N.A.	3.4 ± 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 ± 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。

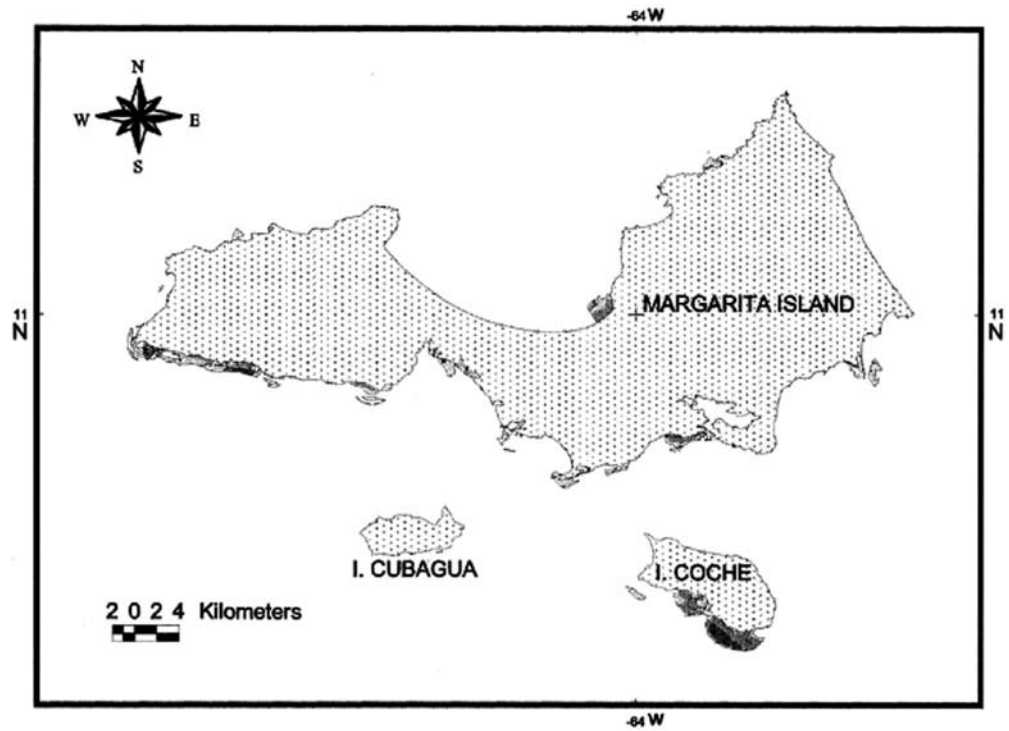


滨海夏朗德盆地是法国最重要牡蛎养殖区域之一。格莱特奎尔 (Gouletquer) 和勒莫恩 (Le Moine) (2002年) 在玛函那-奥雷宏湾和查伦泰桑德沿岸带管理的背景下回顾了贝类养殖管理的情况。波普卢斯 (Loubersac) 等 (1997年)¹和劳伯斯克 (Populus) 等 (1997年) 报告了GIS的发展, 以改善同一区域牡蛎养殖管理。他

¹ 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

最后图显示在玛卡脑南部和科切4.1平方千米区域超过80%的可能地点 (■)

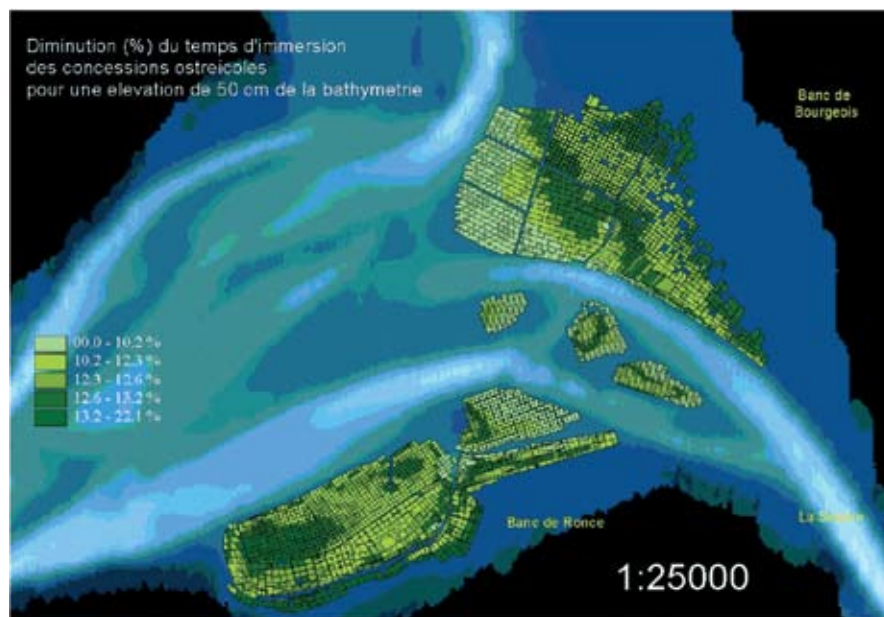


注: 据认为, 在玛格丽塔岛地区的这些地方具有筏养牡蛎的最佳条件。其余位置满足了75% (■) 或70% (■) 的137个地点、37.5平方千米的最终适宜选择要求的标准。

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成图，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—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）²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。

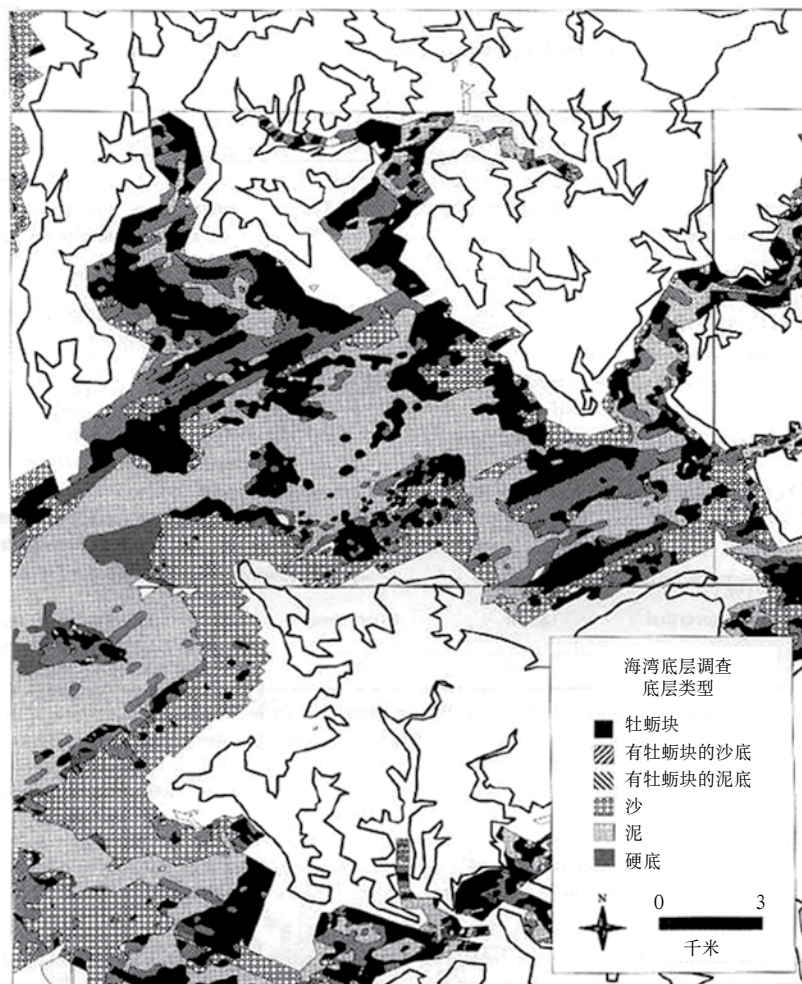
承载能力是在特定生物限制和水产养殖活动特征情况下可以实现的最高产量。食物枯竭被定义为养殖区内食物集中情况与养殖区外集中情况的比例。因此，地点选择和确定养殖密度是与水产养殖可持续性有关的承载能力和枯竭研究的关键方面。

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

² 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HS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。

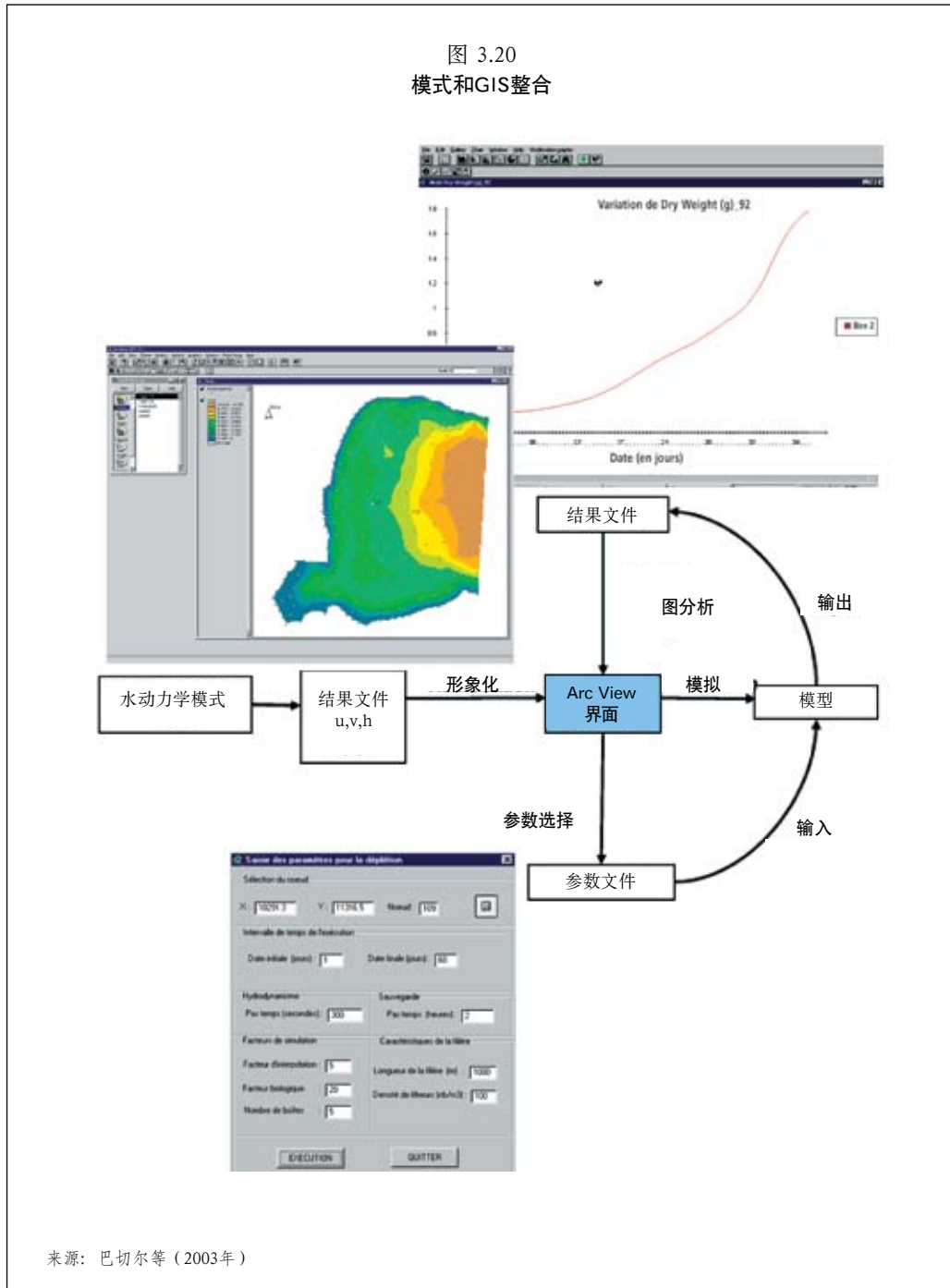
作者考虑的牡蛎养殖为水深、坡度、底部类型、流速、水质和潮间带养殖的相互影响。在竞争性利用方面, 要考虑航运、养殖、延绳养殖贻贝和海藻、渔业、产卵场和培育场。

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。

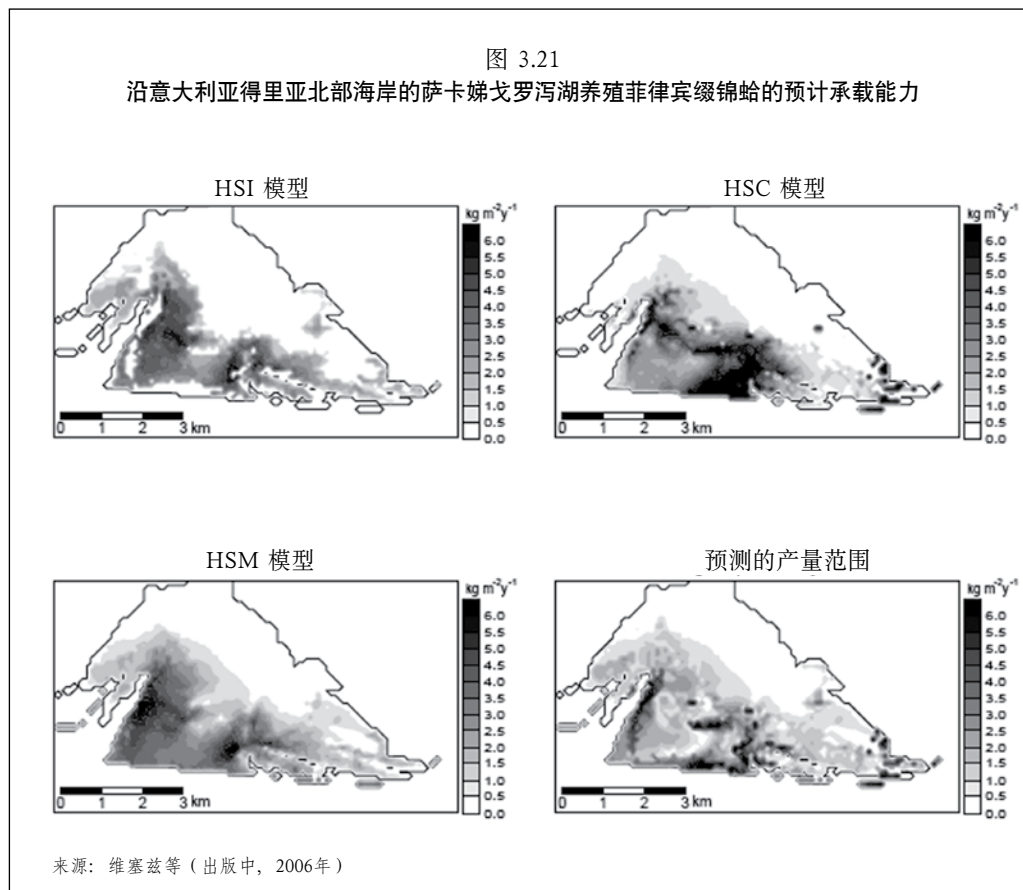
图 3.20
模式和GIS整合



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。



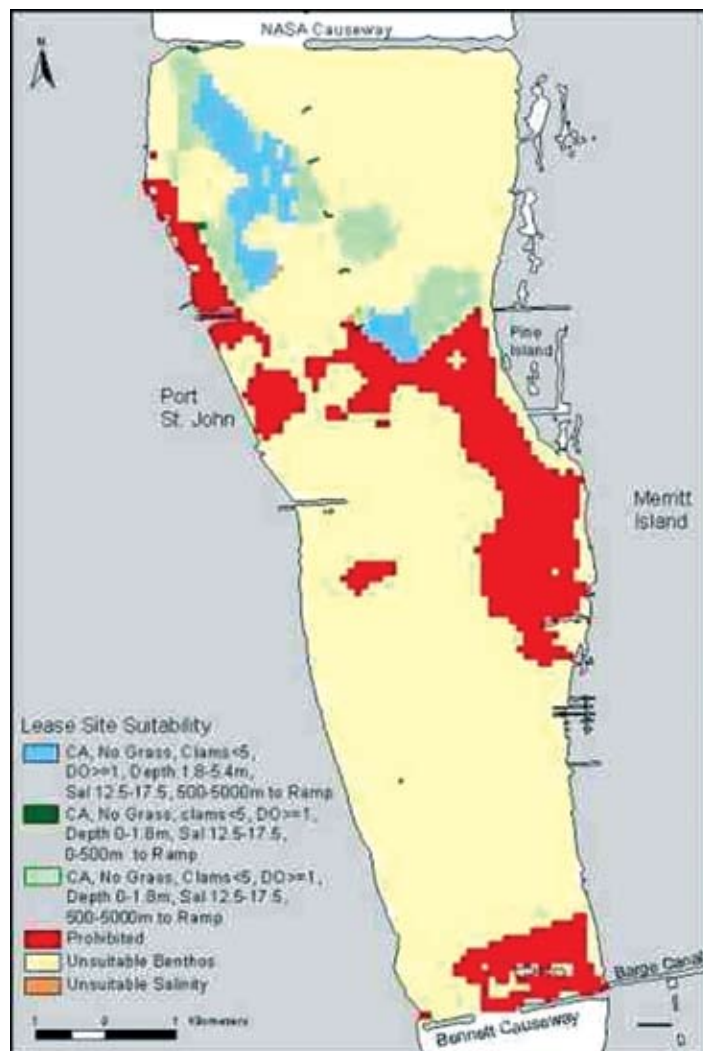
为支持在美国佛罗里达州发展硬壳蛤养殖，阿诺德（Arnold）、诺里斯（Norris）和布利甘（Berrigan）（1996年）、阿诺德和诺里斯（1998年）和阿诺德等（2000年）³进行的研究提供了在预测竞争性利用方面应用GIS的一个好的例子，包括渔业和其他用途，涉及影响蛤的产量和水产养殖租赁区的可持续性的因素。后者的研究也值得注意，其展示了用于一个区域的GIS可以适用于水产养殖不同发展阶段的另一个区域。

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。

³ GISFish的一个案例研究。

图 3.22
佛罗里达印第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(pp); 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）⁴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。

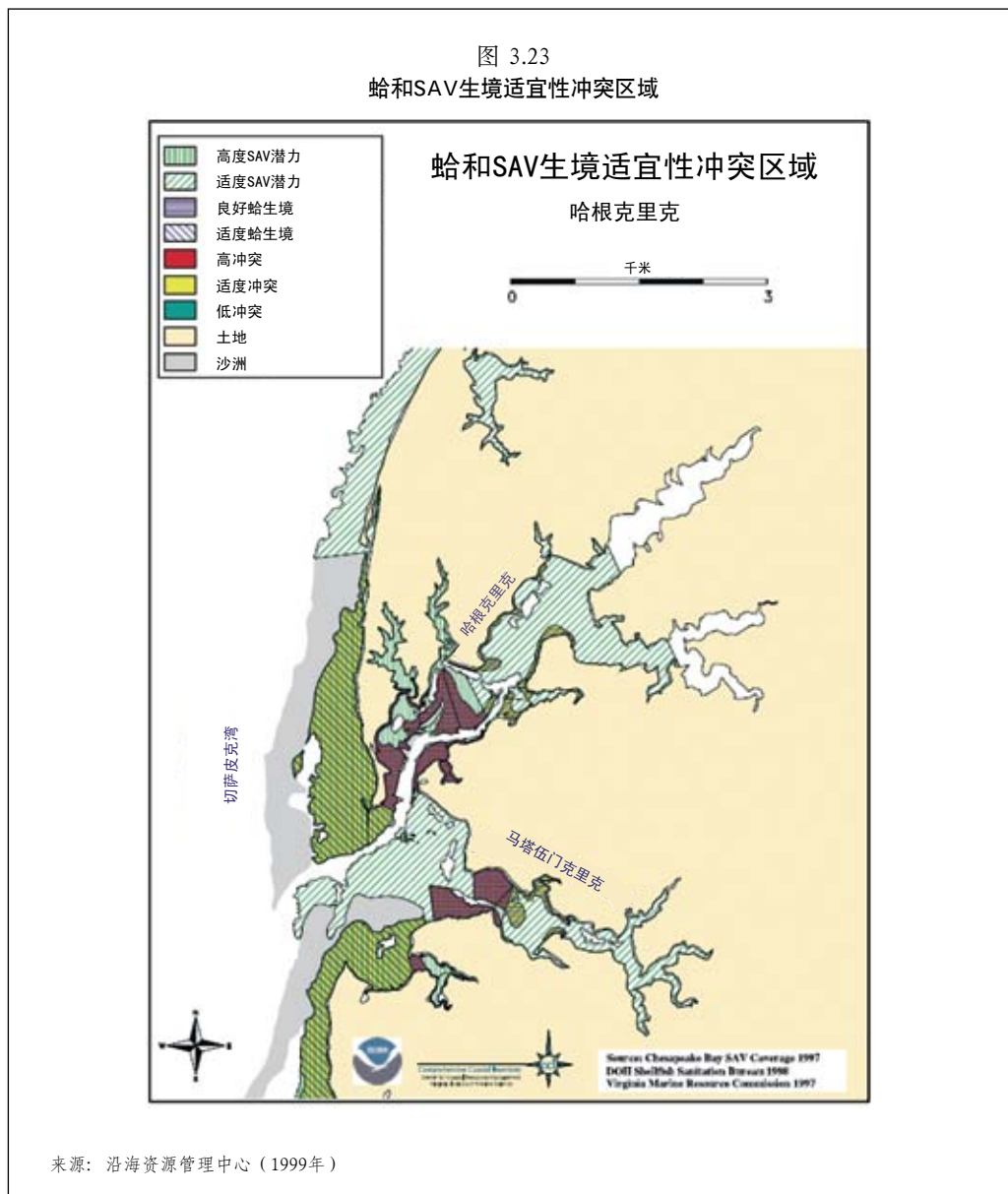
在丹麦利姆水道，多尔曼（Dolmer）和吉特内（Geitner）（2004年）论述了创立GIS作为管理工具，以帮助增加最近开展的贻贝养殖，同时考虑捕捞贻贝（8万-10万吨/年）和牡蛎（850吨）的重要渔业，以及捕捞鲱鱼和贝苗（未提及物种名称）的渔业。使用耙网捕捞这两种贝类。

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的其他可遇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。

⁴ GISFish案例研究。



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

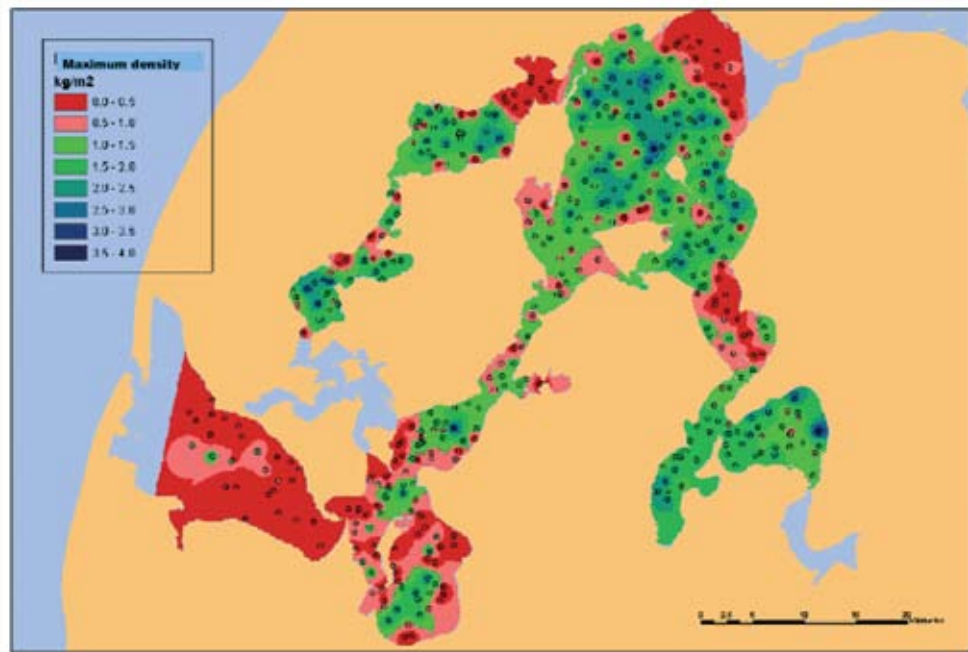
受国际自然保护法令规范的区域：生境-拉姆萨尔-鸟类法令
受国家自然保护法令规范的区域
禁捕贻贝区
苦草和大型海藻区
包括监测大型海藻计划的区域
石礁区
靠近凉亭区
靠近海水浴场区
航行标志和通道
抽取沉积物区

捕捞区

贻贝
牡蛎
鲑鱼/小鲑鱼

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。

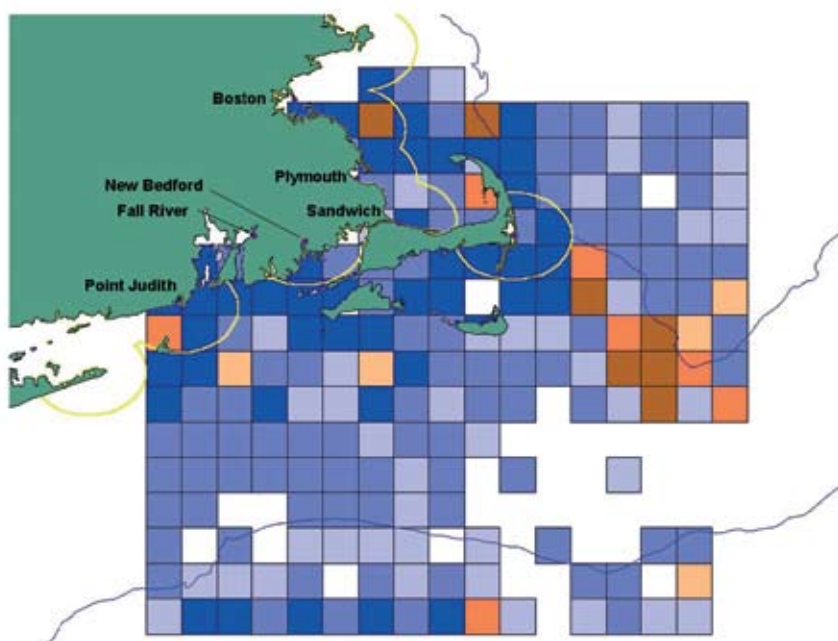
来源：多尔曼和吉特内（2004年）

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分钟块，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至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/docaqu/nmimages2001/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）评估从岸上到海外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分钟方块）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。

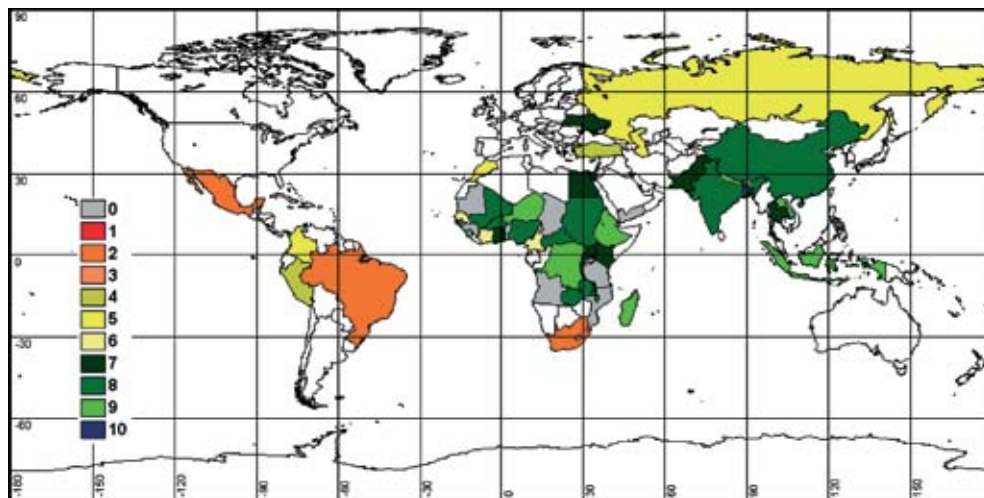
作者指出了限制研究的几个因素, 包括在贫穷指数方面缺乏对所有国家在国家一级的可比较数据, 以及由于缺乏公布的数据, 需要预计水产养殖消费和出口。虽然该研究发现国家具有水产养殖潜力可使穷人收益, 但要确定改善办法。在最贫穷国家, 水产养殖将最合适。

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。

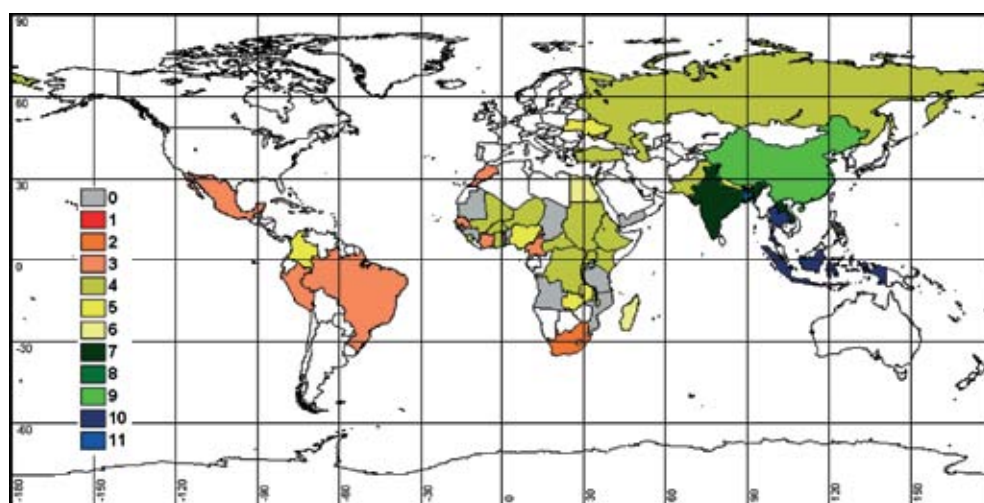
根据作者的意见, 大量的因素影响研究结果。其中包括分辨率变化层次数据, 通常有关极端事件、人口和气候数据具有最高分辨率, 而社会、政治和经济数据只有国家一级的。所有区域的数据有着更高分辨率则更好, 但在全球研究中难以满足。另一个因素是按气候变化模型比较目前脆弱性与预测的未来变化。然而, 结论是目前的脆弱性是未来状况的最佳代表。需要注意的是, 较大的重点组 (研究组只有6人) 将扩大经验, 取得的成果在统计上更健全。要强调的是, 评

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。

