

## 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。与此相适应，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，回顾了在选择址上的应用，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，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。

