ISSN 1020-9174

سلسلة
دراسات
مصايد الأسماك

٤٥٨

استخدام نظم المعلومات الجغرافية، الاستشعار من بعد والتخريط في تنمية وإدارة الاستزراع البحري

FAO
FIAT PANIS

صورة الغلاف:

الهدف من الصور هو إبراز التطبيقات المختلفة لنظم المعلومات الجغرافية، الاستشعار من بعد والتخريط في تنمية وإدارة الاستزراع البحري. تشمل الصور، من اليسار لليمين، اختيار الموقع وتحديد المنطقة، الازدهار الطحلبي السام، التأثيرات البيئية للاستزراع المائي، التنافس بين الاستزراع المائي والمصايد، تطوير استزراع الأعشاب البحرية، والتخطيط الاستراتيجي للاستزراع المائي في المياه المفتوحة. وتظهر صورة خلفية الغلاف التي التقطت يوم ٢٢ فبراير عام ٢٠٠٤ (مهداة من السيد فرناندو جارا) مزرعة عالية التقنية لتربية أسماك سلمون الأطلنطي في مصب ريلونكافي (Reloncaví estuary) عند خط عرض ٤١ درجة جنوبا وخط طول ٧٢ درجة غربا، بطاقة إنتاجية قدرها ٢ ٠٠٠ طن. يوفر بحر شيلي الداخلي الجنوبي، الذي يضم نظاما معقدا من الفيوردات والقنوات، الظروف المثالية للاستزراع المائي. كما تمثل درجة الحرارة المناسبة وكذلك وفرة الماء العذب ميزات تنافسية لاستزراع الأنواع المستجلبة، مثل السلمون والتراوت، جعلت من شيلي أحد أهم منتجي السلمون المستزرع في العالم.

سلسلة
دراسات
مصايد الأسماك

٤٥٨

استخدام نظم المعلومات الجغرافية، الاستشعار من بعد والتخريط في تنمية وإدارة الاستزراع البحري

تأليف

James McDaid Kapetsky
استشاري
و
José Aguilar-Manjarrez
مسؤول الموارد السمكية
دائرة إدارة تربية الأحياء المائية وصونه

إدارة مصايد الأسماك وتربية الأحياء المائية
بمنظمة الأغذية والزراعة للأمم المتحدة

منظمة الأغذية والزراعة للأمم المتحدة
روما، ٢٠١٠

الأوصاف المستخدمة في هذه المواد الإعلامية وطريقة عرضها لا تعبر عن أي رأي خاص لمنظمة الأغذية والزراعة للأمم المتحدة فيما يتعلق بالوضع القانوني أو التنموي لأي بلد أو إقليم أو مدينة أو منطقة، أو فيما يتعلق بسلطاتها أو بتعيين حدودها وتخومها. ولا تعبر الإشارة إلى شركات محددة أو منتجات بعض المصنعين، سواء كانت مرخصة أم لا، عن دعم أو توصية من جانب منظمة الأغذية والزراعة للأمم المتحدة أو تفضيلها على مثيلاتها مما لم يرد ذكره.

تمثل وجهات النظر الواردة في هذه المواد الإعلامية الرؤية الشخصية للمؤلف (المؤلفين)، ولا تعكس بأي حال وجهات نظر منظمة الأغذية والزراعة للأمم المتحدة.

ISBN 978-92-5-605646-7

جميع حقوق الطبع محفوظة. ويجوز استنساخ ونشر المواد الإعلامية للأغراض التعليمية، أو غير ذلك من الأغراض غير التجارية، دون أي ترخيص مكتوب من جانب صاحب حقوق الطبع، بشرط التنويه بصورة كاملة بالمصدر. ويحظر استنساخ هذه المواد الإعلامية لأغراض إعادة البيع، أو غير ذلك من الأغراض التجارية، دون ترخيص مكتوب من صاحب حقوق الطبع. وتقدم طلبات الحصول على هذا الترخيص إلى:

Chief
Electronic Publishing Policy and Support Branch
Communication Division
FAO
Viale delle Terme di Caracalla, 00153 Rome, Italy

أو بواسطة البريد الإلكتروني:

copyright@fao.org

© FAO 2010

إعداد هذه الوثيقة

الهدف الرئيسي من هذه الوثيقة هو تطوير استخدام نظم المعلومات الجغرافية، الاستشعار من بعد والتخريط لتحسين استدامة الاستزراع البحري. وكان تركيزنا منصبا على الدول النامية بهدف تطبيق نظم المعلومات الجغرافية بأقل التكاليف وكيفية استخدام البيانات المتاحة مجانا على الشبكة الدولية للمعلومات (الإنترنت). كما أن توجهنا الرئيسي هو إبراز استخدام نظم المعلومات الجغرافية، الاستشعار من بعد والتخريط من خلال عرض أمثلة من التطبيقات المتنوعة لهذه الأدوات.

ويعتبر هذا أحد منتجات الأنشطة التقنية التي تقوم بها هيئة إدارة الاستزراع المائي والمحافظة عليه التابعة لمنظمة الأغذية والزراعة للأمم المتحدة، التي تتعامل مع الأدوات الفراغية بهدف تحسين استدامة الاستزراع المائي والمصايد الداخلية. ومن المتوقع أن يستفيد من هذه المطبوعة الأفراد المتخصصون في قطاع المصايد على المستوى الإداري والفني في الهيئات الحكومية، وكذلك العاملون في المنظمات الدولية وفي صناعة الاستزراع المائي.

الدكتور/ ج. م. كابتسكي مسؤول أول موارد سمكية سابق بمنظمة الأغذية والزراعة للأمم المتحدة.

الملخص

تلعب نظم المعلومات الجغرافية، الاستشعار من بعد والتخريط دورا هاما في جميع القضايا الجغرافية والفضائية المتعلقة بتنمية وإدارة الاستزراع البحري. وتحصل الأقمار الصناعية والمجسات الهوائية والأرضية وتحت المائية على معظم البيانات المتعلقة بدرجة الحرارة، سرعة التيار, ارتفاع الموجة، تركيز الكلوروفيل واستخدام الأرض والماء. كما تستخدم نظم المعلومات الجغرافية لمعالجة وتحليل البيانات الفضائية المستقاة من جميع المصادر. كما تستخدم كذلك لإعداد تقارير يتم وضعها على الخرائط، في بنوك المعلومات واستمارات البيانات بهدف تسهيل اتخاذ القرارات.

وتهدف هذه الوثيقة إلى عرض الوسائل التي يمكن من خلالها أن تلعب نظم المعلومات الجغرافية، الاستشعار من بعد والتخريط دورا في تنمية وإدارة الاستزراع البحري، وعلاقة ذلك مع المستخدمين المتنافسين والمتعارضين من منظور عالمي. والغرض من هذا التوجه هو عرض أمثلة للتطبيقات التي كانت تهدف إلى معالجة العديد من القضايا الهامة في مجال الاستزراع البحري. كما ينصب التركيز على الطرق التي تم من خلالها استخدام هذه الأدوات لحل المشكلات، وليس على الأدوات والتقنيات نفسها. ولذلك تم اعتبار نظم معلومات الأسماك، منظمة الأغذية والزراعة، بوابة نظم المعلومات الجغرافية على شبكة الإنترنت، والاستشعار من بعد كمصدر مكمل لهذه الوثيقة التقنية. أما الهدف غير المباشر فهو تحفيز رغبة الأفراد في الحكومة، القطاعات الصناعية، القطاعات التعليمية في مجال الاستزراع البحري على زيادة كفاءة استخدام هذه الأدوات. وقد استهلت الوثيقة بمقدمة مختصرة حول الأدوات الفضائية واستخدامها في قطاع المصايد البحرية قبل الاستطراد في عرض أمثلة التطبيقات. وقد تم اختيار التطبيقات الحديثة جدا لتكون دليلا على التطور حتى يتمكن القراء من وضع تقييمهم الخاص حول فوائد ومعوقات استخدام هذه الأدوات في المجالات التي يعملون فيها. كما تم اختيار التطبيقات الأخرى بهدف إبراز التطور الذي حدث في هذه الأدوات.

ينصب التركيز الرئيسي على نظم المعلومات الجغرافية. أما الاستشعار من بعد فقد تم استعراضه كأداة رئيسية للحصول على المعلومات التي يتم استخدامها ودمجها بعد ذلك في نظم المعلومات الجغرافية، وفي الرصد الحقيقي للظروف البيئية في إدارة منشآت الاستزراع المائي. وفي العادة تكون الخرائط إحدى مخرجات نظم المعلومات الجغرافية، لكنها يمكن أن تكون أدوات فاعلة في الاتصالات الفضائية. ولذلك تم تضمين هذه الوثيقة بعض الأمثلة عن التخريط في مجال الاستزراع المائي.

وقد تم ترتيب التطبيقات طبقا للموضوعات الرئيسية في الاستزراع البحري وهي: استزراع الأسماك في الأقفاص، استزراع الرخويات واستزراع النباتات المائية. كما تم تلخيص التطبيقات الحديثة والقديمة في جداول إيضاحية. وحيث أن توافر المعلومات يعتبر أحد أهم القضايا في استخدام الأدوات الفضائية في الاستزراع البحري، فقد تم عرض دراسة حالة لإيضاح كيفية استخدام البيانات التي يتم تحميلها مجانا من الإنترنت لتقدير إمكانية الاستزراع البحري، كما تم وصف الأنواع المختلفة من البيانات. وحيث أن الهدف النهائي من نظم المعلومات الجغرافية هو المساعدة في اتخاذ القرار فقد تضمنت الوثيقة جزءا حول الأدوات المدعمة لاتخاذ القرار.

أخيرا، تم تلخيص النتائج التي توصلنا إليها، كما وضعنا بعض الاستنتاجات والخلاصات حول تطبيق نظم المعلومات الجغرافية، الاستشعار من بعد والتخريط لتحسين وإدارة الاستزراع البحري.

كابتسكي، ج.م. أجويلار مانجاريز، ج.

استخدام نظم المعلومات الجغرافية، الاستشعار من بعد والتخريط لتنمية وإدارة الاستزراع البحري

FAO Fisheries Technical Paper No. 458. Rome, FAO. 2010. 124 pp.

شكر وتقدير

إننا نتقدم بالشكر لجميع الزملاء الذين أمدونا بأبحاثهم المنشورة ومقالاتهم وتقاريرهم الفنية لاستخدامها في هذه الدراسة المرجعية. كما نتقدم بشكر خاص للمحكمين لهذا العمل على ملاحظاتهم القيمة، وهم، حسب الترتيب الأبجدي: وليام أرنولد، مالكولم بيفريج، وليام فيشر، جيمس مايور، اوسكار بيريز، ليندساي روس، فيليب سكوت ودوريس سوتو. كذلك نود أن نشكر ستيف ووكر على مساهمته القيمة المتمثلة في الجدول 4-3. كما قام كل من تينا فارمر و فرانسوا شاتو-تيربل بمراجعة الوثيقة والإشراف على نشرها. قامت سيلفيان بورجيسي بإعداد الغلاف كما عاون فابيو كاروتشي في تصميمه. أما ناديا بيلليشيوتا فقد قامت بتصميم وتنسيق المطبوعة.

فهرس المحتويات

البند	
إعداد هذه الوثيقة	iii
الملخص	iv
شكر وتقدير	v
قائمة الأشكال	viii
قائمة الجداول	x
المرادفات والاختصارات	xi

1- مقدمة 1

1-1 الأهداف والاستعراض 1

2-1 أهمية الاستزراع البحري 3

1-2-1 إنتاج وتوجهات الاستزراع البحري في قطاع المصايد 3

2-2-1 أهم الدول المنتجة من الاستزراع البحري 3

3-2-1 الأنواع البحرية الرئيسية المستزرعة 3

4-2-1 الأهمية حسب المنطقة الاقتصادية الحصرية 3

5-2-1 تنمية وإدارة الاستزراع البحري 4

3-1 المضمون الفضائي للأمور التي تحدد الاستزراع البحري قريبا من الشاطئ أو بعيدا عنه 5

1-3-1 العالم القريب من الشاطئ والعالم البعيد عنه 5

2-3-1 قضايا المناطق القريبة من الشاطئ والبعيدة عن الشاطئ 7

3-3-1 التخطيط المتطور للاستزراع البحري 7

4-1 مقدمة عن نظم المعلومات الجغرافية، الاستشعار من بعد والتخريط 9

1-4-1 تنمية وإدارة الاستزراع البحري من منظور مكاني 9

2- استعراض دور نظم المعلومات الجغرافية، الاستشعار من بعد والتخريط في البيئة البحرية وقطاع المصايد 11

1-2 تاريخ نظم المعلومات الجغرافية 11

2-2 استخدام نظم المعلومات الجغرافية في البيئة البحرية 11

3-2 مطبوعات نظم المعلومات الجغرافية، الاستشعار من بعد والتخريط في مجال المصايد 11

1-3-2 المراجعات والكتيبات التوضيحية 12

2-3-2 المؤتمرات، ورش العمل والإنترنت 14

3- مراجعة لبعض التطبيقات المختارة 17

1-3 تطبيقات التخريط في الاستزراع البحري 17

1-1-3 مقدمة عن التخريط 17

2-1-3 التخريط الذي يهدف إلى تنمية الاستزراع المائي 18

3-1-3 استخدام الخرائط في ممارسة وإدارة الاستزراع المائي 25

2-3 تطبيقات الاستشعار من بعد في الاستزراع البحري 27

1-2-3 استعراض تطبيقات الاستشعار من بعد 27

2-2-3 الاستشعار من بعد الذي يستهدف تنمية الاستزراع المائي 29

3-2-3 استخدام الاستشعار من بعد في ممارسة وتنمية الاستزراع المائي 30

3-3 تطبيقات نظم المعلومات الجغرافية في الاستزراع البحري 33

3-3-1 مقدمة حول تطبيقات نظم المعلومات الجغرافية في الاستزراع البحري 33
استخدام نظم المعلومات الجغرافية في تنمية الاستزراع البحري في الأقفاص
استخدام نظم المعلومات الجغرافية في ممارسة وإدارة الاستزراع البحري في الأقفاص
التخطيط للاستزراع المائي بين الاستخدامات الأخرى للأرض والماء
3-3-2 مقدمة عن استخدام نظم المعلومات الجغرافية في استزراع الرخويات 45
نظم المعلومات الجغرافية التي تستهدف تنمية استزراع الرخويات
استخدام نظم المعلومات الجغرافية في ممارسة وإدارة استزراع الرخويات
استخدام نظم المعلومات الجغرافية للتنمية والإدارة متعددة القطاعات شاملة استزراع المحاريات
3-3-3 استخدام نظم المعلومات الجغرافية في استزراع الأعشاب البحرية 66
3-4 التطبيقات الاقتصادية والاجتماعية لنظم المعلومات الجغرافية 68
3-4-1 اقتصاديات الاستزراع في الأقفاص 69
3-4-2 التأثيرات الاقتصادية والاجتماعية للاستزراع المائي العالمي 69

4- استخدام الاستشعار من بعد ونظم المعلومات الجغرافية لتقدير إمكانية الاستزراع المائي في المياه المفتوحة في المناطق الاقتصادية الحصرية: دراسة استكشافية 71
4-1 مقدمة 71
4-2 مواد وطرق البحث 71
4-3 النتائج 79

4-4 المناقشة 82

5- توافر البيانات 87
5-1 بيانات نظم المعلومات الجغرافية العالمية 87
5-1-1 حصر وتجميع بيانات نظم المعلومات الجغرافية 88
5-1-2 استخدام بيانات الوقت الحقيقي المستشعرة من بعد في الإدارة التشغيلية 90
5-2 البيانات الوطنية 91

6- اتخاذ القرار وأدوات النمذجة في نظم المعلومات الجغرافية 93
6-1 مقدمة 93
6-2 التصنيف 93
6-3 التقييم متعدد المعايير 94
6-4 النمذجة 95
6-5 الأدوات المدعمة لإتخاذ القرار 97

7- الملخص، المناقشة والخلاصة 103
7-1 الملخص 103
7-2 المناقشة والخلاصة 107

8- قاموس المصطلحات 111
المراجع 115

قائمة الأشكال

رقم الشكل	عنوان الشكل	
شكل 1-1	توجهات إنتاج قطاع المصايد حسب البيئة المائية خلال الفترة من 1995-2004	2
شكل 1-2	إنتاج الاستزراع البحري والإنتاج التراكمي، فيما عدا الصين، في عام 2004	2
شكل 1-3	توجهات إنتاج الاستزراع البحري طبقا لمجموعة (ISCAAP)	4
شكل 1-4	إنتاج الاستزراع البحري في عام 2004 والمنطقة الاقتصادية الحصرية (بدون الصين)	4
شكل 1-5	أنواع الأقفاص المحتمل وجودها في المواقع ذات الرتب 1-4.	6
شكل 1-2	مجموعات التحديات التي تواجه نظام المعلومات الجغرافية السمكية	13
شكل 2-2	الصفحة الرئيسية لنظام المعلومات الجغرافية السمكية على شبكة الإنترنت (نسخة أصلية بتاريخ 17 يناير 2007)	16
شكل 1-3	المواقع ذات الإمكانية لتطوير الاستزراع البحري في لامبونج	19
شكل 2-3	المناطق المقترحة لإدارة الاستزراع المائي في المياه الساحلية لجزر اسكتلندا	20
شكل 3-3	خريطة مرجعية 12	21
شكل 3-4أ	المناطق المقترحة لإدارة الاستزراع المائي في مواجهة معوقات الاستزراع البحري التي تم تحديدها أثناء المرحلة الأولى من عملية التقييم	22
شكل 3-4ب	المسارات الملاحية الأساسية والثانوية في ميناء كايبارا	23
شكل 3-5أ	دراسة لاختيار المواقع المناسب لتنمية الاستزراع المائي في المناطق الساحلية في مقاطعة ملقة (Malaga) في أسبانيا	24
شكل 3-5ب	منشآت الاستزراع المائي، صورة جوية ومنظر لمنشآت الميناء في مقاطعة ملقة (Malaga) في أسبانيا	24
شكل 3-6أ	استعراض للخدمات التي يقدمها نظام المعلومات الجغرافية المائية (AquaGIS) من خلال صفحة المساعدة	26
شكل 3-6ب	بحث في خريطة نظام المعلومات الجغرافية المائية (AquaGIS) يظهر مواقع الاستزراع المائي، المواقع والتجمعات المحيطة	26
شكل 3-6ج	بحث في خريطة نظام المعلومات الجغرافية المائية (AquaGIS) يظهر الطبقات التي يمكن الوصول إليها في نظام المعلومات الجغرافية الإقليمية للاستزراع المائي في الساحل الجنوبي	27
شكل 3-6د	شكل موقع الاستزراع المائي وخريطة هذا الموقع من نظام المعلومات الجغرافية المائية (AquaGIS)	28
شكل 3-7	عملية نمذجة ملاءمة الموقع	28
شكل 3-8أ	نفوق الأسماك	31
شكل 3-8ب	تسمم الأسماك الصدفية المسبب للشلل	31
شكل 3-9	تطور لازدهار طحلبي في عام 2003	32
شكل 3-10	خارطة ملاءمة الأمواج لمحطة بحرية (a)، الصاري (b) و أقفاص كوريلسا (c)	36
شكل 3-11	خارطة بجميع المناطق المطلوب الحفاظ عليها	36
شكل 3-12أ	نموذج تمثيلي لتحليل مدى ملاءمة تكامل الاستزراع السمكي البحري مع صناعة السياحة في تناريفا	38
شكل 3-12ب	نموذج تمثيلي لتحليل مدى ملاءمة اختيار موقع الاستزراع السمكي البحري في الأقفاص في تناريفا (في شكل متسلسل) موضحا الأوزان الخاصة بالعوامل والنماذج التحتية المختلفة	40
شكل 3-13	تصميم للنموذج التكاملي	42
شكل 3-14	صورة كونتورية لمزرعة سمكية تظهر تراكم الكربون المتوقع من البراز في رواسب القاع باستخدام نموذج نظم المعلومات الجغرافية للتشتت. نموذج الأقفاص الساكنة (a)، نموذج الأقفاص المتحركة (b)	43
شكل 3-15	الاستزراع المائي في المياه المفتوحة في خليج فندي في كندا	44

شكل 3-16	مدى الملاءمة لاستزراع الجمبري، الرخويات ثنائية المصراع والتراوت في ولاية ريو دي جانيرو بالبرازيل	48
شكل 3-17أ	هيكل تقييم إمكانات استزراع المحار على الأطواف في لاجونات أيلا مارجاريتا (Isla Margarita) في فنزويلا، وجزيرتين أخريين صغيرتين	51
شكل 3-17ب	خارطة نهائية تظهر المواقع التي تبلغ إمكاناتها أكثر من 80% (■) في جنوب ماكاناو وكوشيه (Macanao and Coche)، وتغطي 4,1 كم^2	52
شكل 3-18	فقد توقيت الغمر (%) لمعدل الترسيب النظري البالغ 50 سم على مناطق استزراع المحار في بانس دي رونس (Bancs de Ronce) وبورجيوس (Bourgeois)	52
شكل 3-19	مثال للتمثيل الرقمي لمسح قاع خليج ماريلاند في إقليم نهر شوبتانك (Choptank)	57
شكل 3-20	تكامل النماذج مع نظم المعلومات الجغرافية	59
شكل 3-21	تقدير القدرة الاستيعابية لبطلينوس (إكلام) مانيلا (*Tapes philippinarum*) المستزرع في لاجون ساكا دي جورجو على الساحل الشمالي للبحر الأدرياتيكي بإيطاليا	61
شكل 3-22	المناطق المناسبة لاستزراع الإكلام الصلب في منطقة الحصاد (C) في لاجون النهر الهندي في فلوريدا	62
شكل 3-23	مناطق التضارب بين البيئة الملائمة للبطلينوس والنباتات المائية المغمورة	63
شكل 3-24	الكثافة القصوى لبح البحر الأزرق في لامفيردين خلال 1993-2003	65
شكل 3-25	المناطق الملائمة لاستزراع الأعشاب البحرية في بارابيا كما تشير تحليلات نظم المعلومات الجغرافية (تدل المناطق الخضراء على إمكانيات عالية، بينما تدل المناطق الصفراء على إمكانيات متوسطة)	65
شكل 3-26	قيمة الصيد التجاري في منطقة نيو إنجلاند	66
شكل 3-27	الدول الفقيرة المعتمدة على الاستزراع المائي بشكل مباشر أو غير مباشر	67
شكل 3-28	دول متوسطة الفقر تعتمد على الاستزراع المائي بشكل مباشر أو غير مباشر	67
شكل 3-29	رسم تمثيلي لنموذج تقييم الحساسية والتأثر	68
شكل 3-30	الحساسية والتأثر	68
شكل 4-1	منطقة الدراسة	72
شكل 4-2	البيانات الرئيسية: مقياس القاع، درجة حرارة سطح الماء والكلوروفيل-أ	72
شكل 4-3	معدل نمو الكوبيا ودرجة الحرارة	74
شكل 4-4	معدل نمو بلح البحر الأزرق ودرجة الحرارة	74
شكل 4-5	نمو بلح البحر الأزرق وتركيز الكلوروفيل-أ	77
شكل 4-6	الوصول من الأرض إلى الموقع خلال 1، 2 و3 ساعات (ذهاب فقط) بالقارب (22، 44 و66 كم)	77
شكل 4-7	العمق وملاءمته لمنشآت وهياكل الاستزراع	80
شكل 4-8أ	الملاءمة لاستزراع الكوبيا من حيث هياكل الاستزراع والنمو	80
شكل 4-8ب	مدى ملاءمة المنطقة لاستزراع الكوبيا (كم^2)	81
شكل 4-9أ	مدى الملاءمة لاستزراع بلح البحر الأزرق من حيث درجة الحرارة، تركيز الكلوروفيل-أ والأعماق	81
شكل 4-9ب	مدى ملاءمة المنطقة لاستزراع بلح البحر الأزرق (كم^2)	82
شكل 4-10أ	الملاءمة لاستزراع الكوبيا من حيث من حيث المسافة إلى اليابسة	83
شكل 4-10ب	مدى ملاءمة المنطقة لاستزراع الكوبيا من حيث بعد المسافة عن اليابسة	83

قائمة الجداول

رقم الجدول	عنوان الجدول	
جدول 1-1	خصائص الاستزراع المائي في المياه الشاطئية والمياه المفتوحة	6
جدول 1-2	مقارنة بين استراتيجيات الاستزراع البحري طبقا لدرجة تعرض المنشأة للظروف البحرية الطبيعية والعواصف (Bridger *et al.*, 2003)، مع تعديلات بناء على اتصالات شخصية مع (M. Beveridge and D. Soto).	8
جدول 3-1	القضايا البيئية الرئيسية المصاحبة للاستزراع المائى	9
جدول 2-1	أهم قضايا الاستزراع المائي من قاعدة بيانات نظام المعلومات الجغرافية السمكية (نسخة أصلية بتاريخ 17 يناير 2007)	15
جدول 3-1	ملخص لتطبيقات التخريط فى مجال الاستزراع البحري مرتبة طبقا لأهم القضايا	18
جدول 3-2	ملخص لتطبيقات الاستشعار من بعد فى مجال الاستزراع البحري مرتبة طبقا لأهم القضايا	29
جدول 3-3	مصفوفة اختيار الموقع تبين المواقع الملائمة لاستزراع المحار	30
جدول 3-4	ملخص لتطبيقات نظم المعلومات الجغرافية في استزراع الأسماك الزعنفية في الأقفاص، مرتبة طبقا لأهم القضايا	35
جدول 3-5	ملخص لتطبيقات نظم المعلومات الجغرافية في استزراع الأسماك الصدفية، مرتبة طبقا لأهم القضايا	46
جدول 3-6	اختصار لنمذجة نتائج إمكانيات ومتطلبات ريو دي جانيرو	49
جدول 3-7	معايير وعوامل مختارة لملاءمة الموقع واعتباراتها المثلى ومستوى المحاذير	53
جدول 3-8	العوامل المذكورة في أداة إدارة نظام المعلومات الجغرافية لتنظيم إنتاج الأصداف ثنائية المصراع فى ليمفيوردين (Limfjorden)	64
جدول 4-1	خواص العمق لمنشآت الاستزراع التجريبي والتجاري في الأقفاص ومواصفاتها كما وردت من المصنعين	76
جدول 4-2	ملخص للمداخل المستخدمة في تقييم إمكانات الاستزراع المائي في المياه المفتوحة في الولايات المتحدة الأمريكية (خليج المكسيك على المحيط الأطلنطي وبورتوريكو)	78
جدول 4-3	البيانات المكانية (الفراغية) التي يمكن تحميلها من الإنترنت وتطبيقاتها في تقييم الاستزراع البحري: (CO)= النوع المستزرع، (OF)= منشآت استزراع بعيدة عن القاع، (TF)= رحلات نقل وصيانة منشآت الاستزراع من الشاطئ إلى المياه المفتوحة	84
جدول 6-1	البرمجيات المساعدة في دعم التقييم متعدد المعايير (محدثة من Janssen and van Herwijnen, 2006)	97
جدول 6-2	أدوات دعم اتخاذ القرار المستندة إلى نظم المعلومات الجغرافية للمناطق البحرية المحمية	100

المرادفات والاختصارات

AMA	Aquaculture Management Area	منطقة إدارة الاستزراع المائي
ASCS	Acoustic Seabed Classification Systems	النظم الصوتية لتصنيف قاع البحر
AquaGIS	The Newfoundland and Labrador Aquaculture Geographic Information System	نظام معلومات الاستزراع المائي لنيوفوندلاند ولابرادور
AATSR	Advanced Along Track Scanning Radiometer	جهاز المسح الإشعاعي المساري المتقدم
CCRF	Code of Conduct for Responsible Fisheries	مدونة السلوك بشأن المصايد المسئولة
COC	Department of Aquaculture of the Spanish Oceanographic Centre in Tenerife	قسم الاستزراع المائي للمركز الأسباني لعلوم البحار في تناريفا.
EEZ	Exclusive Economic Zone	المنطقة الاقتصادية الحصرية
ESRI	Environmental Systems Research Institute	معهد بحوث النظم البيئية
ETOPO	2-Minute Gridded Global Relief Data	مجموعة البيانات الدولية ذات النقاء 2 دقيقة
FOSS	Free and Open Source Software	مصدر البرمجيات المجاني المفتوح
GIS	Geographic Information Systems	نظم المعلومات الجغرافية
GISFish	Global Gateway to Geographic Information Systems, Remote Sensing and mapping for aquaculture and Inland Fisheries	البوابة العالمية لنظم المعلومات الجغرافية، الاستشعار من بعد والتخريط في مجال الاستزراع المائي والمصايد الداخلية.
IOCCG	International Ocean Color Coordinating Group	المجموعة التنسيقية الدولية لألوان المحيط
IMS	Internet Map Server	دليل الخرائط على الإنترنت
KML	Keyhole Markup Language	لغة ثقب المفتاح العليا
MCE	Multi-Criteria Evaluation	التقييم متعدد المعايير
MERIS	Medium Resolution Imaging Spectrometer	جهاز التصوير الطيفي متوسط درجة النقاء والدقة
MODIS	Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer	جهاز التصوير الطيفي معتدل النقاء والدقة
MPA	Marine Protected Areas	المناطق البحرية المحمية
NOAA	National Oceanic and Atmospheric Administration	الهيئة القومية للمحيطات والغلاف الجوي
PAR	Photosynthetically Active Radiation	الإشعاع الضوئي المنشط بالتمثيل الضوئي
SAV	Submerged Aquatic Vegetation	النباتات المائية المغمورة
SQL	System Query Language	اللغة الاستفسارية للنظام
SSMP	Site Suitability Modeling Process	إجراء نمذجة ملاءمة الموقع
SST	Sea Surface Temperature	درجة حرارة سطح الماء
HAB	Harmful Algal Bloom	الازدهار الطحلبي السام
UNEP	United Nations Environment Programme	البرنامج البيئي للأمم المتحدة
WFP	World Food Programme	برنامج الغذاء العالمي
WVS	World Vector Shoreline	الخط الساحلي الدولي الموجه

1- مقدمة

1-1 الأهداف والاستعراض

الهدف الرئيسي من هذه الوثيقة هو تطوير استخدام نظم المعلومات الجغرافية، الاستشعار من بعد والتخريط في المساعدة في تنمية وإدارة الاستزراع البحري، من منظور عالمي مع التركيز على الدول النامية. ومن هذا المنطلق فإننا نركز على استخدام وتطبيق نظم المعلومات بأقل التكاليف باستخدام البيانات المتاحة مجانا على شبكة الإنترنت. وباستخدام دراسة حالة عن الولايات المتحدة الأمريكية كمثال، فإننا نوضح أنه يمكن وضع تصور تقريبي للاستزراع البحري في المنطقة الاقتصادية الحصرية (Exclusive Economic Zone, EEZ) المعنية. كما يعتبر استعراضنا للتطبيقات المختارة من نظم المعلومات الجغرافية، الاستشعار من بعد والتخريط شاملا حتى يتمكن القراء من وضع تقييمهم الخاص حول فوائد ومعوقات استخدام هذه الأدوات في المجالات التي يعملون فيها. كما تم اختيار التطبيقات الأخرى بهدف إبراز التطور الذي حدث في هذه الأدوات.

ترتبط هذه الوثيقة ارتباطا وثيقا مع نظم المعلومات الجغرافية السمكية (GISFish)؛ وهي بوابة اليكترونية تابعة لمنظمة الأغذية والزراعة، توفر الكثير من الخبرة المتراكمة حول تطبيقات نظم المعلومات الجغرافية، الاستشعار من بعد والتخريط في مجال الاستزراع المائي والمصايد الداخلية من خلال قواعد بيانات مرجعية مأخوذة عن العلوم المائية وملخصات المصايد، كما تضم هذه البوابة في كثير من الأحيان الأبحاث والتقارير الكاملة. وقد تم شرح نظم المعلومات الجغرافية السمكية (GISFish) بالتفصيل في الجزء 2.3.2.

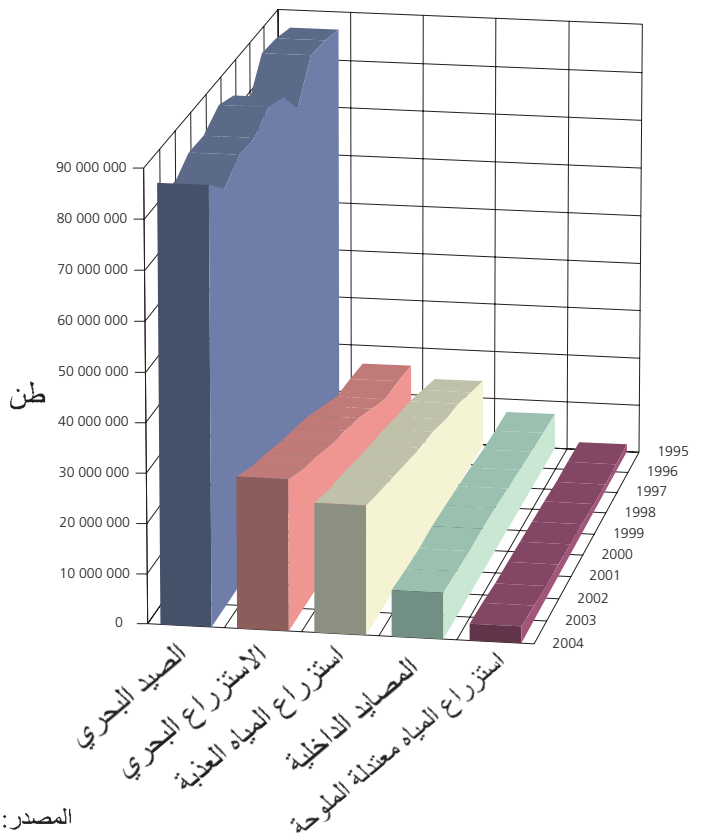
ينصب التركيز الرئيسي على نظم المعلومات الجغرافية. أما الاستشعار من بعد فقد تم استعراضه كأداة رئيسية للحصول على المعلومات التي يتم استخدامها ودمجها بعد ذلك في نظم المعلومات الجغرافية، وفي الرصد الحقيقي للظروف البيئية في إدارة منشآت الاستزراع المائي. وفي العادة تكون الخرائط إحدى مخرجات نظم المعلومات الجغرافية، لكنها يمكن أن تكون أدوات فاعلة في الاتصالات الفضائية. ولذلك تم تضمين هذه الوثيقة بعض الأمثلة عن التخريط في مجال الاستزراع المائي.

ويجب إبراز تطبيقات هذه الأدوات على ضوء بعض الخلفيات. أولا: لقد تم وضع أهمية الاستزراع البحري في إطار قطاع المصايد. ولذلك يجري استعراض نظم المعلومات الجغرافية، الاستشعار من بعد والتخريط في إطار منظورين اثنين؛ الأول عمومي وشامل ويتضمن القضايا التي تحدد شكل حاضر ومستقبل تنمية الاستزراع المائي؛ أما المنظور الثاني فهو أكثر تحديدا حيث يركز على خبرات معينة حول تطبيقات هذه الأدوات في صورة استعراض يضم الأهداف (البحوث، التنمية والإدارة)، الأنواع المستهدفة، البيئة (أرضية، قريبة من الشاطئ، المحيط المفتوح)، نظام الاستزراع، المنظور الجغرافي, العوامل والمحددات المرصودة، النماذج والطرق المستخدمة في اتخاذ القرار. وقد تم استعراض البيانات المتاحة حول نظم المعلومات الجغرافية، النمذجة واتخاذ القرار في فصول مستقلة.

كما سبقت الإشارة، فإننا نركز هنا على كيفية استخدام تطبيقات هذه الأدوات لمواجهة القضايا الهامة في الاستزراع البحري، وليس على الأدوات والتقنيات نفسها. وللمساعدة في فهم القضايا الفنية المتعلقة بهذه التطبيقات فقد تضمنت هذه الوثيقة قاموسا بالمصطلحات ذات الصلة. كما يمكن الحصول على المعلومات الفنية التفصيلية وروابط المعلومات الإليكترونية المجانية والتجارية عن طريق زيارة موقع نظام المعلومات الجغرافية السمكية.

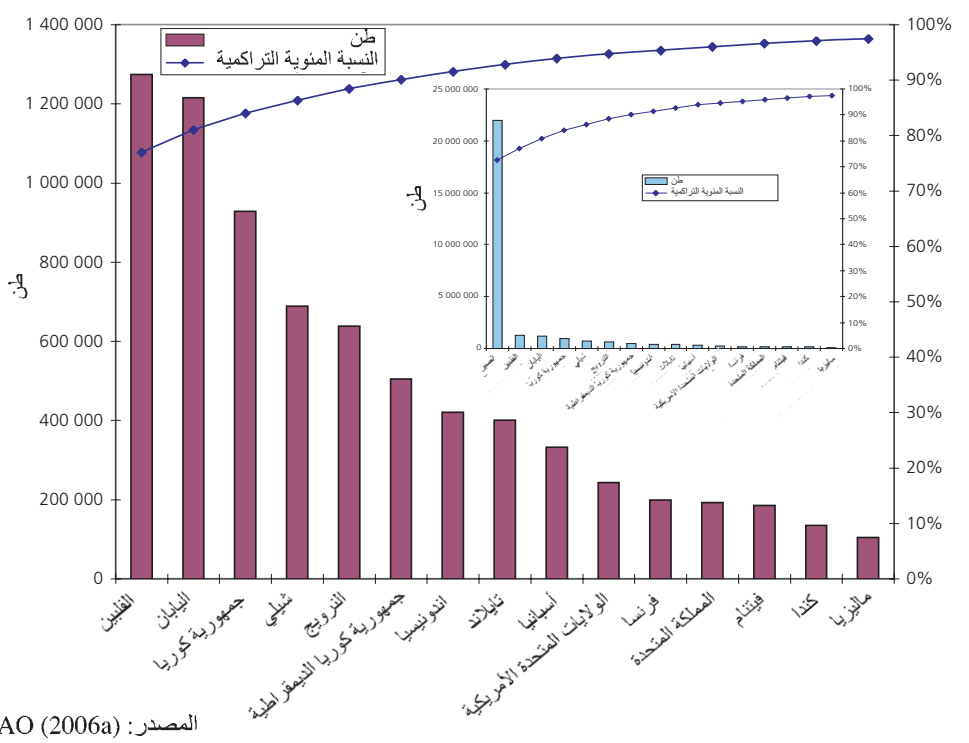
أخيرا، فإننا نقدم بعض التعليقات والتوصيات حول استخدام تطبيقات نظم المعلومات الجغرافية، الاستشعار من بعد والتخريط في تنمية وتطوير وإدارة الاستزراع البحري.

شكل 1-1. توجهات إنتاج قطاع المصايد حسب البيئة المائية خلال الفترة من 1995-2004.



المصدر: FAO (2006a)

شكل 1-2. إنتاج الاستزراع البحري والإنتاج التراكمي، فيما عدا الصين، في عام 2004.



المصدر: FAO (2006a)

2-1 أهمية الاستزراع البحري

1-2-1 إنتاج وتوجهات الاستزراع البحري في قطاع المصايد

لقد بلغ الإنتاج الكلي في قطاع المصايد حوالي 156 مليون طن في عام 2004. وطبقا للبيئات البحرية، فقد بلغ إنتاج المصايد البحرية 87 مليون طن، والمصايد الداخلية 9 مليون طن، الاستزراع البحري 30 مليون طن، استزراع المياه العذبة 27 مليون طن، أما الإنتاج المتبقي وهو 3 مليون طن فكان من الاستزراع في المياه متوسطة الملوحة (FAO, 2006a).

يتزايد معدل إنتاج الاستزراع البحري بشكل سريع. فخلال العقد الماضي ارتفع هذا الإنتاج من 13% إلى 19% من الإنتاج الكلي. أما استزراع المياه العذبة فقد ارتفع من 11% إلى 17%، وإنتاج المياه معتدلة الملوحة من 1 إلى 2%، بينما تناقص إنتاج المصايد البحرية من 69% إلى 56%، في حين ظل إنتاج المصايد الداخلية ثابتا عند حوالي 6% من الإنتاج الكلي (شكل 1-1).

2-2-1 أهم الدول المنتجة من الاستزراع البحري

لقد أبلغت 86 دولة من إجمالي الدول الساحلية البالغة 186 دولة منظمة الأغذية والزراعة بإنتاجها من الاستزراع البحري في عام 2004. وقد بلغ إنتاج الصين وحدها 22 مليون طن تمثل حوالي 73% من الإنتاج العالمي. كما يزيد إنتاج كل من الفلبين واليابان عن مليون طن، كما أن هناك 13 دولة زاد إنتاج الاستزراع البحري في كل منها عن 100 000 طن. وتمثل هذه المجموعة الرئيسية من الدول حوالي 97% من الإنتاج العالمي من الاستزراع البحري (شكل 1-2).

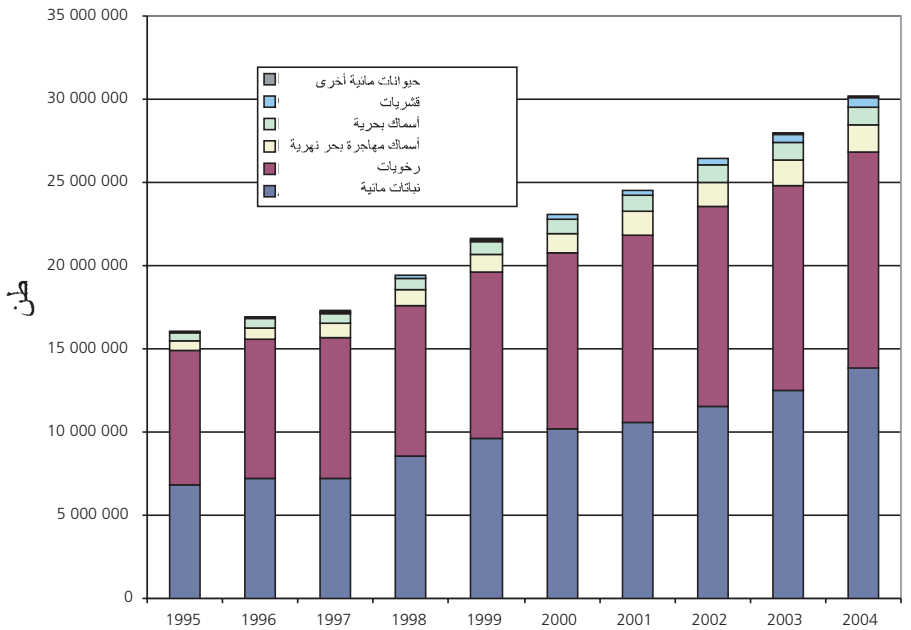
3-2-1 الأنواع البحرية الرئيسية المستزرعة

في عام 2004 كان إنتاج الأعشاب البحرية هو الشائع من حيث الوزن (46%)، تلاه إنتاج الرخويات (43%) بينما مثلت الأسماك المهاجرة خاصة السلمونيات 5% والأسماك الأخرى 4%، أما القشريات فكان إنتاجها هو الأقل (2%) (شكل 1-3). بلغت قيمة الاستزراع البحري 27,8 بليون دولار أمريكي في عام 2004.

4-2-1 الأهمية حسب المنطقة الاقتصادية الحصرية

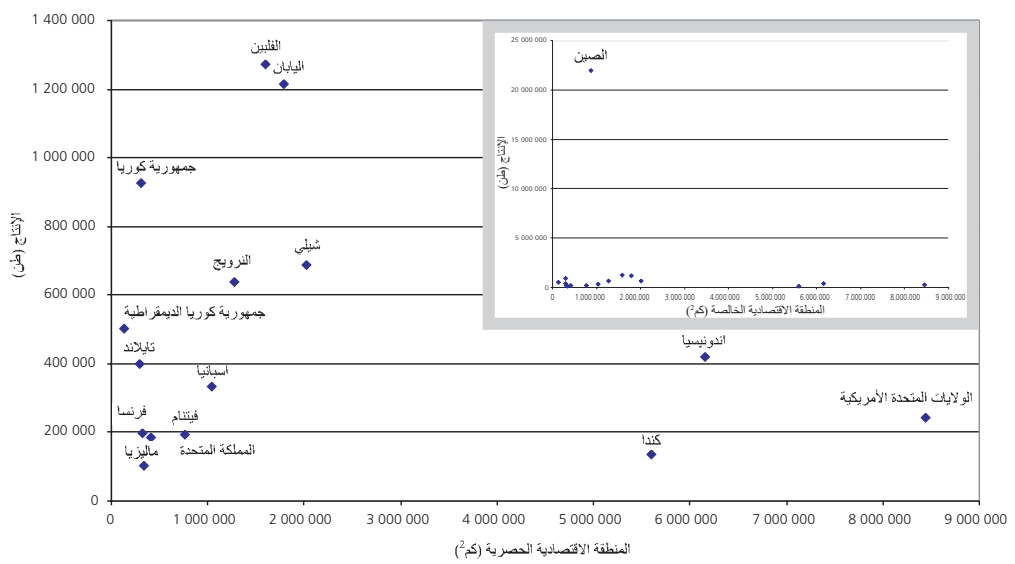
المنطقة الاقتصادية الحصرية هي المنطقة الخاضعة للسيادة الوطنية والتي يبلغ عرضها 370 كيلومترا أو تمتد حتى 200 ميل بحري، طبقا لبنود قانون البحار الصادر عن منظمة الأمم المتحدة في عام 1982. وطبقا لهذا القانون يحق للدولة الساحلية أن تستكشف وتستغل المنطقة الاقتصادية الحصرية، كما أنها مسئولة عن إدارة هذه المنطقة والمحافظة عليها، بما تحتوي من موارد حية أو غير حية. المناطق الاقتصادية الحصرية هي المناطق الرئيسية لممارسة ونشر الاستزراع البحري بدءا من المناطق الساحلية وحتى المحيط المفتوح. وتمتلك العديد من الدول مناطق اقتصادية حصرية شاسعة ضمن حدودها الإقليمية، كما تمتلك أقطار كثيرة أخرى مناطق اقتصادية حصرية إضافية تابعة لمستعمراتها وممتلكاتها عبر البحار. ولذلك فإن فرص التوسع في الاستزراع البحري في المناطق الاقتصادية الحصرية بلا حدود. إلا أن المشكلات الحالية المتعلقة بالتقنيات الخاصة بالعمق والظروف البحرية، وكذلك التنافس بين المستخدمين تحد من استخدام المناطق المتاحة. ولكن لا تبدو هناك أية علاقة بين المناطق الحصرية الرئيسية للدول الرئيسية في إنتاج الاستزراع البحري وإنتاج هذه الدول في عام 2004 (شكل 1-4). يتراوح إنتاج الكيلومتر الواحد من المنطقة الاقتصادية الحصرية من 25 طن في الصين إلى 0,02 طن في كندا.

شكل 1-3. توجهات إنتاج الاستزراع البحري طبقا لمجموعة (ISCAAP)



المصدر: FAO (2006a)

شكل 1-4. إنتاج الاستزراع البحري في عام 2004 والمنطقة الاقتصادية الحصرية (بدون الصين)



المصدر: FAO (2006a)

1-2-5 تنمية وإدارة الاستزراع البحري

توجد مراجع كثيرة حول تنمية وإدارة الاستزراع البحري تغطي الجوانب الفنية، الاجتماعية، الاقتصادية، وخاصة الجوانب البيئية في إطار الإدارة الساحلية المتكاملة (GESAMP, 2001). كما تمنح "مدونة السلوك بشأن الصيد المسئول" (Code of Conduct for Responsible Fisheries) أفضل نقطة للبداية الصحيحة لفهم القضايا الرئيسية للاستزراع المائي والحلول الممكنة على المستوى القومي والدولي. كما أن "الإرشادات الفنية حول المصايد المسئولة" (Technical Guidelines for Responsible Fisheries) الصادرة عن منظمة الأغذية والزراعة (FAO,

1997) تكمل مدونة السلوك بشأن الصيد المسئول من خلال مناقشة المادة 9 من المدونة والتي تختص بتنمية الاستزراع المائي. كما يضع إعلان بانكوك، الصادر عن مؤتمر الاستزراع المائي في الألفية الثالثة (Subasinghe *et al.*, 2000)، استراتيجية للتنمية خلال عقدين من الزمن.

وقد ركزت بعض المؤتمرات والكتب الصادرة عنها على البحوث التطبيقية في تقنيات الاستزراع البحري والأنواع المستزرعة (مثل مؤتمر: الاستزراع البحري اليوم وغدا (Basurco and Sarologia, 2002). إلا أن مؤتمرات أخرى مثل "الاستزراع المائي في المياه المفتوحة: من البحث إلى الحقيقة التجارية" (Bridger and Costa-Pierce, 2003)، "استزراع البحار العميقة" (Ryan, 2004)، "مستقبل الاستزراع البحري: توجه إقليمي للتنمية المسئولة للاستزراع البحري في إقليم آسيا والمحيط الهادي" (FAO/NACA تحت الطبع) و "الاستزراع البحري بعيدا عن الشاطئ 2006" (http://www.offshoremariculture.com) قد تعاملت مع موضوعات تنموية هامة مثل قضايا السياسات، المؤسسات، القضايا الاجتماعية والاقتصادية، الهندسة، البيئة، الأنواع المقترحة للاستزراع والدعم اللوجستي والتشغيل.

وقد انعكست الفوارق في سياق تنمية الاستزراع البحري على التباين الكبير في الإنتاج بين الدول المختلفة (القسم 1-2-2). ولذلك فإن الاعتبار الهام هو أنه على الرغم من أن العديد من القضايا تتشابه بين الدول فإن كل دولة تضع الحلول والوسائل التنموية الخاصة بها. كما أن الاعتبار الأخر هو العقلانية في استخدام نظم المعلومات الجغرافية، الاستشعار من بعد والتخريط، حيث أن العديد من قضايا تنمية وإدارة الاستزراع البحري تشتمل على مضامين جغرافية وفضائية.

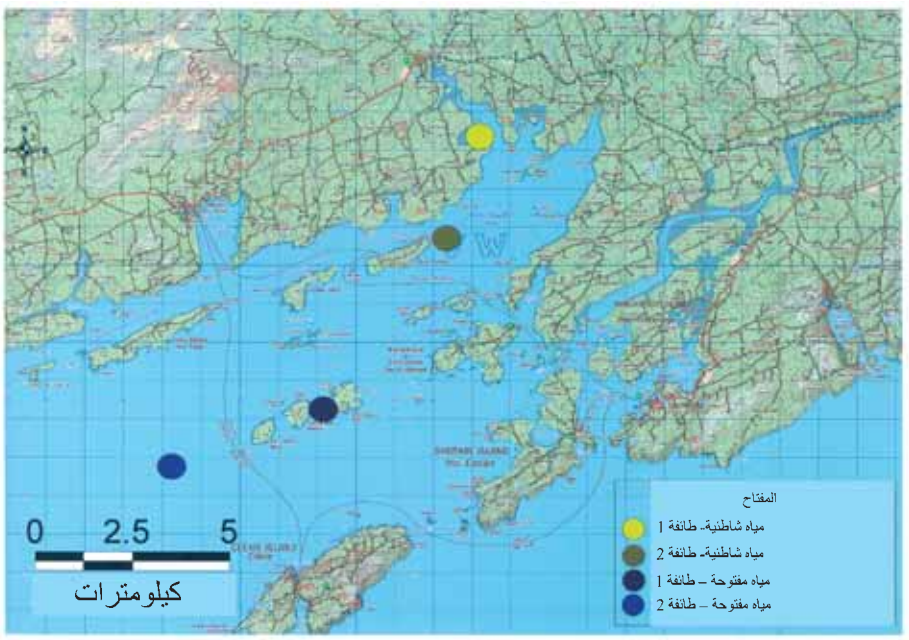
3-1 المضمون الفراغي للأمور التي تحدد الاستزراع البحري قريبا من الشاطئ أو بعيدا عنه

1-3-1 العالم القريب من الشاطئ والعالم البعيد عنه

عند التعامل مع الاستزراع البحري تبرز منطقتان بيئيتان هما البيئة القريبة من الشاطئ والبيئة البعيدة عن الشاطئ أو ما يسمى بالبحر المفتوح. وتتميز كل بيئة من هاتين البيئتين بخصائص وقضايا تختلف عن الأخرى من حيث الأهمية. حدد رايان (Ryan 2004) "المنطقة البعيدة عن الشاطئ" من حيث علاقتها بالمسافة من الشاطئ التي تلازم طاقة الأمواج المتزايدة أو الافتقاد للحماية؛ إلا أنه لم يتم وضع تعريف دقيق حتى الآن. وفيما يتعلق بخصائص الأقفاص حدد رايان (Ryan *op cit.*) أربع مجموعات من المواقع؛ اثنتان منها للأنظمة البعيدة عن الشاطئ واثنتان للأنواع القريبة من الشاطئ (شكل 1-5).

وبالمثل بين بريدجر وآخرون (Bridger *et al.* 2003) أربع رتب لمواقع الاستزراع البحري طبقا لدرجة التعرض: 1) منشآت مقامة على الأرض، 2) البيئات الساحلية (الخلجان والفيوردات المحمية)، 3) المواقع الظاهرة و 4) المواقع البعيدة عن الشاطئ. كما قارن Muir (2004) بين الاستزراع المائي الساحلي والاستزراع المائي في المياه البعيدة عن الشاطئ استنادا إلى أربعة معايير تتضمن الموقع/الهيدروجرافيا، البيئة، حق الوصول والاستخدام للموقع والتشغيل (جدول 1-1)، مع الإشارة إلى ضرورة التركيز على درجة التعرض وظروف التشغيل. كذلك قدم بووث وود (Booth and Wood 2004) وصفا عاما يحدد المنطقة الشاطئية بأنها المنطقة التي يمكن رؤيتها من اليابسة (مثل المنطقة بين المدية، الخلجان ومصبات الأنهار)، أما المناطق البعيدة عن الشاطئ فهي المناطق التي لا يمكن رؤيتها من اليابسة. ومن منظور تخيلي تعتبر المنطقة الشاطئية (nearshore) والمناطق المفتوحة (offshore) مؤشرا عاما على الحيز المائي المستخدم في الاستزراع البحري. إلا أن استخدام التحليل الفضائي يتيح لنا تحديد المواقع الصالحة للاستزراع المائي بدقة أكبر، كما يتيح التنبؤ بمتطلبات الإدارة. وفي الحقيقة فإن متطلبات الأنواع المستزرعة، منشآت الاستزراع، المنشآت المدعمة للشاطئي وحق الوصول والاستخدام للماء تحدد جميعها قدرة وإمكانية الاستزراع البحري. ومن هذا المنطلق فإن البعد عن الشاطئ (offshore) والقرب من الشاطئ (nearshore) لا معنى لهما.

شكل 1-5. أنواع الأقفاص المحتمل وجودها في المواقع ذات الرتب 1-4.



الطائفة	1	2	3	4
توصيف الموقع (ومدى تعرضه للعوامل الخارجية)	موقع شاطئي محمي	موقع شاطئي شبه معرض	موقع معرض بعيد عن الشاطئ	موقع محيطي بعيد عن الشاطئ
نوع القفص المستخدم	الجاذبية السطحية	الجاذبية السطحية	الجاذبية السطحية الشد بالخطاطيف	الجاذبية السطحية الشد بالخطاطيف الجاذبية المغمورة مغمور صلب

المصدر: Ryan (2004)

جدول 1-1. خصائص الاستزراع المائي في المياه الشاطئية والمياه المفتوحة

خصائص الاستزراع	في المياه الشاطئية	في المياه المفتوحة
الموقع/الهيدوجرافيا	0،05- 3 كم، العمق 10-50 مترا؛ منطقة مرئية وعادة شبه محمية	+ 2 كم، عادة في مناطق الرصيف القاري، ربما في المياه المفتوحة
البيئة	ارتفاع الموجة المؤثر <= 3-4 متر، عادة <= 1 متر، هبوب الرياح لفترة قصيرة، تيارات ساحلية موضعية، احتمال تدفقات مائية مدية	ارتفاع الموجة المؤثر 5 أمتار أو أكثر، عادة 2-3 مترا، فترات رياح مختلفة، تأثير التيارات الموضعية أقل.
إمكانية الوصول	ممكن بنسبة >95% على الأقل بمعدل يومي، النزول ممكن عادة	عادة >80% ممكن، ربما يكون النزول ممكنا، دوري مثلا كل 3-10 أيام
التشغيل	منتظم، أعمال التغذية، الرصد، الخ، يدوية	تشغيل من بعد، تغذية ذاتية (أوتوماتيكية)، رصد من بعد، العمل داخل نظام

ارتفاع الموجة المؤثر هو مصطلح في علوم البحار، يساوي تقريبا متوسط ثلث أعلى الأمواج.

المصدر: Muir (2004)

2-3-1 قضايا المناطق القريبة من الشاطئ والبعيدة عن الشاطئ

لقد تم مؤخرا استعراض القضايا المرتبطة بالاستزراع البحري عامة (Marine Aquaculture Task Force, 2007) والاستزراع في المياه المفتوحة على وجه الخصوص (Stickney *et al.*, 2006).

إننا نعتقد أن أفضل التوجهات لتطبيق نظم المعلومات الجغرافية، الاستشعار من بعد والتخريط في تنمية وإدارة الاستزراع البحري هو تقييم القضايا أولا ثم تحديد المدى الذي يمكن عنده استخدام هذه الأدوات لمواجهة هذه القضايا. وقد وضع (Kapetsky and Aguilar-Manjarrez, 2004) إطارا حول القضايا المتعلقة بالاستزراع المائي، كما قاما بتقييم مدى التقدم في تطبيق نظم المعلومات الجغرافية. وقد تم تقسيم القضايا إلى مجموعات هي: (1) التنمية، (2) ممارسة وتنمية الاستزراع المائي، و (3) التنمية والإدارة متعددة القطاعات، بما في ذلك الاستزراع المائي.

لا تختلف القضايا المتعلقة بالبيئات الساحلية والبيئات المفتوحة كثيرا من حيث النوع, ولكن الاختلاف يكمن في الدرجة. وينعكس هذا على تبرير نقل الاستزراع المائي إلى المناطق البعيدة عن الشاطئ. ويجب في الأساس تحجيم أو حل أهم المشكلات الملحة الموجودة في المناطق الساحلية (جدول 1-2). ومن بين الأمور التي يجب أخذها في الاعتبار تقليل أثر الاستزراع المائي على البيئة الساحلية (جدول 1-3)، الحاجة إلى حيز مكاني أكبر لاستيعاب منشآت الاستزراع المائي الاقتصادية الكبيرة في المياه المفتوحة، إقلال التنافس والتعارض مع المستخدمين الآخرين، الحد من الآثار المرئية وتحسين خواص المياه. وفيما يتعلق بالأمر الأخير، يشير رايان (2004) إلى تغيير للماء أكبر من المناطق القريبة من الشاطئ، بسبب الرياح والأمواج والتيارات المدية التي تؤدي إلى تشتت مخلفات الاستزراع المائي وتقلل من فرص حدوث الإصابة بالطفيليات الخارجية. كما يعتبر ثبات درجة الحرارة في المياه المفتوحة أحد المزايا الأخرى للاستزراع المائي. إلا أن عيوب الاستزراع البحري بعيدا عن الشاطئ أصبحت من القضايا الهامة. ومن بين هذه العيوب عدم وجود حماية وبالتالي الحاجة لإقامة هياكل للوقاية من الطقس، بعد المسافة مما يؤدي إلى زيادة تكلفة نقل العلف، الخدمات والصيانة والرصد والتأمين للمنشآت البعيدة عن الشاطئ.

القضايا الفضائية في المناطق القريبة من الشاطئ تتعامل مع مشاكل تاريخية وواقعية ناتجة عن منشآت الاستزراع المائي الموجودة. أما قضايا الاستزراع المائي بعيدا عن الشاطئ، الذي ما زال في بداياته الأولى، فإنها قضايا يمكن الإحساس بها وحدوثها. الكثير من منشآت الاستزراع المائي الشاطئية، خاصة مزارع الرخويات، لا يمكن نقلها بسهولة إلى المياه المفتوحة باستخدام التقنيات المتاحة حاليا. ولذلك لابد من مواجهة مشكلات الاستزراع المائي في المناطق الشاطئية إذا ما أريد التوسع فيه هناك. ومن هنا فإن إدراك المزايا وتجنب المساوئ يتطلب تخطيطا تفصيليا متطورا مع الاهتمام الكبير بمعايير اختيار المكان.

3-3-1 التخطيط المتطور للاستزراع البحري

في إطار وضع سياسة للاستزراع المائي في المياه المفتوحة بالولايات المتحدة الأمريكية وجد سيسين سان وآخرون (Cicin-Sain *et al.*, 2001) أن أحد أهم المشاكل هي التعارض بين مزارعي الأسماك والمستخدمين الآخرين للمياه الشاطئية مثل الملاحة البحرية، الصيد، السياحة وحماية المناطق الطبيعية. ولذلك فمن المهم وضع مجموعة من المعايير لاختيار مواقع الاستزراع المائي بما يحد من فرص حدوث هذه التعارضات مستقبلا. ففي مراحل مبكرة من تنظيم قطاع الاستزراع المائي في العديد من الدول (مثل شيلي والنرويج) تم ضع إجراء رسمي لتحديد "المناطق المناسبة للاستزراع المائي".

وبناء على ذلك، نصح سيسين سان وآخرون (Cicin-Sain *et al.*, 2005) بوضع هيكل تشغيلي لتنمية الاستزراع البحري في المياه المحيطية الفيدرالية للولايات المتحدة الأمريكية. كما أكدوا على أن المزارع المائية المحيطية تحتاج إلى استثمارات تصل إلى ملايين الدولارات. كما أشاروا إلى أن اختيار الموقع استنادا إلى معلومات خاطئة أو غير كافية قد يؤدي إلى تعطيل التنفيذ، التدهور البيئي، خفض الإنتاج، مشاكل في التأجير والترخيص والمتطلبات الإدارية الأخرى، مما قد يؤدي في النهاية إلى فشل المشروع. وفي هذا الصدد اقترح هؤلاء العلماء إجراء

مسح جوي شامل للمناطق البعيدة عن الشاطئ لتحديد المواقع الملائمة للاستزراع المائي والأنشطة الأخرى في هذه المناطق، كما أوصوا بوضع خطة تفصيلية لتحديد المناطق البحرية استنادا إلى هذا المسح الجوي.

كما أبرز هؤلاء العلماء الحاجة إلى عدد من البدائل عند اختيار مواقع الاستزراع المائي في المناطق المفتوحة، تستدعي جهدا كبيرا مختلفا وتحديدا جغرافيا دقيقا. تتضمن هذه البدائل:

- تحديد مناطق محددة للإيجار أو حق الانتفاع بهدف الاستزراع المائي.
- تخصيص المنطقة، أو التصريح المسبق باستخدامها، في الاستزراع المائي.
- تحديد المناطق ذات الاستخدامات المتنوعة.
- متنزهات الاستزراع البحري.

توجد العديد من المستويات عند تحديد مناطق الاستزراع البحري تتراوح بين مناطق تتصف بقليل من محاذير الاستخدام (مثل الاستخدامات التجارية المعقولة التي تشمل الاستزراع المائي، الشحن البحري، الصيد بالجر، مع حظر التعدين والتنقيب عن البترول) ومناطق تتصف بالعديد من المحاذير، تأتي في مقدمتها المناطق المحمية والتي يجب أن تظل بلا إزعاج.

جدول 1-2. مقارنة بين استراتيجيات الاستزراع البحري طبقا لدرجة تعرض المنشأة إلى الظروف البحرية الطبيعية والعواصف (Bridger *et al*., 2003)، مع تعديلات بناء على اتصالات شخصية مع (M. Beveridge and D. Soto).

الموقع	المزايا	العيوب
منشآت قائمة على الأرض	- التحكم في جودة الماء - عزل المنشأة عن المناطق المأهولة غير مطلوب - الحماية الكاملة من العواصف	- قلة الحيز المكاني - تكاليف استثمارية مرتفعة
البيئة الساحلية الخلجان والفيوردات المحمية	تكاليف استثمارية أقل - محمية من معظم الظواهر والعناصر الطبيعية - إمكانية المتابعة بتكاليف قليلة	احتمال التلوث الذاتي - إمكانية التوسع محدودة - العزل مطلوب للحماية من التلوث الناتج عن الأنشطة الأدمي الساحلي - التنافس بين المستخدمين بالقرب من الشاطئ
المواقع الظاهرة (المعرضة)	- استخدام البيئات غير المستغلة في السابق - إمداد جيد ومستمر من الماء - الحماية البصرية ممكنة من أرض مجاورة - تأثير بيئي محدود (Soto)	- التعرض للظواهر والعوامل الطبيعية المدمرة - قلة الحيز المكاني بالقرب من الشاطئ - التنافس بين المستخدمين بالقرب من الشاطئ - زيادة البنية التحتية مع زيادة التعرض - تعتمد أكثر على الميكنة

المواقع البعيدة عن الشاطئ	- تناقص التنافس بين المستخدمين مع زيادة المسافة من الشاطئ - إمداد ثابت من الماء- نظام تيارات جيد يؤدي إلى إنتاج أسماك عالية الجودة (Beveridge) - قلة احتمال ظهور التجمعات الطحلبية السامة مع فرصة وسرعة مرورها بسبب التيارات الشديدة (Beveridge) - الإمكانية الكبيرة للتوسع	- معرضة للظروف الطبيعية بدون أي حماية من الجانبين - زيادة التكاليف الاستثمارية المصاحبة للاستخدام الزائد للتكنولوجيا والميكنة - الحاجة إلى أطقم عمل مدربة ومكلفة، بما في ذلك الغواصون والعمال القادرون على تشغيل القوارب الكبيرة والمعقدة (Beveridge) - قد يكون معامل التحول الغذائي فقيرا إذا كانت التيارات المائية قوية، إلا أن جودة لحم الأسماك (قلة الدهون) قد تتحسن، مما يؤدي إلى أسعار أفضل (Beveridge) - الحاجة إلى استثمارات عالية لضمان الجدوى الاقتصادية - الانعزال الكامل عن الشاطئ وعدم وجود أي أرض قريبة - مخاطر هروب الأسماك (Soto)

جدول 1-3. القضايا البيئية الرئيسية المصاحبة للاستزراع المائي

القضية	الخصائص الرئيسية
المخلفات وتركيز المواد المغذية	بقايا المخلفات الصلبة، الفيتامينات، الأملاح، التربية/الأمراض، المواد الكيماوية، المضادات الحيوية؛ آثار المخلفات على الكائنات القاعية المجاورة وعلى عامود الماء؛ وعلى تنوع الأنواع والتجمعات، معاملات الجودة، وتحفيز ظهور التجمعات الطحلبية السامة
تبادل المياه	دفق الماء خلال الأقفاص، الحظائر أو المنشآت الأخرى؛ الكميات المطلوبة، تأثيرات المنع، التخفيف بمخلفات "منخفضة الرتبة" بتركيزات تكفي لخفض الجودة المطلوبة، إلا أنها قليلة للمعالجة البسيطة
هروب المخزونات السمكية	من النظم التي حدث بها أذى، أو عن طريق الفيضان أو ستائر وشباك الصرف غير الفعالة؛ احتمال التنافس مع/ التلوث الوراثي للمخزونات المحلية، نقل الأمراض، خفض التنوع الحيوي بشكل مباشر أو غير مباشر
الافتراس بواسطة الأنواع الحساسة من حيث الحفاظ عليها	يعرض المخزونات المستزرعة للأذى، الفقد، والأمراض المرتبطة بالإجهاد، يحتاج للمراقبة بدون تجاهل قضايا الحفاظ على الموارد
زيادة الطلب على مراقبة ما قبل الإنضباب	يتطلب توجها احترازيا أو حتى "توجه الاحتمال صفر" للتنمية القائمة أو المرتقبة، تضمين الإدراك التوقعي للعمليات والمخاطر، والاستعداد للمخاطر البيئية حتى ولو كانت قليلة جدا

المصدر: Muir (2004)

1-4 مقدمة عن نظم المعلومات الجغرافية، الاستشعار من بعد والتخريط

1-4-1 تنمية وإدارة الاستزراع البحري من منظور مكاني

تلعب نظم المعلومات الجغرافية، الاستشعار من بعد والتخريط دورا في جميع الأمور الجغرافية والفضائية المتعلقة بتنمية وإدارة الاستزراع البحري. فيستخدم الاستشعار من بعد باستخدام الأقمار الصناعية والمجسات الهوائية والأرضية وتحت المائية في الحصول على الكثير من البيانات حول المناطق الشاطئية والمفتوحة خاصة البيانات المتعلقة بدرجة الحرارة، سرعة التيار, ارتفاع الموجة، تركيز الكلوروفيل واستخدام الأرض والماء. أما نظم المعلومات الجغرافية فتستخدم في تقييم الصلاحية لتنمية الاستزراع المائي وكذلك في وضع إطار لإدارة الاستزراع المائي. ويمكن النظر إلى " الصلاحية لتنمية الاستزراع المائي" و "إطار إدارة الاستزراع المائي" من مستويين. المستوى الأول هو متطلبات ممارسة الاستزراع المائي بمفرده. أما المستوى الثاني فهو وضع

الاستزراع المائي ضمن الاستخدامات الأخرى للأرض والماء. ولتحقيق هذه المهام التنموية والإدارية يجري معالجة وتحليل جميع البيانات المرتبطة بمعايير محددة والواردة من جميع المصادر وذلك باستخدام نظم المعلومات الجغرافية بهدف تسهيل اتخاذ القرار.

من منظور جغرافي، تستلزم تنمية وإدارة الاستزراع البحري الحصول على ثلاث مجموعات من البيانات، هي: (1) مدى صلاحية البيئة للأنواع النباتية والحيوانية المزمع استزراعها؛ (2) مدى صلاحية البيئة لإقامة منشآت الاستزراع؛ (3) الوصول للماء وحق الاستخدام. ومن بين هذه المعلومات يعتبر" الوصول وحق الاستخدام" الأكثر عمومية وتعقيدا. فالوصول للموقع وحق الاستخدام يستلزم الأخذ في الاعتبار التشريعات الإدارية والمنافسة في استخدام القاع، تحت القاع، عامود الماء، سطح الماء والأرض (الأخيرة عند اختيار موقع المنشآت المدعمة للاستزراع المائي الساحلي أو منشآت الاستزراع المقامة على الأرض). كما أنه يحدد تكاليف المواقع المساعدة (من حيث الزمن والمسافة) وجغرافية الأسواق للمنتجات المستزرعة.

ويجب التأكيد على أن نظم المعلومات الجغرافية غير معزولة عن الاقتصاد. بل على العكس، تؤدي الدراسات التي تستند على نظم المعلومات الجغرافية والتي يشارك فيها اقتصاديون أو مخرجات ذات تفسير اقتصادي إلى أفضل النتائج.

توجد سبعة مستويات لتحديد مناطق الاستزراع المائي تتراوح بين مناطق تتصف بقليل من محاذير الاستخدام (مثل الاستخدامات التجارية المعقولة التي تشمل الاستزراع المائي، الشحن البحري، الصيد بالجر، مع حظر التعدين والتنقيب عن البترول) ومناطق تتصف بالعديد من المحاذير، تأتي في مقدمتها المناطق المحمية والتي يجب أن تظل بلا إزعاج.

2- استعراض دور نظم المعلومات الجغرافية، الاستشعار من بعد والتخريط في البيئة البحرية وقطاع المصايد

يهدف هذا الجزء إلى تقديم مراجعة مختصرة عن تطور نظم المعلومات الجغرافية واستخداماتها في البيئة البحرية بصورة عامة، وفي قطاع المصايد على وجه الخصوص. فنظم المعلومات الجغرافية التي تستهدف الاستزراع المائي تعتمد بشكل جوهري على البيانات والتقنيات المطبقة في أغراض أخرى. كما تمهد هذه المراجعات لمراجعات أخرى أكثر تفصيلا حول التطبيقات التي تعالج قضايا محددة في مجال الاستزراع البحري (الجزء 3).

2-1 تاريخ نظم المعلومات الجغرافية

تعود جذور نظم المعلومات الجغرافية إلى حوالي 2 500 عام مضت، حيث كان أساسها في الاستكشافات الجغرافية، البحوث وبناء النظريات. وفي بداية الستينات بدأت صياغة المعلومات الجغرافية المجمعة في الحاسب الآلي حتى يمكن إدخال، تخزين، تحرير البيانات واستعادتها كمدخلات، تحليل وإخراج معلومات الموارد الطبيعية. وكان أول نظام للمعلومات هو نظام المعلومات الجغرافية الكندي، الذي يعتبر بداية لمجهودات دولية كبيرة لصياغة الأسس الجغرافية وتحويلها إلى الشكل الآلي بهدف حل المشكلات الفضائية. وبعد مرور أكثر من 40 عاما من التطوير أصبحت نظم المعلومات الجغرافية الآن وسيلة هامة لمعالجة المشكلات الجغرافية في مجالات عديدية بعيدا عن الموارد الطبيعية (DeMers, 2003).

2-2 استخدام نظم المعلومات الجغرافية في البيئة البحرية

لقد كان استخدام نظم المعلومات الجغرافية في مجال البيئة البحرية منصبا في الأساس على التطوير بهدف إبراز صور متعددة من التطبيقات. على سبيل المثال، قدم رايت وبارليت (Wright and Bartlett, 2000) القضايا التخيلية، الفنية والمؤسسية إضافة إلى العديد من التطبيقات في جزء تحريري. كما تعامل رايت (Wright, 2002) مع المناطق الساحلية والمياه المحيطية مع التركيز على التطبيقات العمومية لنظم المعلومات الجغرافية، بما فيها التصوير الجوي والبصري، مسح الخرائط إليكترونيا وتقديم الخرائط والبيانات من خلال الإنترنت. كما قام بريمان (Breman, 2002) بتجميع عدد من الفصول تستعرض تطورات استخدام نظم المعلومات الجغرافية في مجالات علوم البحار المختلفة. وقد تم ترتيب التطبيقات حسب مناطق المحيطات. يتعامل أحد هذه الفصول مع تقييم وإدارة المصايد، في حين يتعامل فصل آخر مع "نموذج ArcGIS للمعلومات البحرية" (Bremen, Wright, and Halpin, 2002). يهدف هذا النموذج إلى تقديم هيكل متكامل يمكن أن يمثل الطبيعة الديناميكية للعمليات المائية تمثيلا دقيقا. وقد تمت تغطية "نموذج البيانات البحرية" بالتفصيل في الجزء السادس (اتخاذ القرار وأدوات النمذجة في نظم المعلومات الجغرافية).

2-3 مطبوعات نظم المعلومات الجغرافية، الاستشعار من بعد والتخريط في مجال المصايد

تطبيقات نظم المعلومات الجغرافية، الاستشعار من بعد والتخريط في قطاع المصايد مهمة في مجال الاستزراع البحري لسببين هما: (1) المصلحة العامة والاستخدام العام لمعظم البيانات ذات المصلحة (مثل البيئة، والأنواع المستخدمة في الصيد أو في الاستزراع المائي)، وبالتالي ربما تكون تقنيات التحليل متقاربة أو متماثلة، ولذلك فهي مفيدة للاستزراع المائي. فعلى سبيل المثال، الإجراءات والبيانات المستخدمة في خلق موئل رئيسي للأسماك فضائيا مماثلة لتلك المستخدمة

لتحديد الموقع المثالي للاستزراع المائي. (2) نظم المعلومات الجغرافية التي تقتصر على إدارة الاستزراع المائي بمفرده أو على المصايد بمفردها ربما لا تكون فعالة في نفس المدى الجغرافي أو الإداري، وبالتالي فإنها تتجاهل أحد أهم مزايا نظم المعلومات الجغرافية وهي تطوير الفهم والربط بين التخصصات المختلفة. وبالتالي فقد تم عرض تطورات تطبيق نظم المعلومات الجغرافية والاستشعار من بعد في المصايد والاستزراع المائي بترتيب زمني باعتبارهما حجر الزاوية.

يتعامل أحد الأجزاء مع تحليل الخبرة والتجربة المكتسبة الموجودة في صورة مراجعات وكتيبات توضيحية (كتالوجات) وذلك بهدف استرجاع البيانات والمعلومات المختلفة. ولإبراز مدى هذه الخبرة يتعامل فصل آخر مع المؤتمرات، الندوات وورش العمل ومواقع الإنترنت.

2-3-1 المراجعات والكتيبات التوضيحية

نظرا للحاجة الملحة لمعرفة الموارد السمكية في إطار التنمية المتكاملة للمناطق الساحلية، وعلاقة ذلك مع تنوع المستخدمين في المناطق الاقتصادية الحصرية، فقد قام بوتلر وآخرون (Butler *et al*., 1987) بإصدار كتيب إرشادي لمصلحة منظمة الأغذية والزراعة، يتضمن الأسس والإرشادات العملية لعلم الخرائط، ويستهدف المعنيين في الدول النامية في المقام الأول. ومن منظور إمكانية الاستشعار من بعد في مساعدة الصيادين، علماء ومديري المصايد وشركات الصيد التجاري، فقد أعد بوتلر وآخرون (Butler *et al*., 1988) كتيبا مختصرا في صورة مقدمة عن تطبيقات تقنيات الاستشعار من بعد في مجال المصايد. أما سيمبسون (Simpson, 1994) فقد تعامل بالتفصيل مع إمكانات الاستشعار من بعد ونظم المعلومات الجغرافية في مجال المصايد البحرية، مما مهد الطريق لاتجاه التطبيقات المستقبلية.

وحتى يتم فهم المحيط والتخطيط لمواجهة التغيرات المتزايدة في استخدامه، خاصة فيما يتعلق بالبنية التحتية والأنماط الاجتماعية والاقتصادية، المرتبطة بالأسماك والموارد السمكية، فقد أعدت "مصلحة إدارة المصايد والمحافظة عليها" بمنظمة الأغذية والزراعة استعراضا مرجعيا تفصيليا حول تطبيقات نظم المعلومات الجغرافية في المصايد البحرية (Meaden and Do Chi, 1996). كما أعدت "مصلحة إدارة الاستزراع المائي والمحافظة عليه" استعراضا مرجعيا تفصيليا (Meaden and Kapetsky, 1991) يهدف إلى النهوض باستخدام نظم المعلومات الجغرافية والاستشعار من بعد في الاستزراع المائي والمصايد الداخلية في الدول النامية, بغرض المحافظة على التوازن بين التقنيات والتطبيقات. وفي سياق التطبيقات في مجال الاستزراع المائي، حدد ناث وآخرون (Nath *et al*., 2000) معوقات تطبيق نظم المعلومات الجغرافية، كما وضعوا إطارا من سبع مراحل لتطوير نظم المعلومات الجغرافية بما في ذلك الأفراد، الأنشطة والإجراءات التحليلية.

استعرض فالفانيس (2002) تطبيقات نظم المعلومات الجغرافية في مجال علوم البحار والمصايد من منظور عالمي، أولا من خلال عرض القضايا التخيلية، العملية والمؤسسية في تطبيق نظم المعلومات الجغرافية في البيئة البحرية. بعد ذلك استخدم نظم المعلومات الجغرافية في علوم البحار والمصايد بشكل مستقل. وفي الفصل الخاص بالمصايد تم الحديث باختصار عن تطبيقات نظم المعلومات الجغرافية في الاستزراع المائي، خاصة فيما يتعلق بإمكانات الاستزراع المائي واختيار الموقع.

وقد أعدت "مصلحة إدارة المصايد والمحافظة عليها" بمنظمة الأغذية والزراعة دليلا عمليا توضيحيا للتدريب على استخدام نظم المعلومات الجغرافية في المصايد البحرية (De Graaf *et al*., 2003). وقد تم ذلك باستخدام دراسات حالة تتعامل مع كل من المصايد الداخلية والمصايد البحرية، بهدف مواجهة الحاجة الملحة للعاملين بقطاع المصايد للقيام بهذه التطبيقات بأنفسهم.

فيشر وراهيل (Fisher and Rahel, 2004) هما المحرران للمطبوعة المعنونة "نظم المعلومات الجغرافية في المصايد" التي تجدر الإشارة لها من جوانب عدة: (1) أحد الفصول يغطي بعناية التحديات الفكرية والنظرية التي تواجه تطوير نظم المعلومات الجغرافية في مجال البيئات البحرية (Meaden, 2004) (انظر أسفل)، كما تتم معالجة استخدام نظم المعلومات الجغرافية فى تطبيقات المصايد الداخلية والمصايد البحرية. وقد تم فى هذا السياق ترتيب الفصول

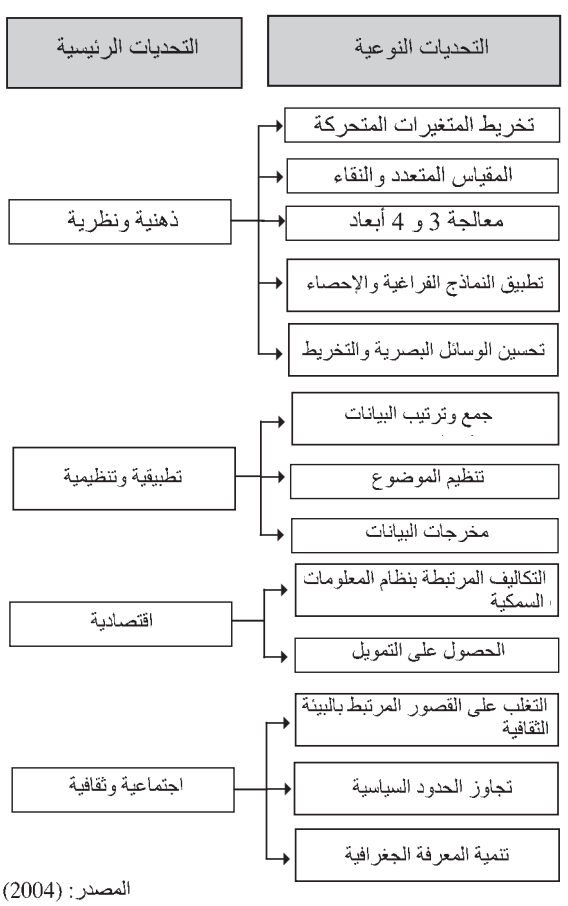
طبقا لبيئة المصايد المعنية (مثل البحيرات والمناطق البعيدة عن الشاطئ). كما أن فصلا آخر يغطي تطبيقات نظم المعلومات الجغرافية في الاستزراع المائي (Kapetsky, 2004).

تتدرج التحديات التشغيلية التي تواجه نظم المعلومات الجغرافية السمكية وتعيق حل المشكلات- كما أشار (Meaden, 2004)- تحت أربع مجموعات رئيسية هي: (1) فكرية ونظرية، (2) تطبيقية وتنظيمية، (3) اقتصادية، و (4) اجتماعية وثقافية. أما التحديات النوعية فيلخصها الشكل 2-1.

وسوف يعتمد التوسع في استخدام نظم المعلومات الجغرافية في المصايد على التقدم في تحقيق الآتي (Meaden, *op cit.*):

- خفض تكلفة البيانات (الحصول على البيانات بسهولة).
- نشر تقنيات تجميع البيانات.
- التنظيم الجيد للممارسين على المستوى الدولي.
- ربط المؤسسات بعضها ببعض.
- عقد المؤتمرات على المستوى الإقليمي.
- عرض أمثلة للتطبيقات في مطبوعات معترف بها.
- مشروعات في صورة أمثلة لإيضاح الخصائص التحليلية والاستعراضية.
- المعايرة القياسية الدولية لأشكال تجميع البيانات.
- تطوير نظم المعلومات الجغرافية ثلاثية الأبعاد ورباعية الأبعاد، وكذلك هياكل تخزين ونمذجة البيانات.
- تيسير الحصول على مصادر المعلومات البحرية.

شكل 2-1. مجمةعات التحديات التي تواجه نظام المعلومات الجغرافية السمكية



المصدر: Meaden (2004)

يعتبر التحليل الإحصائي جزءا هاما في جغرافية الاستزراع البحري. وقد استعرض ميدين (Meaden, 2004) باختصار الإحصاء الفضائي، النمذجة الفضائية والنمذجة. يرى هذا العالم أن نظم المعلومات الجغرافية تعتبر الركيزة التي يستند عليها تقييم واختبار النماذج. وطبقا لهذا العالم (Meaden, *op cit.*) هناك تحديان رياضيان اثنان على الأقل يواجهان نمذجة بيانات المصايد. أحد هذين التحديين هو الارتباط الآلي الفضائي أما الآخر فهو تأمين الدلالة الإحصائية.

وقد استعرض بووث (Booth, 2004) بالتفصيل أسس وتطبيقات الإحصاء الفضائي في العلوم المائية وكذلك العلاقة بين نظم المعلومات الجغرافية في بحوث المصايد والإحصاء الفضائي. كذلك استعرض بووث وود (Booth and Wood, 2004) تطبيقات نظم المعلومات الجغرافية في مصايد المياه المفتوحة، ولخصا التقنيات المتاحة للتحليل، وذلك في سياق استعراض التطبيقات في مجال بحوث وإدارة المصايد.

كما استعرض فيشر (Fisher, in press) الطرق التي تم من خلالها تطبيق نظم المعلومات الجغرافية في المصايد، كما ورد في البحوث المنشورة في الدوريات العلمية. وقد خلص المؤلف إلى أن استخدام نظم المعلومات الجغرافية أصبح أكثر تعقيدا؛ إلا أن التطبيقات تستهدف اساسا البيئات والكائنات، بينما لم يحظ البعد الإنساني إلا على قدر طفيف من الاهتمام.

2-3-2 المؤتمرات، ورش العمل والإنترنت

تعتبر الكتب الصادرة عن مؤتمرات نظم المعلومات الجغرافية، وتقارير ورش العمل مصادر هامة لأمثلة التطبيقات التي ترتبط مباشرة بالاستزراع البحري. ففي سياق استعراض توجه نظم المعلومات الجغرافية في مجال المصايد، وجد فيشر (تحت الطبع) أن 35 بحثا من إجمالي 100 بحث محكم ومنشور بعد عام 1999 كانت من كتاب مؤتمر واحد. وقد صارت الخبرات المكتسبة في نظم المعلومات الجغرافية السمكية، الاستشعار من بعد والتخريط متاحة من خلال مبادرة "المجموعة البحثية في نظم المعلومات الجغرافية في المصايد" التي قامت بتنظيم ثلاثة مؤتمرات ونشر كتب مؤتمرين منهم وما زال كتاب المؤتمر الثالث في طور الإعداد (Nishida, Kailola and Hollingworth, 2001; 2004; in press). ولكن لسوء الحظ كان تمثيل تطبيقات الاستزراع المائي فقيرا في هذه المؤتمرات. كما قام Taconet and Bensch (2000) باستعراض ومراجعة 16 بحثا و 11 مساهمة أخرى في ورشة عمل لتوثيق الوسائل التي تم من خلالها تطبيق نظم المعلومات الجغرافية في إدارة مصايد البحر المتوسط. وقد وجد المؤلفان أن نظم المعلومات الجغرافية كانت مفيدة من حيث نتائج الاستشعار من بعد التي تستخدم للتواصل، تحديد ديناميكيات البيئة البحرية، أماكن الموارد، رصد عمليات الصيد والنمذجة الفضائية لجهد الصيد.

وقد ابتكر كابتسكي وأوجويلار-مانجاريز (Kapetsky and Aguilar-Manjarrez, 2004) وقننا استخدام نظم المعلومات الجغرافية في إدارة وتنمية الاستزراع المائي من منظور الجغرافيا، البيئة، الكائنات والقضايا للفترة من 1985-2002. وقد خلص الباحثان، مثلما خلص ناث وآخرون (Nath *et al.*, 2000)، إلى أنه على الرغم من أن قضايا فضائية كثيرة تؤثر في استدامة الاستزراع المائي، فلم يتم تطبيق نظم المعلومات الجغرافية للتعامل مع هذه القضايا. كما صنف الباحثان 157 محاولة لتطبيقات نظم المعلومات الجغرافية بين أعوام 1985 وحتى 2002 إلى مجموعة من الفئات طبقا لنوع القضايا. وقد وجدا أن معظم التطبيقات كانت مرتبطة بتنمية وإدارة الاستزراع المائي. إلا أنه في إطار هذا التصنيف لم يلق موضوع تبعات الاستزراع المائي وكذلك تقدير آثاره الاهتمام الكافي. كما أن فئة ثالثة مهمة، وهي التكامل بين المصايد والاستزراع المائي كجزء من التنمية المتكاملة، لم تمثل بشكل جيد. يتضمن الجدول 2-1 توزيع التطبيقات المذكورة في هذه الوثيقة طبقا للقضايا الرئيسية. ويظل التناسب في التطبيقات بين القضايا في الوقت الحاضر هو نفسه الذي كان في السابق.

جدول 2-1. أهم قضايا الاستزراع المائي من قاعدة بيانات نظام المعلومات الجغرافية السمكية (نسخة أصلية بتاريخ 17 يناير 2007)

أهم قضايا الاستزراع المائي من قاعدة بيانات نظام المعلومات الجغرافية	عدد الأبحاث المسجلة
نظم المعلومات الجغرافية التي تهدف إلى تنمية الاستزراع المائي	
ملاءمة الموقع والمنطقة	91
التخطيط الاستراتيجي للتنمية	49
دراسات تبعات الاستزراع المائي	11
الاقتصاد	2
نظم المعلومات الجغرافية التي تهدف إلى ممارسة وإدارة الاستزراع المائي	
مسح ورصد الاستزراع المائي والبيئة	63
التأثير البيئي للاستزراع المائي	16
استعادة بيئات (موائل) الاستزراع المائي	7
نظم معلومات الاستزراع المائي من الإنترنت	2
نظام المعلومات الجغرافية للتنمية والإدارة متعددة القطاعات بما فيها الاستزراع المائي	
إدارة الاستزراع المائي والمصايد	3
التخطيط للاستزراع المائي بين الاستخدامات الأخرى للأرض والماء	7
الإجمالي	294

المصدر: نظام المعلومات الجغرافية السمكية

كذلك قارن كابتسكي وأوجويلار-مانجاريز (Kapetsky and Aguilar-Manjarrez, 2004) بين تطبيقات نظم المعلومات الجغرافية في إنتاج الاستزراع المائي طبقا للبيئة المائية ووجدا أن معظم التطبيقات كانت في المياه معتدلة الملوحة (الشروب brackishwater) في البيئات الساحلية، التي تعتبر الأقل إنتاجا من الاستزراع المائي. أما تطبيقات نظم المعلومات الجغرافية في بيئات المياه العذبة والمياه البحرية عالية الإنتاج فكانت قليلة. كما سجل المؤلفان توزيعا جغرافيا منحرفا لتطبيقات نظم المعلومات الجغرافية بين الدول مقارنة بالأهمية النسبية لإنتاج الاستزراع المائي على المستوى القومي. فقد بلغ عدد الدول التي سعت لتطبيق نظم المعلومات الجغرافية في الاستزراع المائي 33 دولة فقط، أي حوالي ثلث عدد الدول التي يزيد إنتاج الاستزراع المائي في كل منها عن 1 000 طن. وقد بلغ تمثيل الولايات المتحدة الأمريكية 36% من العدد الإجمالي. وفي تحليله لتوجهات تطبيق نظم المعلومات الجغرافية في المصايد (بدون الاستزراع المائي) وجد فيشر (تحت الطبع) أن 47% من البحوث كانت خاصة بالولايات المتحدة الأمريكية وأن 31 دولة فقط هي التي كانت ممثلة في هذا التوجه.

وقد نبهت نتائج تحاليل كابتسكي وأوجويلار-مانجاريز (Kapetsky and Aguilar-Manjarrez, 2004) إلى الحاجة الملحة لمعلومات شاملة حول تطبيقات نظم المعلومات الجغرافية، الاستشعار من بعد والتخريط في الاستزراع المائي والمصايد الداخلية. كما يعتبر الحصول على هذه المعلومات بصور مختلفة مطلبا هاما. وقد تم في هذا السياق تحديد قطاعين من المستفيدين؛ أولهما هو الممارسون المحتملون الذين يحتاجون إلى معلومات حول فوائد هذه الأدوات. أما القطاع الثاني فهو مستخدموا نظم المعلومات الجغرافية الذين يحتاجون الحصول بيسر وسهولة على الخبرة العالمية المتراكمة حول التطبيقات. ولهذا السبب قامت "هيئة إدارة الاستزراع المائي والمحافظة علية" التابعة لمنظمة الأغذية والزراعة بإنشاء "نظام المعلومات الجغرافية السمكية" (GISFish). يعتبر نظام المعلومات الجغرافية السمكية موقعا هاما على الإنترنت يمكن من خلاله الحصول على الخبرة الدولية حول تطبيقات نظم المعلومات الجغرافية، الاستشعار من بعد والتخريط في مجال الاستزراع المائي والمصايد الداخلية (شكل 2-2). وهناك تصور لإضافة المصايد البحرية لهذا النظام.

شكل 2-2. الصفحة الرئيسية لنظام المعلومات الجغرافية السمكية على شبكة الإنترنت (نسخة أصلية بتاريخ 17 يناير 2007)

وقد تم إنشاء نظام المعلومات الجغرافية السمكية لمواجهة الاحتياجات المذكورة سابقا، خاصة ما يلي: (1) تطوير استخدام نظم المعلومات الجغرافية، الاستشعار من بعد والتخريط، (2) تسهيل استخدام هذه الأدوات عن طريق الحصول على المعلومات المتراكمة حول فرص التطبيق والتدريب. يطرح نظام المعلومات الجغرافية السمكية قضايا الاستزراع المائي والمصايد الداخلية ويستعرض أهمية استخدام نظم المعلومات الجغرافية، الاستشعار من بعد والتخريط لمواجهة هذه القضايا. ويمكن تقديم الخبرات العالمية من خلال نظام المعلومات الجغرافية السمكية بصور متعددة. أحد هذه الصور هو قواعد المعلومات عبر ملخصات البحوث المرجعية للعلوم المائية (ASFA (Aquatic Sciences and Fisheries Abstracts))، حيث يمكن في كثير من الأحيان الحصول على الأبحاث والتقارير الفنية عن طريق روابط الإنترنت. الطريقة الأخرى هي قاعدة البيانات على شبكة الإنترنت، ذات الروابط مع فرص التدريب، برامج الحاسوب المجانية، بيانات وأمثلة عن التطبيقات. كذلك يقدم نظام المعلومات الجغرافية السمكية دراسات حالة عن: (1) جذب الإنتباه إلى التطبيقات المختلفة التي ساهمت بشكل فعال في حل المشاكل الهامة للاستدامة ، (2) تقديم المعلومات الهامة التي لا تكون عادة متاحة في البحوث المنشورة والتقارير. فالكثير من البحوث التي يستعرضها نظام المعلومات الجغرافية السمكية هي دراسات حالة. أخيرا, يساعد نظام المعلومات الجغرافية السمكية في تطوير التواصل بين العاملين من خلال احتوائه على وصف للمشروعات الجارية، الأنشطة، الأخبار والروابط. سيتم تدشين نظام المعلومات الجغرافية السمكية على شبكة الإنترنت، وكذلك على أقراص مدمجة في عام 2007.

3- مراجعة لبعض التطبيقات المختارة

الهدف من هذا الجزء هو تقديم عرض تفصيلي حول تطبيقات نظم المعلومات الجغرافية، الاستشعار من بعد والتخريط في مجال الاستزراع البحري استنادا إلى التطبيقات المختارة السابقة والحالية التي تم ترتيبها طبقا للقضايا الواردة في الجدول 2-1. وبذلك لم يكن هدفنا هو استعراض جميع التطبيقات. لقد قام كابتسكي (2004) بتغطية تطبيقات نظم المعلومات الجغرافية في مجال الاستزراع المائي في المياه الداخلية حتى عام 2003. ولذلك كان تركيزنا هنا على التطبيقات التي لم يوردها هذا المؤلف، مع التركيز على التطبيقات التي نعتقد أنها سوف تقدم أمثلة مفيدة. وكما ذكر سابقا، فإن نظام المعلومات الجغرافية السمكية يتيح الملخصات والبحوث والتقارير الكاملة التي لم يتم ذكرها في هذه المطبوعة.

يتضمن تصميم المراجعة عبارة حول أهمية التطبيق، وصفا للبيئة، أهم القضايا أو المشاكل المطروحة، المعايير الفضائية المستخدمة في التقييم، النتائج السابقة وتعليقات ومقترحات المؤلفين حول تحسين هذا التوجه. وقد تم استعراض التصوير الجوي أولا، بما في ذلك نظم معلومات الخرائط. بعد ذلك تم التعامل مع تطبيقات الاستشعار من بعد مع خلفية عن نظم المعلومات الجغرافية، وأخيرا تم عرض تطبيقات نظم المعلومات الجغرافية في الاستزراع البحري.

3-1 تطبيقات التخريط في الاستزراع البحري

3-1-1 مقدمة عن التخريط

الخرائط هي الوسائل التقليدية لحفظ وعرض المعلومات الجغرافية. فالخريطة هي رسم بياني للظواهر الفيزيقية (الطبيعية، الصناعية أو كليهما) لجزء من سطح الأرض أو لسطح الأرض كلها، عن طريق علامات أو إشارات أو صور توضع بمقياس محدد وإسقاط معين، باستخدام الاتجاهات المحددة (FAO, 2006b). تظهر الخريطة ثلاثة أنواع من المعلومات عن الظواهر الجغرافية:

- مكان لاومدى الظاهرة.
- صفات وخصائص الظاهرة.
- علاقة الظاهرة بالظواهر الأخرى.

ولذلك يعتبر التخريط أهم الطرق المباشرة لإبراز العلاقات المكانية التي تتدخل في تنمية وإدارة الاستزراع المائي. كما يعتبر أحد أسهل الطرق للتواصل بين الفنيين والعامة بشأن الاحتياجات ثنائية الابعاد للاستزراع المائي من حيث المكان.

يتفاوت مدى التعقيد في التخريط طبقا للهدف منه. لذلك فإن الهدف هنا هو تقديم بعض الأمثلة لكل مدى على حده. يتم تقسيم الخرائط المستخدمة في تنمية وإدارة الاستزراع البحري إلى ثلاث فئات هي: (1) خرائط لتحديد المواقع والمناطق كعامل مكمل للتقارير الفنية، (2) خرائط وبيانات تم الحصول عليها من الإنترنت تستهدف المستخدمين من العامة، الحكومة والقطاع الخاص المعنيين بتنمية وإدارة الاستزراع المائي. وتعتبر هذه الوسائل في الحقيقة مثالا جيدا لنظم معلومات الاستزراع المائي (AquaGIS) و (3) خرائط متداخلة من الإنترنت تستهدف قطاعا عريضا من الناس، يتم انجازها بواسطة مقدمي خدمات خرائط الإنترنت (Internet map servers)، حيث يمكن للمستخدم اختيار الطبقات التي يريد مراجعتها، الطبقة التي يريد وصفها، كما يمكنه القيام بالعديد من الوظائف مثل التكبير والتصغير. ومن الوظائف الأخرى في بعض المواقع هي القدرة على تحميل طبقات مختارة من نظم معلومات جغرافية على صور مختلفة من الملفات. هذه التطبيقات مدونة في الجدول 3-1.

جدول 3-1. ملخص لتطبيقات التخريط في مجال الاستزراع البحري مرتبة طبقا لأهم القضايا

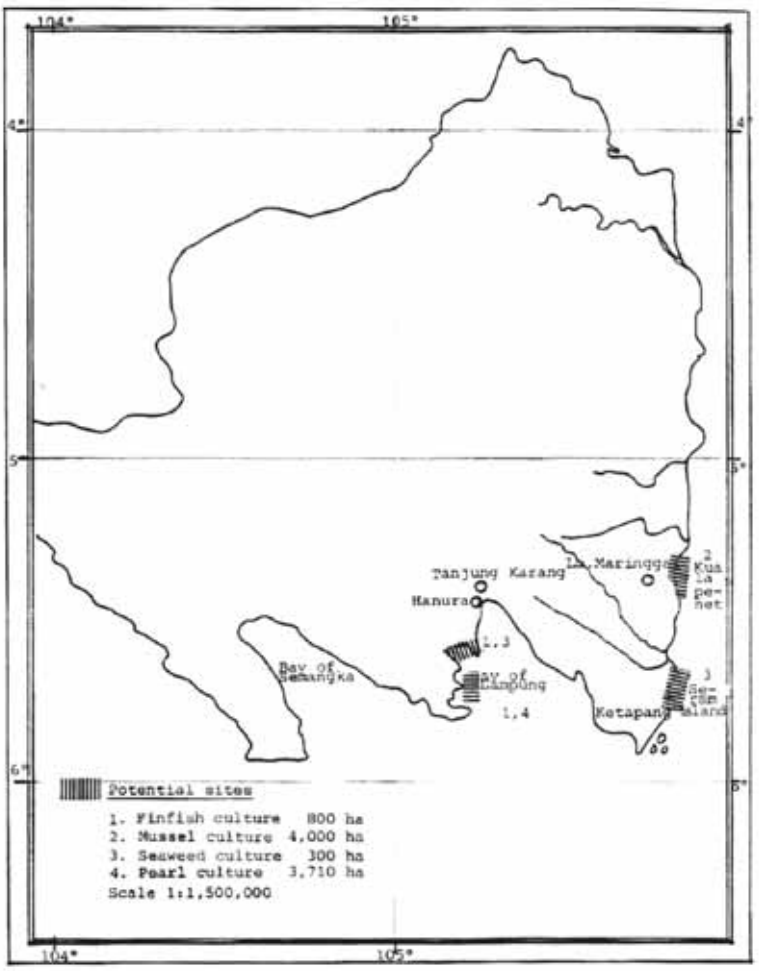
المؤلف	العام	أهم القضايا	الدولة	النوع
تخريط يهدف لتنمية الاستزراع المائي				
Tiensongrussme, Pontjoprawiro and Mintarjo	1988	التخطيط الاستراتيجي للتنمية	إندونيسيا	الأسماك الزعنفية، القوقل، محار اللؤلؤ، خيار البحر، الأعشاب البحرية، بلح البحر والمحار
المجلس الأقليمي لأوكلاند	2002	التخطيط الاستراتيجي للتنمية	نيوزيلاندا	بلح البحر والمحار
Macias-Rivero, Castillo y Rey, and Zurit	2003	التخطيط الاستراتيجي للتنمية	أسبانيا	لم تحدد الأنواع
خليج بلينتي للبيئة	2006	التخطيط الاستراتيجي للتنمية	نيوزيلاندا	لم تحدد الأنواع
التخريط بهدف ممارسة وإدارة الاستزراع المائي				
اسكتلندي حصري	2000	الآثار البيئية للاستزراع المائي	اسكتلندا	السلمون
مركز السياسة البحرية، معهد وودز هول لعلوم البحار	2003	نظام معلومات الاستزراع المائي القائم على الإنترنت	الولايات المتحدة الأمريكية	الثدييات البحرية، الحيتان
Jordana	2004	نظام معلومات الاستزراع المائي والمصايد القائم على الإنترنت	أسبانيا	لم تحدد الأنواع
نظام المعلومات الجغرافية المائية، حكومة نيوفوندلاند ولابرادور	2006	نظام معلومات الاستزراع المائي القائم على الإنترنت	كندا	كود الأطامطي، سلمون الأطلنطي، بلح البحر الأزرق، تراوت قوس قزح، أنواع أخرى

3-1-2 التخريط الذي يهدف إلى تنمية الاستزراع المائي

الهدف من هذا الجزء هو إبراز مدى التطور في استخدام التخريط في الاستزراع المائي والذي تم عن طريق التقدم في البرمجيات وتوافر البيانات. ترتبط جميع الأمثلة الواردة في هذا الجزء مع قضايا التخطيط الاستراتيجي والتنمية.

تم إعداد تقرير عن دراسة تمت حول مسح واستكشاف إمكانات الاستزراع البحري في المياه الساحلية الإندونيسية (Tiensongrussmee, Pontjoprawiro and Mintarjo, 1988). وهذه الدراسة جديرة بالإشارة بسبب البعد الجغرافي الكبير للعملية، عدد الأنواع والسلالات المستزرعة وطرق الاستزراع وكذلك استخدام الاستشعار من بعد للمساعدة في الجهد المسحي الخرائطي. وقد أجريت هذه الدراسة في الوقت الذي كانت فيه سياسة الحكومة تهدف إلى إقلال الضغط عن المصايد وتحفيز تنمية الاستزراع المائي على المستوى التجاري، وكذلك على مستوى الشركات الصغيرة للمجموعات ذات الدخل المنخفض. تم وضع المعايير البيوفيزيائية لمواقع الاستزراع السمكي في الأقفاص العائمة، الاستزراع القاعي للقوقل (cockles) ومحار اللؤلؤ وخيار البحر والعشب البحري يوكيما (*Eucheuma*)، الاستزراع المعلق لبلح البحر، واستزراع المحار على الأرفف والأطواف. كما أخذت مصادر التلوث والتنافس في الاستخدام في الاعتبار. تم تحديد المواقع الممكنة عن طريق المسئولين الحكوميين، مقابلة الصيادين والمراجع العلمية. وكان أحد المعايير الإيجابية في اختيار المكان هو وجود التجمعات الطبيعية من الأنواع المزمع استزراعها، مما يوحي بأن البيئة ملائمة لهذه الأنواع. كان يتم التأكد من صلاحية اختيار الموقع عن طريق الزيارات المتوالية لمدة خمس سنوات. وقد اعتمد المسح الخرائطي على الخرائط الطبوغرافية، الخرائط الملاحية، وصور القمر الصناعي لاندسات-5 (Landsat-5). الخرائط الناتجة كانت اقتفاء للخط الساحلي يظهر المواقع الممكنة للاستزراع بصورة بيانية؛ والعديد من هذه الخرائط تظهر خطوط الطول والعرض، وبعضها يحتوي على مقياس للرسم والقليل منها يظهر الخطوط الكنتورية للأعماق (شكل 3-1). واستنادا لهذه النتائج، تمت التوصية بأن 15% من المياه الساحلية الكلية لإندونيسيا البالغة 5,8 مليون كم^2 يجب تخصيصها للاستزراع المائي.

شكل 3-1. المواقع ذات الإمكانية لتطوير الاستزراع البحري في لامبونج

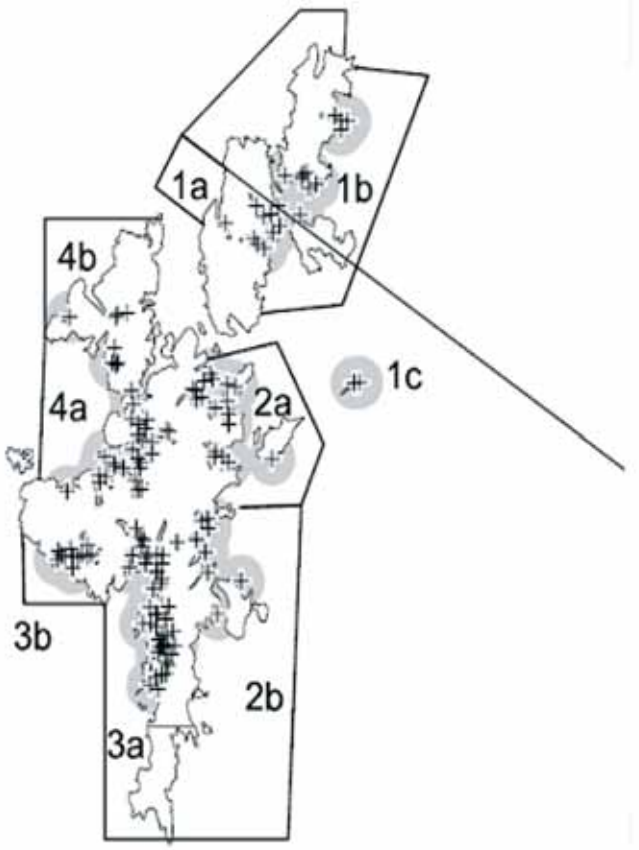


تم إجراء مسح خرائطي للمواقع المقترحة للاستزراع لمائي وعلاقة هذه المواقع بصحة الأسماك، خاصة فيما يتعلق بانتشار مرض أنيميا السلمون المعدية (Scottish Executive, 2000). كما تم تحديد كل منطقة بشكل هيدروديناميكي باستخدام المسافة المدية (Tidal excursion) كمعيار، وارتباط ذلك مع المزارع السمكية القائمة. والمسافة المدية هي المسافة الأفقية التي يقطعها الجزيء بطول المصب أو النهر المدي خلال دورة واحدة من المد والجزر. استخدم هذا الإجراء لوضع الخرائط المدية الحالية في صورة رقمية لإنتاج طبقة على خريطة مساحتها 1 كم x 1 كم. تظهر كل خريطة موقع كل مزرعة للسلمون في المنطقة، كما توضح المسافة المدية حول كل مزرعة (شكل 3-2).

يتم اقتراح مناطق الإدارة بناء على التداخل بين المسافات المدية. فعندما تتداخل المسافات المدية للمزارع المتجاورة يجري اختيار المزارع في نفس مناطق الإدارة. أما عندما يكون هناك فارق بين التداخلات يتم تكوين منطقة إدارة جديدة. وتقلل هذه الطريقة من فرص انتشار الأمراض وقملة البحر بين مناطق الإدارة. وقد استخدمت هذه الخرائط لتطبيق "مدونة الممارسة الجيدة في استزراع الأسماك الزعنفية الاسكتلندية" (Scottish Salmon Producers Organization, 2005).

وقد بزغت الحاجة إلى مناطق لإدارة الاستزراع المائي في خليج بلينتي (Bay of Plenty) في شمال شرق نيوزيلندا، بسبب الطلب المتزايد على أماكن لإنشاء المزارع البحرية في أواخر التسعينات (Environment Bay of Plenty, 2006) (http://www. ebop.govt.nz/Coast/AMA-project.asp). حيث أن مناطق إدارة الاستزراع المائي هي المناطق التي يتم تخصيصها للاستزراع المائي. إلا أن الطلب على المواقع الساحلية يواجه ببعض الفجوات في التشريع وفي

شكل 3-2. المناطق المقترحة لإدارة الاستزراع المائي في المياه الساحلية لجزر اسكتلندا

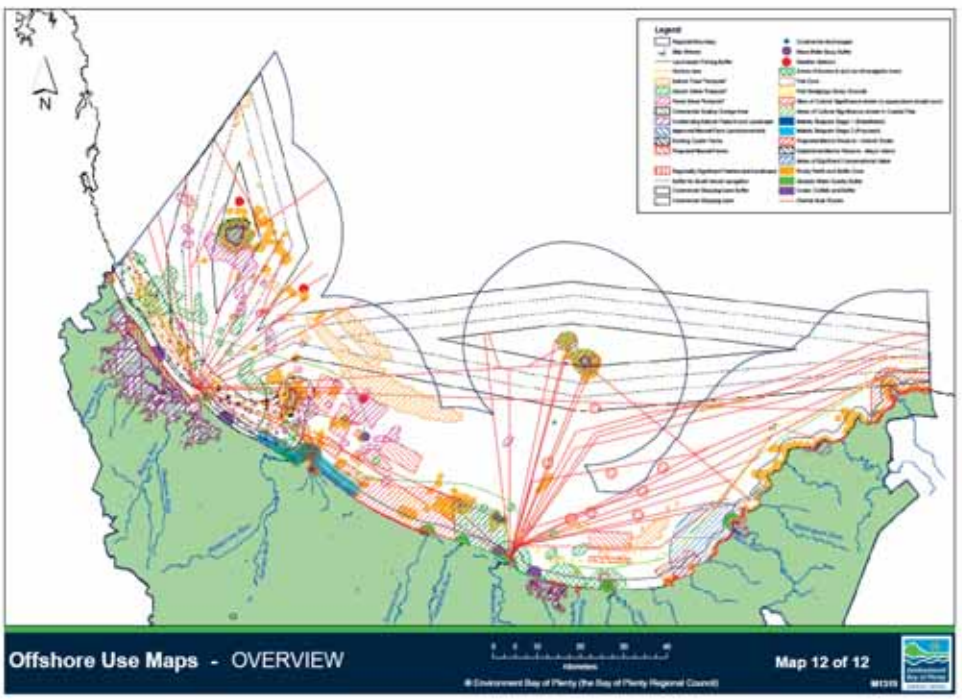


المواقع المسجلة لمزارع السلمون أخذت العلامة (+)، وتم تظليل المنطقة المحيطة بكل موقع يبلغ قطره موجة مدية واحدة. تشير الملصقات لكل منطقة خاضعة للإدارة.

السياسة التي تدير أنشطة الاستزراع المائي. ونتيجة لذلك، اتخذ البرلمان قرارا بتعليق طلبات المزارع البحرية الجديدة، ثم بدأ مشروع مناطق إدارة الاستزراع المائي المجلس الإقليمي لبيئة خليج بلينتي في عام 2002، بهدف تحديد مناطق إدارة الاستزراع المائي في الخليج. يجري تنفيذ المشروع على مرحلتين. المرحلة الأولي هي إعداد خرائط خاصة باستخدام المناطق المفتوحة البعيدة عن الشاطئ. تظهر هذه الخرائط جميع الاستخدامات والقيم الموجودة بالبيئة المفتوحة للخليج وتحدد الأماكن التي يمكن ممارسة الاستزراع البحري فيها.

- خارطة 1. مزارع البحرية في خليج بلينتي.
- خارطة 2. الملاحة.
- خارطة 3. مناطق ذات اعتبارات الثقافية.
- خارطة 4. قيم ايكولوجية.
- خارطة 5. مناطق حماية الثدييات البحرية.
- خارطة 6. مناطق ترفيهية.
- خارطة 7. نشاط صيد تجاري-الصيد بالجر.
- خارطة 8. نشاط صيد تجاري- الشباك الدانماركية.
- خارطة 9. نشاط صيد تجاري- الشباك الكيسية.
- خارطة 10. استعراض مصايد خليج بلينتي.
- خارطة 11. الصيد الترفيهي.
- خارطة 12. استعراض خليج بلينتي.

شكل 3-3. خريطة مرجعية 12



المصدر: http://www.ebop.govt.nz/Coast/Offshore-Use-Maps-consultation.asp

تظهر الخريطة الاستعراضية ذات المقياس الصغير للخليج بوضوح الاستخدامات المتعددة في المناطق البحرية (شكل 3-3). أحد الاستخدامات الهامة لهذه الخرائط هو حث العامة على المشاركة في التخطيط للاستزراع المائي ووضع الإضافات والتعديلات على مسودات هذه الخرائط. ويتم ذلك من خلال التعليقات الواردة من الاستبيانات والاجتماعات العامة.

تهدف المرحلة الثانية، وهي "المشروع العلمي في المياه المفتوحة" إلى تحديد إنتاجية واستدامة الاستزراع المائي في خليج بلينتي من خلال دراسة العوامل البيوفيزيائية والآثار البيئية للاستزراع المائي.

تم إجراء المسح الخرائطي في منطقة أوكلاند في شمال وسط نيوزيلندا بواسطة المجلس الإقليمي لأوكلاند، لنفس غرض مسح خليج بلينتي، ولكن بتوجه مختلف (بدون تاريخ Auckland Regional Council, 2002;). حددت المرحلة الأولى المعلومات المتاحة حول العقبات المستقبلية لأنشطة الاستزراع المائي في منطقة الدراسة. وقد تم تحديد ثلاث مجموعات من المناطق هي: (1) مناطق مليئة بالعقبات وغير ملائمة للاستزراع البحري، (2) مناطق ذا فرص محدودة للتوسع أو لنقل أنشطة الاستزراع الحالية إليها، و (3) مناطق صالحة، وهي مناطق بها القليل من العقبات، وبالتالي تستحق المزيد من الدراسة التفصيلية (المرحلة 2 مناطق الدراسة).

وكمثال، انتهت المرحلة الأولى بتحديد ميناء كايبارا (Kaipara Harbour) منطقة تستحق المزيد من الدراسة. يعرض الشكل (3-4أ) توزيع المعوقات في منطقة ميناء كايبارا، كما حددها تقييم المرحلة الأولى. يؤكد التقرير على الحاجة إلى مزيد من الدراسة التفصيلية في المرحلة الثانية، نظرا لأن المعلومات الواردة قد تم جمعها على مقياس محلي صغير وربما لا تكون دقيقة عند تطبيقها على مقياس أكبر. كما أن بعض معلومات المرحلة الأولى كانت نوعية وليست كمية، وبعضها الآخر كان مفقودا. وعلى الرغم من ذلك، فقد أظهرت نتائج المرحلة الأولى (شكل 3-4ب) عدم وجود تداخل في المناطق المقترحة لإدارة الاستزراع المائي مع أي معوقات سبق تحديدها فيما عدا المنطقة الترفيهية البصرية. ولذلك تم إجراء المرحلة الثانية لتجميع مزيد من المعلومات حول المعوقات والفرص ولتقييم نتائج المرحلة الأولى بمزيد من التفصيل. وقد تم تقييم مدى ملاءمة المكان لاستزراع المحار وبلح البحر مع الأخذ في الاعتبار المتطلبات والمعوقات الفيزيائية والإيكولوجية، متطلبات الملاحة والأمان، والخصائص الطبيعية (المركب البصري الجمالي).

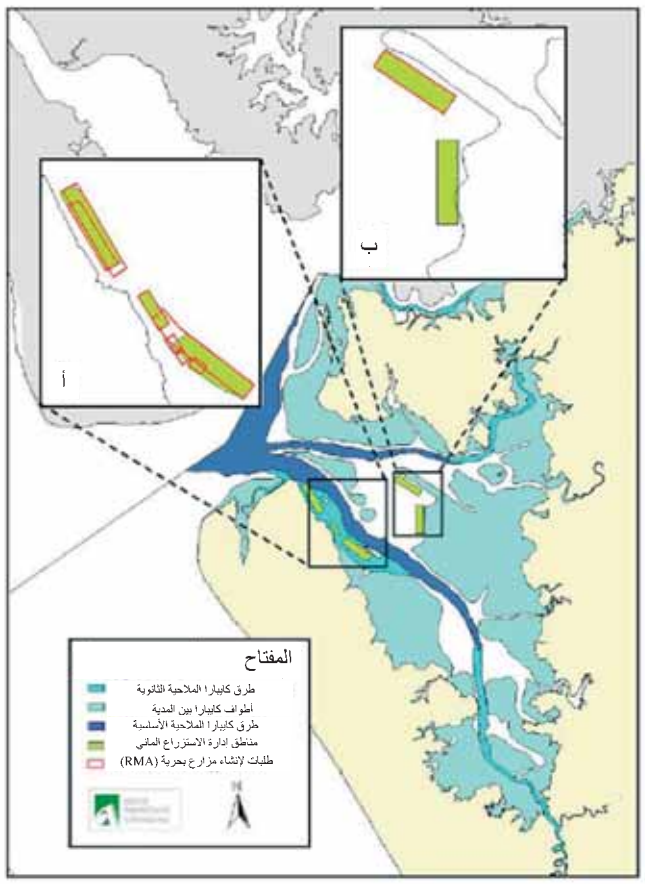
شكل 3-4 أ. المناطق المقترحة لإدارة الاستزراع المائي في مواجهة معوقات الاستزراع البحري التي تم تحديدها أثناء المرحلة الأولى من عملية التقييم

المصدر: المجلس الأقليمي لأوكلاند (غير مؤرخ)

من أجل تحقيق التنمية المستدامة للاستزراع البحري في منطقة الأندلس بأسبانيا قامت مديرية المصايد والاستزراع المائي في بإجراء دراسة مستندة إلى نظم المعلومات الجغرافية لتحديد المناطق المناسبة للاستزراع المائي بطول الساحل الممتد لحوالي 900 كم (Macias-Rivero, Castillo y Rey, and Zurita, 2003). وكان الهدف من ذلك هو تسهيل المبادرات الخاصة وكذلك إخطار المؤسسات الحكومية المعنية باستخدامات الحيز البحري في كل مقاطعة من الإقليم. وقد أدت هذه الدراسة إلى النمو السريع للاستزراع البحري في المناطق الشاطئية والقريبة من الشاطئ، وكذلك إلى زيادة عدد طلبات تخصيص مواقع للاستزراع المائي في المياه البحرية العامة. وكان الهدف من هذا التوجه هو تحديد المناطق الإدارية ذات التشريعات غير المتوافقة. وقد تم أخذ 12 معيارا في الاعتبار في الحالة الأولى:

- قياس الأعماق
- تسهيلات الميناء
- المناطق الملاحية في الميناء
- مناطق استخراج المعادن
- البيئات المحمية
- مساقط المياه والمصارف
- الاسلاك والكابلات المغمورة
- المناطق السياحية

شكل 3-4ب. المسارات الملاحية الأساسية والثانوية في ميناء كايبارا



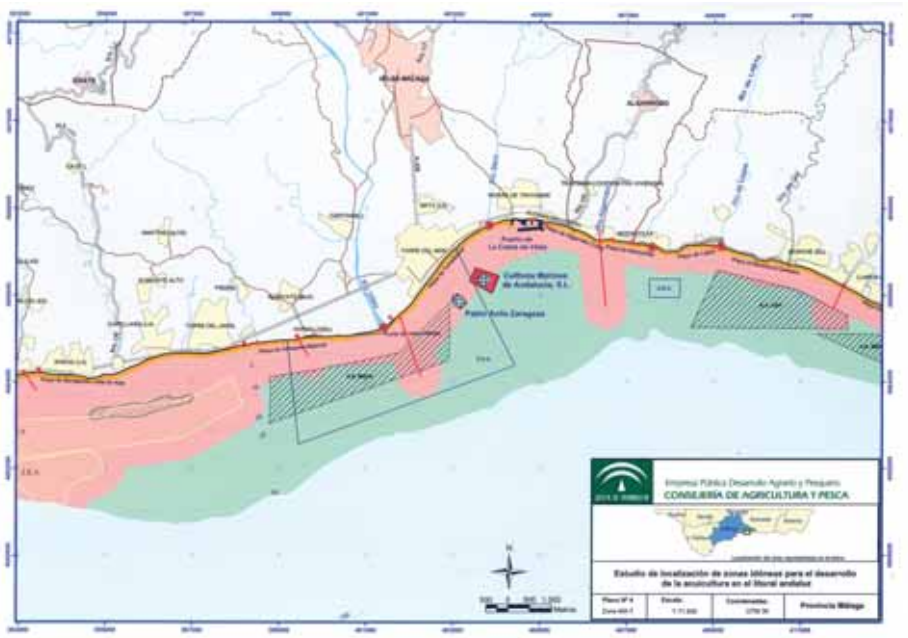
ملاحظة: تدل المنطقة "A" على مناطق تتطبيق استزراع بلح البحر، أما المناطق والمناطق الممكن اعتبارها مناطق لتنمية الاستزراع المائي. تدل المنطقة "B" على مناطق تتطبيق استزراع المحار والمناطق الممكن اعتبارها مناطق لتنمية الاستزراع المائي.

المصدر: المجلس الأقليمي لأوكلاند (غير مؤرخ)

- مناطق الآثار
- منشآت الاستزراع المائي، الشعاب الصناعية، وشباك صيد الأسماك
- حطام السفن
- مناطق الاستخدام العسكري

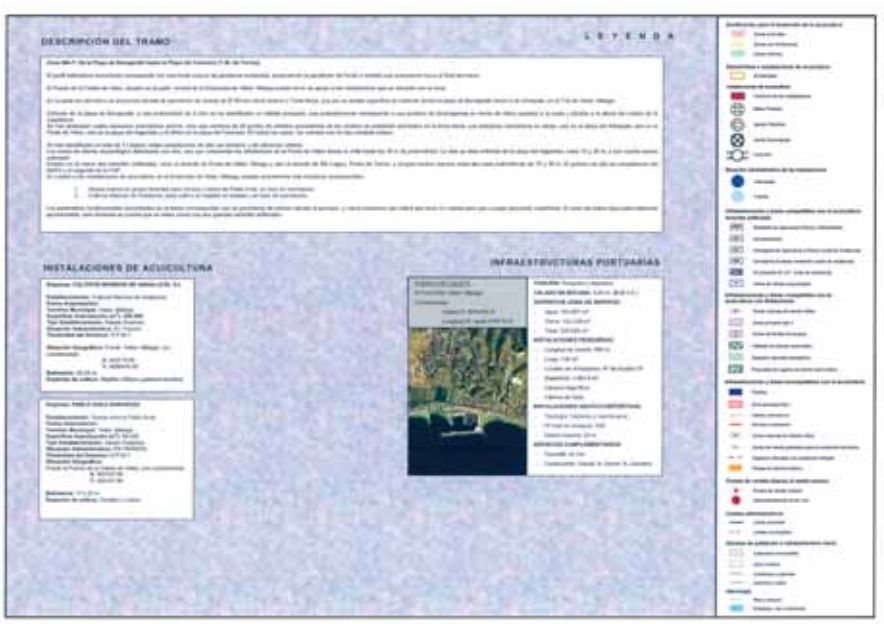
واستنادا إلى درجة التوافق بين هذه المعايير تم تحديد ثلاثة أنواع من المناطق: (1) مناطق ملائمة (لا يوجد أي تضارب)، (2) مناطق بها المعوقات، و (3) مناطق مستبعدة (يتعارض فيها الاستزراع المائي مع الأنشطة القائمة). وقد أدت هذه النتائج إلى تكوين أطلس يحتوي على المناطق الساحلية المناسبة للاستزراع المائي. تم التقديم لكل مقاطعة بخارطة استعراضية صغيرة توضح الخرائط التفصيلية التالية، وكذلك بصفحة تصف المسافة عبر المقاطعة فيما يتعلق بالتشكيلات الجيولوجية المختلفة (مثل الشواطئ) مقارنة بالإقليم ككل. كما يصاحب كل خارطة تفصيلية (شكل 3-5أ) صفحة تصف الاستخدامات المختلفة للأجزاء المختلفة من الساحل. كذلك يتم وصف منشآت الاستزراع المائي بصورة عامة وأيضا خصائص الميناء مدعمة بصور فوتوغرافية جوية أو مناظر عامة لمنشآت الميناء (شكل 3-5ب).

شكل 3-5أ. دراسة لاختيار المواقع المناسبة لتنمية الاستزراع المائي في المناطق الساحلية في مقاطعة ملقة (Malaga) في أسبانيا



المصدر: Macias-Rivero, Castillo y Rey and Zurita (2003)

شكل 3-5ب. منشآت الاستزراع المائي، صورة جوية ومنظر لمنشآت الميناء في مقاطعة ملقة (Malaga) في أسبانيا



المصدر: Macias-Rivero, Castillo y Rey and Zurita (2003)

عموما، تم تصنيف حوالي 34% من ساحل الإقليم على أنه ملائم للاستزراع البحري من منظور الاستخدام التنافسي، إلا أن المؤلفين يتوقعان أن تقل هذه المساحة بصورة جوهرية عند أخذ الظروف البيئية في الاعتبار.

3-1-3 استخدام الخرائط في ممارسة وإدارة الاستزراع المائي

ترتبط الأمثلة الواردة في هذا الجزء مع موضوع "نظم معلومات الاستزراع المائي" على شبكة الإنترنت. العمل الذي قام به جوردانا (2004) بخصوص إقليم كاتالونيا الإسباني جدير بالاهتمام. فهذا العمل يرتبط مع تكامل الأنواع المختلفة من البيانات والمعلومات بهدف خلق نظام لمعلومات المصايد والاستزراع البحري عن طريق الإدارة العامة للمصايد والشئون البحرية (http://www.gencat.net/darp/c/pescamar/sigpesca/ csig25.htm).

كما أن نظام معلومات الاستزراع المائي لنيوفوندلاند ولابرادور (AquaGIS, 2006) هو نظام شامل يستند على الإنترنت ويهدف إلى جمع، إدارة، وتوزيع معلومات الاستزراع المائي (http://www.aquagis.com). وقد تمت مراجعة هذا النظام باستفاضة بواسطة كابتسكي (2004) ولذلك فإن هذا الجزء يستعرض فقط خلفية هذا النظام باختصار، مع التركيز على الوظائف التي برزت منذ ذلك التاريخ.

المشروع الذي استند على نظام معلومات الاستزراع المائي (AquaGIS) تم في عام 1997. وقد اشترك أكثر من 20 قسما في إجراءات التصديق على ترخيص للاستزراع المائي، مما استدعى الحاجة إلى نظام للمشاركة في المعلومات. ونظرا لأن جزءا هاما من تنمية الاستزراع المائي هو جزء فضائي فقد أصبح نظام المعلومات الجغرافية جزءا من هذا النظام. يقوم نظام معلومات الاستزراع المائي بتكامل المعلومات من أقسام حكومية متعددة بهدف حصول المستخدمين عليها بيسر، وبتكلفة منخفضة، مع خفض الصيانة، في الوقت الذي يتم فيه تقديم أحدث المعلومات التي تمتلكها كل مؤسسة. أما الهدف الأشمل فهو خدمة الاقتصاد الإقليمي، أنشطة التخطيط البيئي والمالي. كما أن مستخدمي هذا النظام هم ممن يعملون في صناعة الاستزراع المائي والمؤسسات الحكومية. يركز نظام معلومات الاستزراع المائي أساسا على تيسير عمليات التطبيق. ويحتوي الجزء الثانوي من الموقع على المعلومات التي تهم المزارعين والتي يمكن الحصول عليها بدون الحاجة إلى "اسم المستخدم" و "كلمة المرور". ويجري تنظيم نظام معلومات الاستزراع المائي (AquaGIS) في ثلاث خدمات هي: (1) المسح الخرائطي، (2) الإرسال، و (3) المعلومات. كما أن جزءا من صفحة "المساعدة-Help) يوضح وظائف كل خدمة من هذه الخدمات (شكل 3-6أ).

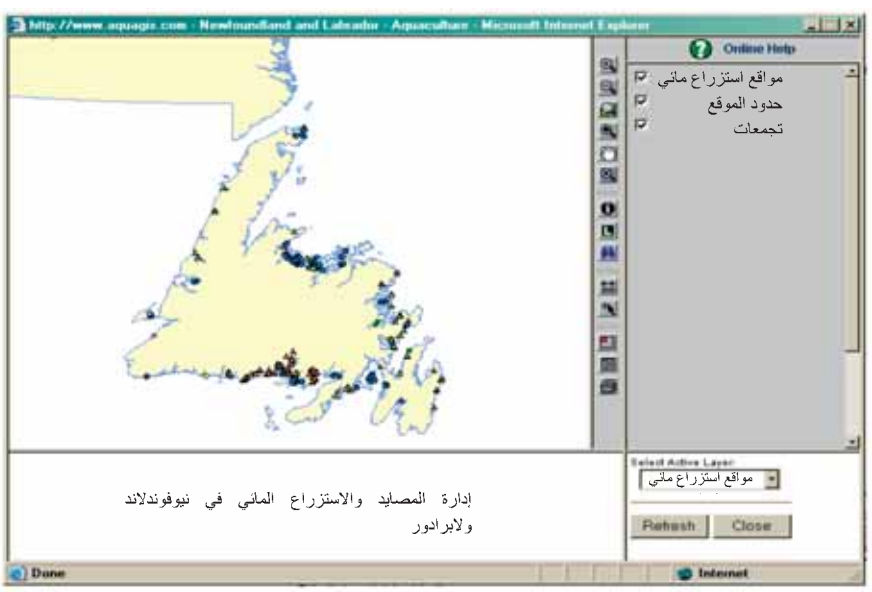
تتضمن خدمة "المسح الخرائطي" متصفحين اثنين (browsers) لتصفح الخرائط، أحدهما يوضح مواقع الاستزراع المائي، حدود المواقع والتجمعات الموجودة عبر المقاطعة. يتم تعريف المواقع بواسطة نوع المنتج المستزرع (شكل 3-6ب). أما المتصفح الآخر فيعتمد على نظام معلومات الاستزراع المائي الإقليمي للساحل الجنوبي. ويوضح الشكل (3-6ج) الطبقات التي يمكن الوصول إليها في نظام معلومات الاستزراع المائي الإقليمي للساحل الجنوبي.

تقدم "خدمة المعلومات" وصفا للموقع من خلال الأنواع المستزرعة حيث يتضمن كل سجل المعلومات الأساسية حول شركة الاستزراع المائي مع رابط لخارطة للموقع تفتح بنفس النافذة (window) المستخدمة في "خدمة المسح الخرائطي" (شكل 3-6د). يمكن تطبيق البحث كذلك على مواقع وتطبيقات الاستزراع المائي من خلال إدخال الكثير من المعلومات مثل أماكن وأسماء الشركات. وقد تم تصميم قاعدة بيانات النظام الجديد لمعلومات الاستزراع المائي للساحل الجنوبي لتمكين مزارعي الأسماك حاليا ومستقبلا من تقييم مدى ملاءمة الموقع لهذا النشاط، وكذلك الحصول على المعلومات البيوفيزيائية الضرورية. وسوف يساعد ذلك في تقديم الكثير من المعلومات الضرورية المطلوبة لاستكمال إجراءات طلب الترخيص. إلا أن كولين تايلور (اتصال شخصي 2006) أفاد بأن إمكانية تحليل المكان لم تستخدم بواسطة المشاركين في هذه الصناعة، كما لم تحظ بالأولوية وبذلك تم تجنبها. تحتوي "خدمة الإرسال" على صفحة لإرسال التعليقات حول مواقع الاستزراع المائي، الأخبار والروابط.

شكل 3-6 أ. استعراض للخدمات التي يقدمها نظام المعلومات الجغرافية المائية (AquaGIS) من خلال صفحة المساعدة

المصدر: http://www.aquagis.com

شكل 3-6 ب. بحث في خريطة نظام المعلومات الجغرافية المائية (AquaGIS) يظهر مواقع الاستزراع المائي، المواقع والتجمعات المحيطة



المصدر: http://www.aquagis.com

وبعيدا عن المبادرة القومية للاستزراع البحري الصادرة عن الهيئة القومية للمحيطات والغلاف الجوي (NOAA) فقد أعد مركز السياسة البحرية التابع لمعهد وودز هول لعلوم البحار في عام 2003 العديد من الوظائف المتفاعلة على شبكة الإنترنت. إحدى هذه الوظائف هو "عملية نمذجة صلاحية الموقع (Site Suitability Modelling Process (SSMP)). ويمكن استخدام هذه الوظيفة لمقارنة المواقع البديلة للاستزراع المائي من حيث الظروف الاقتصادية والبيئية والاستخدامات الأخرى. يوضح الشكل (3-7) الطبقات البيانية الموجودة في "عملية نمذجة صلاحية الموقع" (SSMP). كما يبين هذا العرض المواقع الممكنة للاستزراع المائي وعلاقتها بعوائد الصيد التجاري في المناطق المجاورة.

شكل 3-6 ج. بحث في خريطة نظام المعلومات الجغرافية المائية (AquaGIS) يظهر الطبقات التي يمكن الوصول إليها في نظام المعلومات الجغرافيةالإقليمية للاستزراع المائي في الساحل الجنوبي

2-3 تطبيقات الاستشعار من بعد في الاستزراع البحري

1-2-3 استعراض تطبيقات الاستشعار من بعد

الاستشعار من بعد هو تجميع وتحليل البيانات الواردة من منطقة الدراسة أو الكائن المدروس، والتي تم أخذها من جهاز الاستشعار (مثل أجهزة الرصد تحت سطح الماء، الطائرات أو الأقمار الصناعية) (FAO, 2006b).

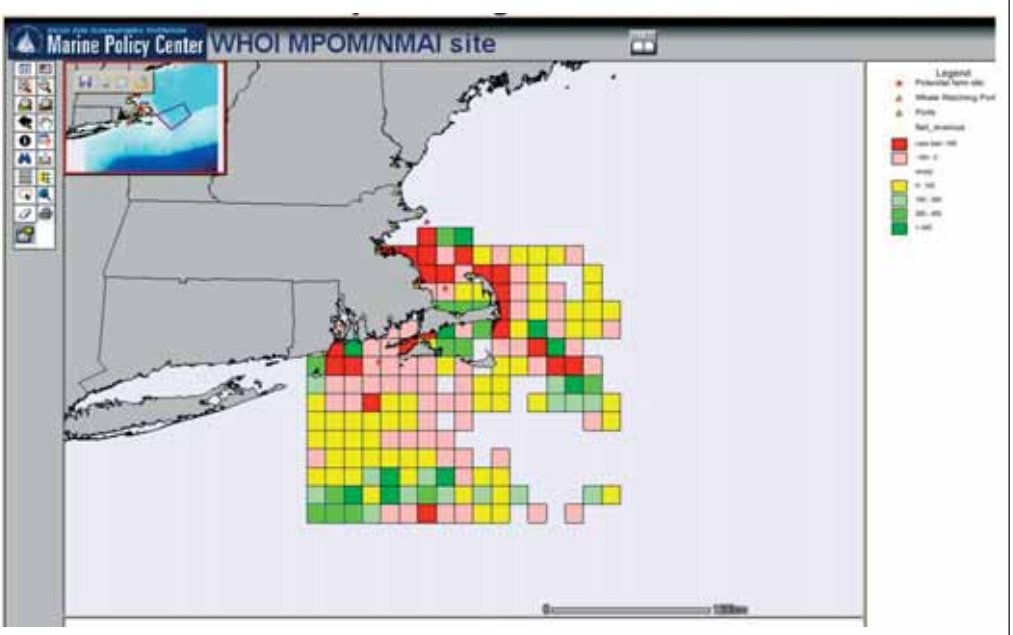
إمكانية الاستشعار من بعد في مجال المصايد والاستزراع المائي هي إمكانية هائلة ومعتبرة كما أشار (Kapetsky and Caddy, 1985; Mooneyhan, 1985; Travaglia and Appelkamp, 1985). فقد ثبت أن المعلومات المستقاة من الاستشعار من بعد لها العديد من الاستخدامات في تنمية وإدارة الاستزراع البحري، إلا أنه لم يتم التركيز على الطبيعة الأساسية لهذه المعلومات، نظرا لأنها تصبح طبقات في الدراسات المبنية على نظم المعلومات الجغرافية. وقد تم استعراض أهمية وتنوع المعلومات المستقاة من الاستشعار من بعد في الجزء 5 (توافر البيانات). في هذا الجزء يتم عرض مثال تاريخي ظهر فيه بوضوح دور الاستشعار من بعد في اختيار الموقع. كما تمت الإشارة إلى أمثلة أخرى لعب فيها الاستشعار من بعد دورا حيويا في إدارة الاستزراع البحري.

تاريخيا، ونظرا لغياب الخرائط الرقمية أو الخرائط الورقية التي يمكن ترقيمها، فإن معلومات الأقمار الصناعية والاستشعار من بعد الخاصة بالاستزراع المائي الساحلي كانت تستخدم عادة كخرائط لنظم المعلومات الجغرافية، كما يتضح من المثال الإندونيسي الوارد في الجزء 3-1 حول الخرائط. كان يهدف أحد التطبيقات الأخرى إلى تطوير استخدام الأرض والماء والغطاء الأرضي والطبقات التحتمائية بغرض التخطيط الاستراتيجي واختيار الموقع (Kapetsky, McGregor and Nanne, 1987). ويعتبر التطوير والرصد وإدارة منشآت الاستزراع السمكي

شكل 3-6د. شكل موقع الاستزراع المائي وخريطة الموقع من نظام المعلومات الجغرافية المائية (AquaGIS)

المصدر : http://www.aquagis.com

شكل 3-7. عملية نمذجة ملاءمة الموقع



المصدر : http://ortelius.whoi.edu/website/NMAI01/viewer.htm

الساحلي من خلال الاستفادة من مجسات القمر الصناعي (Synthetic Aperture Radar) في جميع ملاحظات الطقس (Travaglia *et al.* (2004) تطبيقا على صورة دراسة حالة في نظام المعلومات الجغرافية السمكية. كما يطبق الاستشعار من بعد بشكل أكثر ديناميكية لرصد جودة المياه الساحلية، خاصة فيما يتعلق بالمد الأحمر (red tides) الذي يهدد الكائنات المستزرعة أو يسبب خطورة غير مباشرة للبشر بسبب التوكسينات التي تحتوي عليها هذه الكائنات (مثل الرخويات). تتضمن التطبيقات المناخية الأخرى لاختيار الموقع وتحديد المنطقة درجة حرارة المياه السطحية، ارتفاع الموج، والتيارات المائية. كذلك يعتبر الاستشعار من بعد عند أطوال الموجات الصوتية تطبيقا آخر في مجال الاستزراع البحري كان يجري استخدامه لتقييم تراكم المخلفات العضوية تحت الأقفاص السمكية (Hughes Clark, Wildish and Duxfield, 2002).

الهدف من هذا الجزء هو استعراض دور الاستشعار من بعد في الاستزراع البحري بتطبيقات مختلفة. وقد تم تلخيص هذه التطبيقات في الجدول 3-2.

جدول 3-2. ملخص لتطبيقات الاستشعار من بعد في مجال الاستزراع البحري مرتبة طبقا لأهم القضايا

المؤلف	العام	أهم القضايا	الدولة	النوع
الاستشعار من بعد بهدف تنمية الاستزراع المائي				
Cordell and Nolte	1988	ملاءمة الموقع وتحديد المنطقة	الولايات المتحدة الأمريكية	المحار
الاستشعار من بعد بهدف ممارسة وإدارة الاستزراع المائي				
Johannessen, Johannessen, and Haugan	1988	مسح ورصد الاستزراع المائي والبيئة	النرويج والسويد	السلمون
Travaglia *et al.*	2004	مسح ورصد الاستزراع المائي والبيئة	الفلبين	أسماك
Rodriguez-Benito, Haag, and Alvial	2004	مسح ورصد الاستزراع المائي والبيئة	شيلي	السلمون
Van der Woerd *et al.*	2005	مسح ورصد الاستزراع المائي والبيئة	هولندا	الأسماك الصدفية
المكتب الوطني للطحالب السامة، معهد وودز هول لعلوم البحار	2006	مسح ورصد الاستزراع المائي والبيئة	الولايات المتحدة الأمريكية والعالم	الأسماك والأسماك الصدفية

3-2-2 الاستشعار من بعد الذي يستهدف تنمية الاستزراع المائي

التخطيط الاستراتيجي للتنمية

أحد التطبيقات المبكرة للاستشعار من بعد في التخطيط للاستزراع البحري كان بطول الساحل الجنوبي الشرقي لولاية ألاسكا بالولايات المتحدة الأمريكية (Cordell and Nolte, 1988)، حيث تم تلخيص هذا التطبيق كدراسة حالة بواسطة ميدين وكابيتسكي (Meaden and Kapetsky, 1991). وكان الهدف من ذلك هو إثبات أن الاستشعار من بعد يمكن أن يكون وسيلة اقتصادية فعالة في المناطق البعيدة التي يصعب الوصول إليها. وقد استهدفت تلك الدراسة تقدير إمكانية استزراع المحار في هذه المناطق.

لقد قام المؤلفون بتجميع معلومات حول عوامل بيئية مختلفة تشمل درجة حرارة سطح الماء، الرواسب العالقة (العكارة)، لون الماء (درجة تركيز البلانكتون)، الثلج البحري، درجة عمق المناطق الضحلة (درجة صفاء الماء)، حالة البحر (اتجاه الأمواج، طول الموجة)، استخدامات الأرض (المعوقات مثل التلوث) والغطاء النباتي البحري (طحلب اللامينايريا).

لقد تم تجميع المعلومات من ستة مصادر تضم صورا من القمر الصناعي لاندسات (Landsat)، سبوت (SPOT)، جهاز الإشعاع عالي النقاء (Very High Resolution Radiometer)، بعثة المسح الخرائطي ذي القدرة الحرارية (Heat Capacity Mapping

Mission)، الماسح اللوني للمنطقة الساحلية (Coastal Zone Color Scanner)، وصور الاشعة تحت الحمراء المأخوذة من التصوير الجوي من الارتفاعات العليا في ألاسكا. وقد ثبت أن المصدر الاخير هو الأكثر فاعلية من الناحية الاقتصادية. وقد استخدم كل من التحليل البصري والطيفي للحصول على النتائج.

وقد تم تسجيل خمسة عوامل إنتاجية في أربعة مواقع في منطقة الدراسة (جدول 3-3). كما أوضح المؤلفون العديد من العوامل الأخرى التي يجب اخذها في الاعتبار، مثل مدى القرب من الموائل البحرية الفطرية، درجة حرارة البحر عند المواقع المعنية، تضارب المصالح بين مستخدمي الأرض حاليا ومستقبلا، ومدى القرب من صرف المياه العذبة.

جدول 3-3. مصفوفة اختيار الموقع تبين المواقع الملائمة لاستزراع المحار

البند	مساحة المنطقة	متوسط العمق	العكارة	الثلج البحري	الحماية	إجمالي النقط
	3	3	3	4	3	16
	2	3	1	1	2	8
	3	3	4	2	3	12
	3	2	4	4	3	18
	3	3	3	4	3	16
تسجيل العامل						
1- مساحة المنطقة	1 = < 1 هكتار 2 = 2-1 هكتار 2 = > 2 هكتار					
2- متوسط العمق		1 = < 5 أو > 20 مترا 2 = 20- 15 مترا 3 = 15 – 10 مترا 4 = 10 – 5 أمتار				
3- العكارة			1 = عكارة متوسطة (الصيف) 2 = عكارة منخفضة 3 = عكارة خفيفة 4 = عكارة معدومة			
4- الثلج البحري				1- ثلج بحري شتائي 2- ثلج بحري محتمل 3- لا يوجد ثلج بحري		
5– الحماية					1- احتمال ارتفاع البحر بشكل عرضي: حماية من الجانبين 2- ارتفاع البحر نادر: حماية من ثلاثة أجناب 3- حماية من الأجناب الأربعة	

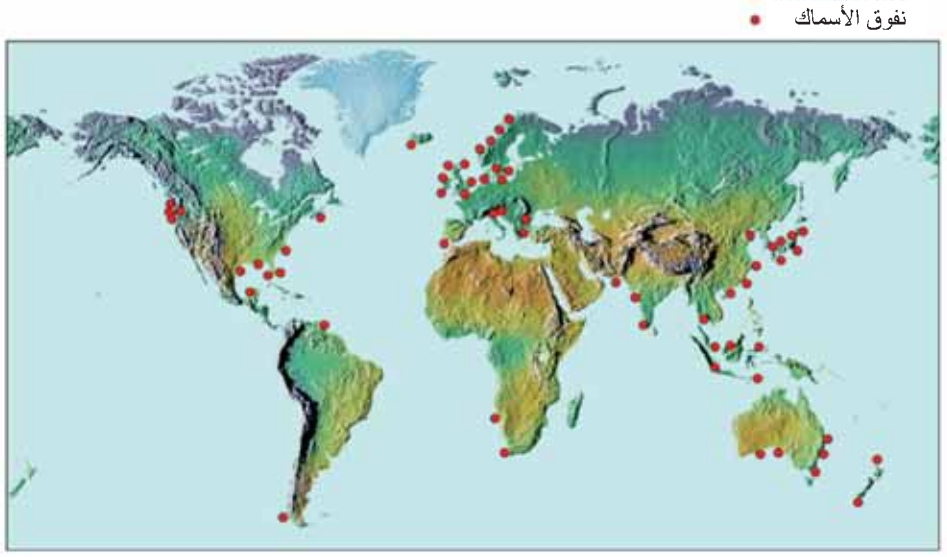
المصدر: Cordell and Nolte (1988)

3-2-3 استخدام الاستشعار من بعد في ممارسة وتنمية الاستزراع المائي

مسح ورصد الاستزراع المائي والبيئة

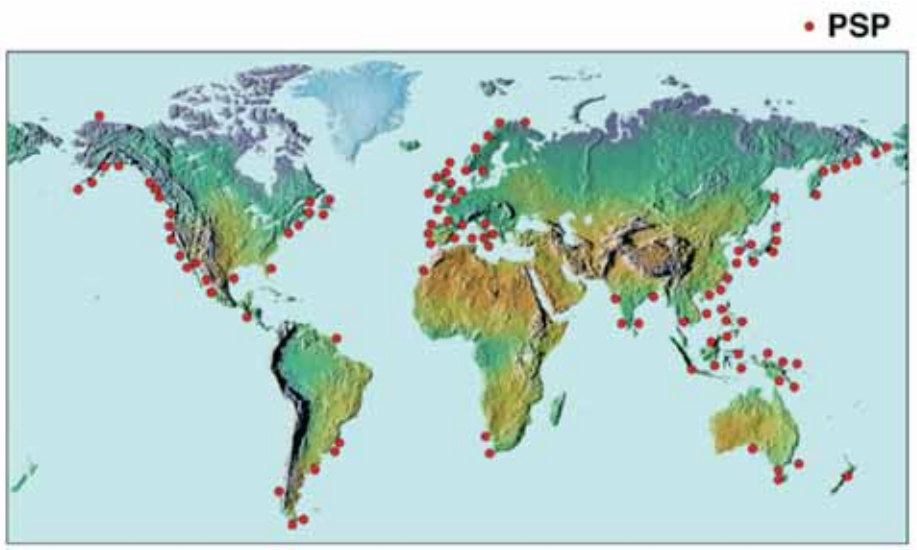
تعرف الطحالب الضارة (harmful algal bloom) بأنها تزايد وانتشار الطحالب حتى تصبح ضارة، مؤذية، ضارة بالصحة العامة، وذات آثار سلبية على الكائنات الأخرى (van der Woerd *et al.*, 2005). لذلك تتأثر الأسماك واللافقاريات بشكل مباشر بالسموم التي تفرزها بعض أنواع الطحالب السامة، كما تتأثر بعض الكائنات الأخرى بسبب نقص الأكسجين أثناء تناقص التجمع الطحلبي الضار. وتجدر الإشارة إلى أن الأسماك واللافقاريات ليست وحدها الكائنات التي تتأثر بازدهار الطحالب السامة، بل أن الإنسان هذه الطحالب يمكن أن تؤذي الإنسان، إما عن طريق الإتصال المباشر أو عن طريق استهلاك الرخويات التي تتركز سموم هذه الطحالب بها. فعلى سبيل المثال، حدث ازدهار طحلبي مدمر في عام 1987 نتيجة استهلاك أسماك صدفية (رخويات) تحتوي على سموم طحلبية، أدى إلى إصابة 129 شخصا بالحمى، توفى إثنان منهم (Hoagland, Kite-Powell and Lin, 2003). وقد أدت هذه الحادثة إلى توقف استزراع بلح البحر في جزيرة البرنس إدوارد، شرق كندا لمدة عام، مما أثر سلبا على المنتجين والمصنعين في جميع أسواق الشمال الشرقي من قارة أمريكا الشمالية.

شكل 3-8أ. نفوق الأسماك



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

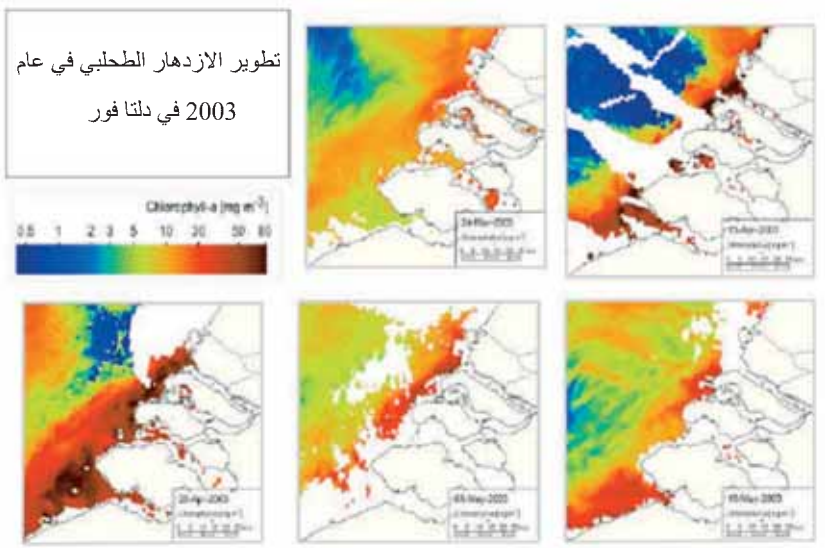
شكل 3-8ب. تسمم الأسماك الصدفية المسبب للشلل



المصدر: http://www.whoi.edu/redtide/HABdistribution/PSP_worldmap_2005.gif

ونظرا لأن التأثير الاقتصادي للطحالب الضارة كبير في المناطق الشاطئية ذات الأهمية الترفيهية والسياحية، فقد حظي التأثير على الإنسان باهتمام أكبر من التأثير على المصايد والاستزراع المائي. إلا أن عددا من الأنشطة قد جرت في أماكن متفرقة من العالم بهدف اكتشاف الطحالب الضارة والتنبؤ بها، وأثرها المباشر أو غير المباشر على الاستزراع البحري. على سبيل المثال، قام المكتب القومي للطحالب الضارة التابع لعهد وودز هول لعلوم البحار (الولايات المتحدة الأمريكية) بالتعاون مع الهيئة القومية للمحيطات والغلاف الجوي (NOAA) بتدشين موقع على الإنترنت يقدم معلومات أساسية حول الطحالب الضارة وأماكن حدوثها، وتأثيرها على الأسماك والرخويات (شكل 3-8أ و 3-8ب) (http://www.whoi.edu/redtide/index.html).

شكل 3-9. تطور لازدهار طحلبي في عام 2003



ملاحظة: تم اختيار أفضل الصور لهذا الإقليم من ملفات (MERIS REVAMP). يدل اللون الأبيض على السحب الأرضية أو بيانات سيئة.
المصدر: http://www.ivm.falw.vu.nl/Research_projects/index.cfm

ومن أولى التطبيقات العملية للاستشعار من بعد في الاستزراع البحري عن طريق صور الأقمار الصناعية هي تلك التي وصفها (Johannessen, Johannessen, and Haugan, 1988) وقام بتلخيصها (Meaden and Kapetsky, 1991) كدراسة حالة. في هذه الدراسة تم اكتشاف ورصد تجمعات الطحالب الضارة لمدة أربعة اسابيع، أثناء تحركها من السويد إلى النرويج. وقد استخدم في هذا الرصد والمراقبة رادار جوي محمول على طائرة ومجسين للأشعة تحت الحمراء محمولين على طائرتين أخريين. أوضحت النتائج أن الازدهار الطحلبي كان يتحرك مع المياه الدافئة. وقد استخدم جهاز الإشعاع عالي النقاء (Very High Resolution Radiometer) لتقدير درجة حرارة سطح البحر. وقد أمكن رؤية البلانكتون من الطائرة عندما كان البحر هادئا. سببت الطحالب الضارة نفوقا جماعيا للأسماك الفطرية والمستزرعة مما تسبب بدوره في خسائر اقتصادية فادحة. ولكن بسبب الرصد الدوري عن طريق الاستشعار من بعد والتنبؤ باستخدام نموذج دوران الماء أمكن إجلاء ونقل حوالي 200 مزرعة سمكية، معظمها مزارع للسلمون، لمناطق آمنة، قبل وصول الطحالب الضارة.

وصف (Van der Woerd *et al.*, 2005) مشروعا تم تنفيذه في هولندا لتجميع معلومات مشتركة عن طريق جمع العينات الحقلية، النمذجة، والاستشعار من بعد بهدف التنبؤ بازدهار طحلب (*Phaeocystis globosa*)، وهو طحلب يؤثر على الرخويات من خلال نقص الأكسجين. وقد ثبت أن العديد من حالات الازدهار الطحلبي الضار كانت تبدأ في المياه المفتوحة بعيدا عن الشاطئ ثم تتحرك في اتجاه الشاطئ حيث تسبب الأضرار المذكورة. ولذلك يصبح التنبؤ بهذه الطحالب الضارة أمرا ممكنا إذا تمت ملاحظتها عن طريق الاستشعار من بعد وإذا كان نموذج الانتقال قادرا على التنبؤ بانتقال هذا الازدهار الطحلبي. ودور الاستشعار من بعد عن طريق الساتلايت هو التعرف على زيادة مستويات الكلوروفيل وخواص الازدهار الطحلبي (اتساعه، نموه، انتقاله). وعلى الرغم من إمكانية معرفة مدى تطور الكتلة الحية فراغيا ومكانيا فإن ذلك لا يؤدي إلى معلومات واضحة عن الأنواع وسميتها. ولذلك كان الهدف من المشروع هو الاستخدام والفحص الكامل لمعلومات الازدهار الطحلبي من خلال "جهاز التصوير الطيفي متوسط درجة النقاء والدقة" (Medium Resolution Imaging Spectrometer, MERIS) بالقمر الصناعي الأوروبي إنفيسات (ENVISAT).

كانت منطقة المشروع هي فوردلتا (Voordelta) وهي إحدي المناطق الجنوبية في بحر الشمال ، وتعتبر من أعلى الأنظمة البحرية في العالم من حيث معدلات التراكم أو الثراء العضوي (eutrophication). ومن المعروف أن زيادة الطحالب الضارة ترتبط مع التراكم العضوي (شكل 3-9). تصب الأنهار الكبيرة مثل نهر الراين ونهر ميوس وباقي الأنهار الصغيرة في منطقة

الرصيف القاري الضحلة المحصورة بين المملكة المتحدة لبريطانيا العظمى وأيرلندا الشمالية وأوروبا القارية. وفوق كل هذا فإن التغيرات في أنماط الترسيب في شمال غرب أوروبا، نتيجة للتغيرات المناخية، سوف تؤدي إلى زيادة إمداد المياه والأملاح المغذية إلى المناطق الساحلية في فصل الشتاء. وبالتالي من المتوقع زيادة الطحالب الضارة نتيجة لزيادة صرف الأنهار في الشتاء والربيع. وهذا يمكن من التنبؤ الطحالب الضارة في منطقة قدرت فيها الخسائر السابقة في استزراع بلح البحر في عام 2001 نتيجة لازدهار هذه الطحالب بحوالي 20 مليون يورو.

كان الهدف من المشروع وضع أساس لنشرة عن الإنذار المبكر تصدر مرتين أسبوعيا وتلخص فضائيا مدى تطور انتشار الطحالب الضارة خلال الأيام الثلاثة السابقة، كما تقدم تنبؤا لخمسة أيام قادمة. وقد تم في هذا الصدد اختبار النموذج المشترك بين الاستشعار من بعد والتحليل البيوفيزيائي من خلال التنبؤ الرجعي لعام 2003. وكان هناك اتفاق في النتائج بين التنبؤ الرجعي والملاحظة الحقلية. ولذلك كان المؤلفون واثقين من أنه لو طبق نظام التنبؤ باستخدام الاستشعار من بعد فإن النتائج ستكون أفضل من استخدام النظام الحالي القائم على العينات والملاحظات الحقلية.

تعتبر شيلي إحدى الدول الرائدة في استزرع السلمون، كما يعتبر استزراع السلمون أحد أهم الأنشطة في جنوب البلاد. ومنذ عام 1972 تعتبر مشكلة الطحالب الضارة مشكلة كبرى تؤدي إلى خسائر اقتصادية جوهرية. ولذلك يعتبر التنبؤ بهذه الطحالب مبادرة هامة لخفض الخسائر الاقتصادية. وقد وصف (Rodriguez-Benito Haag and Alvial, 2004) مشروعا تم تنفيذه بهدف إبراز تطبيق الاستشعار من بعد للتنبؤ بحوادث ازدهار العوالق النباتية (الفيتوبلانكتون) باستخدام جهاز التصوير الطيفي متوسط درجة النقاء، وصور الأقمار الصناعية بواسطة جهاز المسح الإشعاعي المساري المتقدم (Advanced Along Track Scanning Radiometer; AATSR). وعندما استخدمت المعلومات المأخوذة من هذه المصادر أمكن التنبؤ بالازدهار الطحلبي الذي ثبت بعد ذلك أنه طحلب (*Gymnodinium*). وقد أدى ازدهار هذا الطحلب إلى نقص الأكسجين الذائب مما تسبب في نفوق السلمون.

عموما، تم الحصول على نتائج جيدة بمقارنة كل من القياس الحقلي لدرجة الحرارة والكلوروفيل والملاحظات المسجلة فضائيا. لقد كان معامل ارتباط هذه النتائج أعلى من 96% فيما يتعلق بدرجة حرارة سطح البحر، وأكثر من 98% في حالة الكلوروفيل الكلي للفيتوبلانكتون (phytoplankton chlorophyll).

3-3 تطبيقات نظم المعلومات الجغرافية في الاستزراع البحري

أن توجهنا هنا هو استعراض تطبيقات نظم المعلومات الجغرافية طبقا لنوع الكائن المستزرع (مثل الرخويات)، أو نظام الاستزراع (الأقفاص مثلا) حيث أن كل نوع وكل نظام يتميز بمشاكل وحلول خاصة به. يوضح استخدام هذا التوجه إمكانية تطبيق نظم المعلومات الجغرافية الخاصة بقضية معينة أو كائن معين، كما يمكن هذا النظام كذلك من متابعة سياق الدراسات التي تجري في نفس المنطقة الجغرافية.

لقد قمنا بمعايرة المصطلحات بهدف الإيضاح. فيما يتعلق بالمعايير يوجد نوعان عموميان هما: (1) عوامل الإنتاج؛ وهي المتغيرات التي يمكن أن ترفع أو تقلل من الاستخدام محل الفحص. ولذلك يتم قياس هذه المتغيرات بصورة مستمرة، و (2) محددات، تقوم بحصر المناطق في طائفتين متسعتين، مثل "صالحة" أو "غير صالحة".

1-3-3 مقدمة حول تطبيقات نظم المعلومات الجغرافية في الاستزراع البحري

لقد تمت تغطية موضوع الاستزراع المائي في الأقفاص بواسطة بيفيريج (Beveridge, 2004). يعتبر استزراع الأسماك في الأقفاص مهما نظرا لارتفاع سعر المنتج المستزرع.

يحدد القرب من الشاطئ نوع التحاليل الفضائية التي يجب أخذها في الاعتبار. فمن منظور جغرافي، يجب القيام بإجراء العديد من التحاليل ذات الصلة، ولكن يتوقف ذلك على عما إذا كانت هذه التحاليل ستجرى بالقرب من الشاطئ أو بعيدا عنه. فالمنشآت القريبة من الشاطئ يجب أن تأخذ في الاعتبار الآثار البصرية للاقفاص، كما يجب أن تتعامل مع جودة الماء من حيث الملوثات التي قد تأتي من اليابسة وأيضا تأثير مخلفات الأقفاص على البيئة المائية في

المنطقة. أما مزارع الأقفاص البعيدة عن الشاطئ فهي أقل اهتماما بهذه الأنواع من التحاليل، حيث انها تكون في مناطق لا تقع في نطاق المنطقة الشاطئية البصرية، وأيضا بسبب كميات الماء الكبيرة التي تتيح تبادل الماء بعيدا عن الشاطئ. من ناحية أخرى فإن التحليلات الآتية شائعة في المواقع القريبة من الشاطئ والبعيدة عنه على حد سواء: (1) تحديد الموقع أو المنطقة القريبة من الشاطئ أوالبعيدة عنه لاستخدامها في إقامة منشآت الأقفاص العامة أو الخاصة، (2) موقع المنشآت الشاطئية المساعدة، و (3) الوقت، المسافة، ومدى صلاحية تقديم الدعم فوق المائي (أو الهوائي) من المنشآت الشاطئية للمنشآت البعيدة عن الشاطئ.

أحد الأمور ذات الأهمية هو تثبيت الأقفاص على القاع (anchoring). إذ يجب تقييم مواقع الأقفاص التي سوف تثبت على القاع استنادا إلى عمق الماء، خواص وأنواع مواد القاع الذي ستثبت على المنشآت، وكذلك ميل القاع. أما الأقفاص غير المثبتة مثل الجارف البحري (Goudey, 1998) فإنها تعتمد أساسا على التيارات البحرية والدوامات للحفاظ على الظروف البيئية المناسبة للكائنات المستزرعة. ولذلك يصبح التنبؤ بموقع القفص والظروف البيئية السائدة أمرا هاما في حالة اختيار مواقع الأقفاص "الديناميكية".

تم تنظيم التطبيقات في ثلاث مجموعات رئيسية من القضايا، إضافة إلى قضايا فرعية، كما يتضح من الجدول 2-1. يستعرض الجدول 3-4 هذه التطبيقات باختصار.

استخدام نظم المعلومات الجغرافية في تنمية الاستزراع البحري في الأقفاص

مدى ملاءمة الموقع والمنطقة

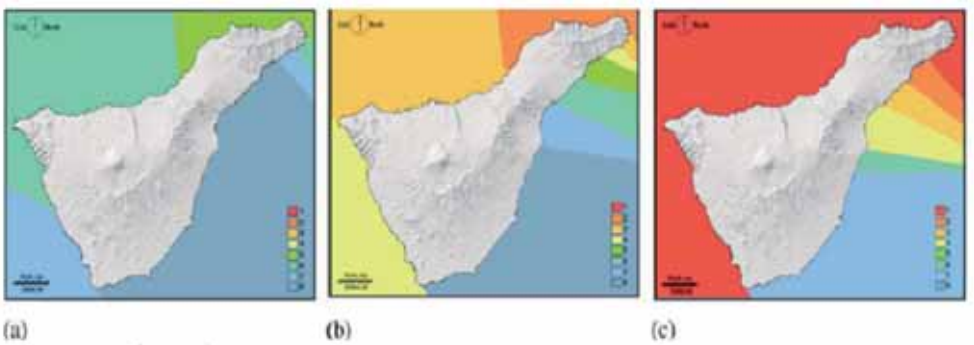
تتراوح التطبيقات في هذا الجزء بين تلك التي تركز على تحديد مواقع الاستزراع المائي للوفاء باحتياجات محددة للكائن المستزرع ونظام الاستزراع وتلك التي تستهدف متطلبات الاستزراع ومتطلبات الاستخدامات الأخرى للمنطقة. لقد تم تقييم تطبيقات نظم المعلومات الجغرافية في اختيار موقع الاستزراع المائي الساحلي بواسطة (Ross, Mendoza and Beveridge, 1993) في خليج صغير (20 هكتار) في اسكتلندا باستخدام استزراع السلمون في الأقفاص كمثال. قام المؤلفون بتحليل خطوط الأعماق،التيارات، والتعرية من حيث ارتفاع الأمواج. كما أخذ في الاعتبار خصائص الماء بما في ذلك درجة الحرارة، الأكسجين الذائب، والملوحة؛ إلا أن العاملين الأولين لم يكونا من العوامل المحددة، ولذلك لم يتم تحليلهما بعد ذلك. تم استكمال النتائج بطرق متعددة. وقد تم استخدام نظام تسجيل لكل عامل من العوامل، إلا أنه لم يطبق أي نظام وزني رسمي بين هذه العوامل. وقد بلغت المساحة الكلية الملائمة للاستزراع في الأقفاص 1,26 هكتار في جزء من الخليج. ومع المقارنة بنتائج نظم المعلومات الجغرافية قام فريق من الخبراء باقتراح المواقع المناسبة للاستزراع في مناطق عديدة من الخليج. وكانت نتائج نظم المعلومات الجغرافية وآراء الخبراء متماثلة بشكل عام. وقد أشار المؤلفون إلى عدد من مصادر الخطأ تتضمن عدم دقة المعلومات، اختيار عوامل الإنتاج ومدى تباينها، التوجه التحليلي المختار، والمحاذير المفروضة على النموذج الفضائي المستخدم. وفيما يتعلق بالتوجه التحليلي أوضح المؤلفون كيف أن ترتيب تحليل العوامل يؤدي إلى نتائج مختلفة، وبالتالي يؤثر في اتخاذ القرار.

قام جونيروجلو وآخرون (Guneroglu *et al.*, 2005) بدراسة لاختيار مواقع لاستزراع تراوت قوس قزح (*Oncorhynchus mykiss*) في أقفاص مغمورة في الماء عند عمق 10-20 مترا، في خليج سورمين في البحر الأسود بتركيا. استند اختيار الموقع على المعايير الآتية: درجة الحرارة تتراوح بين 10-15 مئوية، الملوحة ≥ 19 â وسرعة التيار 10-50. أجريت مقارنة بين طريقة "وزن المسافة العكسية" (Inverse Distance Weight) وطريقة كريجنج (Kriging) اللتين استخدمتا لتمثيل وتفسير الملاحظات الحقلية، ولم توجد فروق جوهرية بين الطريقتين.

جدول 3-4. ملخص لتطبيقات نظم المعلومات الجغرافية في استزراع الأسماك الزعنفية في الأقفاص، مرتبة طبقا لأهم القضايا

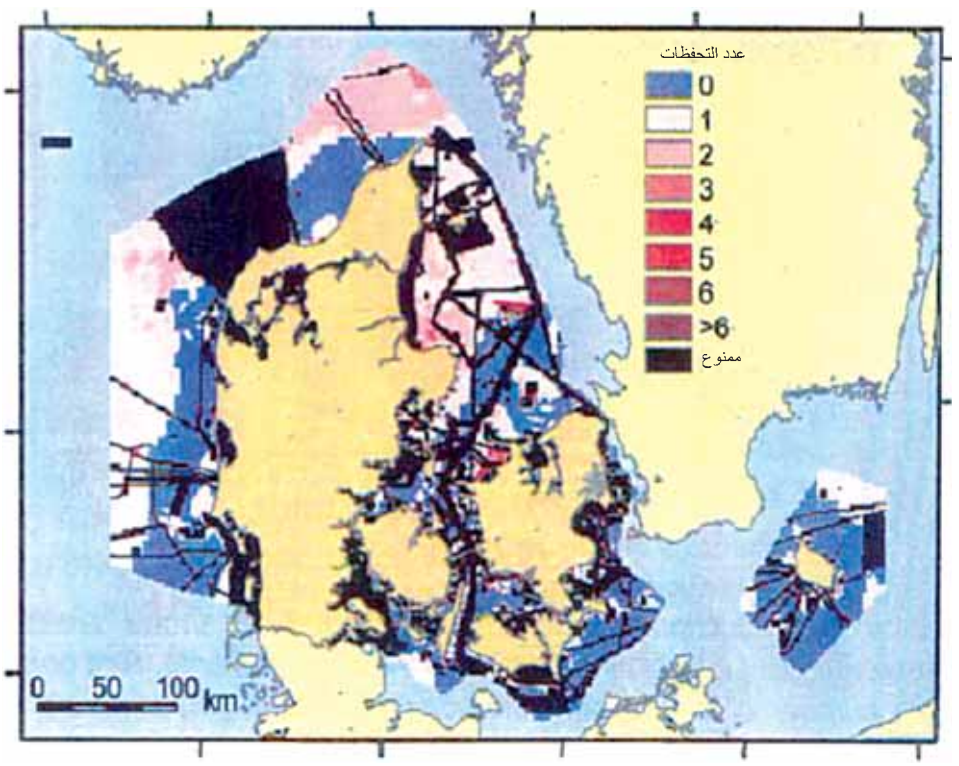
المؤلفون	العام	اهم القضايا	الدولة	الأنواع	البرمجيات	دعم القرار
نظم المعلومات الجغرافية التي تستهدف تنمية الاستزراع المائي						
Nanne Kapetsky, McGregor and Kapetsky	1987	التخطيط الاستراتيجي للتنمية	كوستاريكا	أسماك، بلح البحر، محار	برنامج تطبيقات موارد الأرض (ELAS)	المداخل مع/بدون وزن، التأكيد الحقلي
	1989	التخطيط الاستراتيجي للتنمية	ماليزيا	أسماك، بلح البحر	برنامج تحليل بيانات الموارد الارضية (REDAS)، النسخة 7.2	المداخل مع/بدون وزن، التأكيد الحقلي
Ross, Mendoza, and Beveridge	1993	ملاءمة الموقع وتحديد المنطقة	المملكة المتحدة	السلمونيات	OSU-MAP for the PC	المداخل مع/بدون وزن، التأكيد بواسطة الخبراء
Servicio de Pesca y Acuicultura	2000	ملاءمة الموقع وتحديد المنطقة	أسبانيا	أسماك	غير مذكورة	المداخل مع/بدون وزن
Young *et al.*	2003	التخطيط الاستراتيجي للتنمية	الولايات المتحدة الأمريكية	أسماك	غير مذكورة	راي الخبراء، المداخل مع الوزن
Hoagland, Kite-Powell and Lin	2003	إقتصاد	الولايات المتحدة الأمريكية	الفلوندر	غير مذكورة	غير مذكورة
Pérez, Telfer and Ross	2003أ	ملاءمة الموقع وتحديد المنطقة	أسبانيا	الدنيس والقاروص	Idrisi 32, Cartalinx 1.2	رأي الخبراء، التقييم متعدد المعايير
Pérez, Telfer and Ross	2003ب	ملاءمة الموقع وتحديد المنطقة	أسبانيا	غير مذكورة	Idrisi 32.v1.1	رأي الخبراء، التقييم متعدد المعايير
Geitner	2004	ملاءمة الموقع وتحديد المنطقة	الدنمارك	تراوت قوس قزح	ArcView 3.2, ArcView GIS 8.2, Spatial Analyst	رأي الخبراء، المداخل مع الوزن، التأكيد الحقلي
Guneroglu *et al.*	2005	ملاءمة الموقع وتحديد المنطقة	تركيا	تراوت قوس قزح	Arcview 3.2 و ArcInfo 8.0.2	المداخل مع/بدون وزن
Pérez, Telfer and Ross	2005	ملاءمة الموقع وتحديد المنطقة	اسبانيا	الدنيس والقاروص	Idrisi 32 v 1.1, ERDAS Image v 8.3.1	رأي الخبراء، التقييم متعدد المعايير، تقدير الطاقة الاستيعابية للاقفاص
نظم المعلومات الجغرافية التي تستهدف ممارسة وإدارة الاستزراع المائي						
Pérez *et al.*	2002	التأثير البيئي لاستزراع المائي	المملكة المتحدة	سلمون الأطلنطي	Idrisi 32 v. 1.1	توزيع المخلفات الجزيئية لسلمون الأطلنطي، التأكيد الحقلي
Corner *et al.*	2006	التأثير البيئي لاستزراع المائي	المملكة المتحدة	سلمون الأطلنطي	Idrisi 32 plus extension	نموذج توزيع المخلفات الجزيئية لجميع أنواع السلمون، التأكيد الحقلي
التخطيط والإدارة متعددة القطاعات شاملة الاستزراع المائي						
Pavasovic	2004	التخطيط للاستزراع المائي في إطار الاستخدامات الأخرى للأرض والماء	كرواتيا	السلمون والمحار	ArcView 3.2 with Avenue scripts	المداخل والنمذجة الوزنية الخطية
Chang, Page and Hill	2005	التخطيط للاستزراع المائي في إطار الاستخدامات الأخرى للأرض والماء	كرواتيا	سلمون الأطلنطي	MapInfo Professional 7.0	المداخل مع/بدون وزن

شكل 3-10. خارطة ملاءمة الأمواج لمحطة بحرية (a)، الصاري (b) و أقفاص كوريلسا (c)



المصدر: Pérez (2003a)

شكل 3-11. خارطة بجميع المناطق المطلوب الحفاظ عليها



ملاحظة: اللون الأزرق الداكن يوضح المناطق التي لا تتمتع بأي حفاظ أو حماية. اللون الأزرق الفاتح يبين المناطق التي تقع خارج منطقة التحليل. الألوان الحمراء توضح عدد التداخلات مرتبة من 1 (فاتح) إلى 10 (داكن). العدد من 7-10 تحفظات تم عرضها في مجموعة واحدة. المناطق المحظور فيها الاستزراع البحري مظللة باللون الأسود. اللون الأصفر الفاتح يوضح المناطق الأرضية من الدنمارك والدول المحيطة بها.

المصدر: Geitner (2004)

يعتبر مناخ الأمواج أحد العوامل الهامة عند اختيار موقع منشآت الاستزراع المائي لأسباب عديدة. (1) احتمال تدمير هذه المنشآت بسبب العواصف، (2) التأثير الدائم لحركة الأمواج على المنشآت مما يؤثر على قدرة تحملها، (3) كما يجب الأخذ في الاعتبار تصميم وتشغيل القوارب التي سوف تخدم المواقع البعيدة عن الشاطئ. وقد تعامل بيريز وآخرون (Pérez, Telfer and Ross, 2003a) مع العاملين الثاني والثالث عند اختيار موقع لاستزراع الدنيس (*Sparus aurata*)

والقاروص (*Dicentrarchus labrax*) في الأقفاص العائمة في المياه المفتوحة لجزيرة تناريفا (Tenerife Island) في أسبانيا. استخدم نظام المعلومات الجغرافية في هذه الدراسة بطريقتين: (1) الفحص البصري لخواص بيئة الأمواج كخرائط نمطية، و (2) وضع خرائط مناسبة للأنظمة التجارية المختلفة لاستزراع الأسماك في الأقفاص.

لقد استخدم المؤلفون بيانات من 15 نقطة حول تناريفا لتقدير متوسط الأمواج وأعلى ارتفاع لها، طاقة الأمواج، واتجاه الأمواج خلال خمس سنوات. وقد استخدم التحليل العنقودي لتحديد أربع مناطق موجية ذات علاقة بكمية التعرض (التعرية). وقد تم استخدام تقنيات فورونوي تسيللاشون (Voronoi Tessellation) لاستنباط خرائط تحتوي على متوسط وأعلى ارتفاع للأمواج. بعد ذلك تم إعادة تصنيف ودمج هذه الخرائط باستخدام تقنيات التسجيل (scoring techniques) المرتبطة بمناخ الموجة وبخواص وتصميم الأنظمة الثلاثة للاقفاص التجارية. وكانت النتيجة عمل خريطة توضح مدى ملاءمة الأمواج لكل نوع من الأقفاص (شكل 3-10).

أجريت دراسة لتحديد المناطق المناسبة للاستزراع البحري في إطار التنمية الساحلية المتكاملة لإقليم مورسيا (Murcia) على الساحل الأسباني للبحر المتوسط (Servicio de Pesca y Acuicultura, 2000)، حيث كان استزراع الأسماك في الأقفاص العائمة يمارس بالفعل في تسعة مواقع بالمنطقة. ومن منظور إداري تم تدعيم الدراسة بمعلومات من جميع الهيئات المعنية بالتنمية والإدارة الساحلية، السياحة، التخريط (mapping) الساحلي، البيئة والقوات المسلحة. أما المعلومات الأساسية فقد تضمنت معلومات حول خطوط الأعماق (أقل من 25 مترا)، الشعاب الصناعية، هياكل السفن الغارقة، المحميات البحرية، الموانى، المناطق المأهولة، ومواقع الاستزراع السمكي الحالية أو التي تقوم بإجراءات الرخيص.

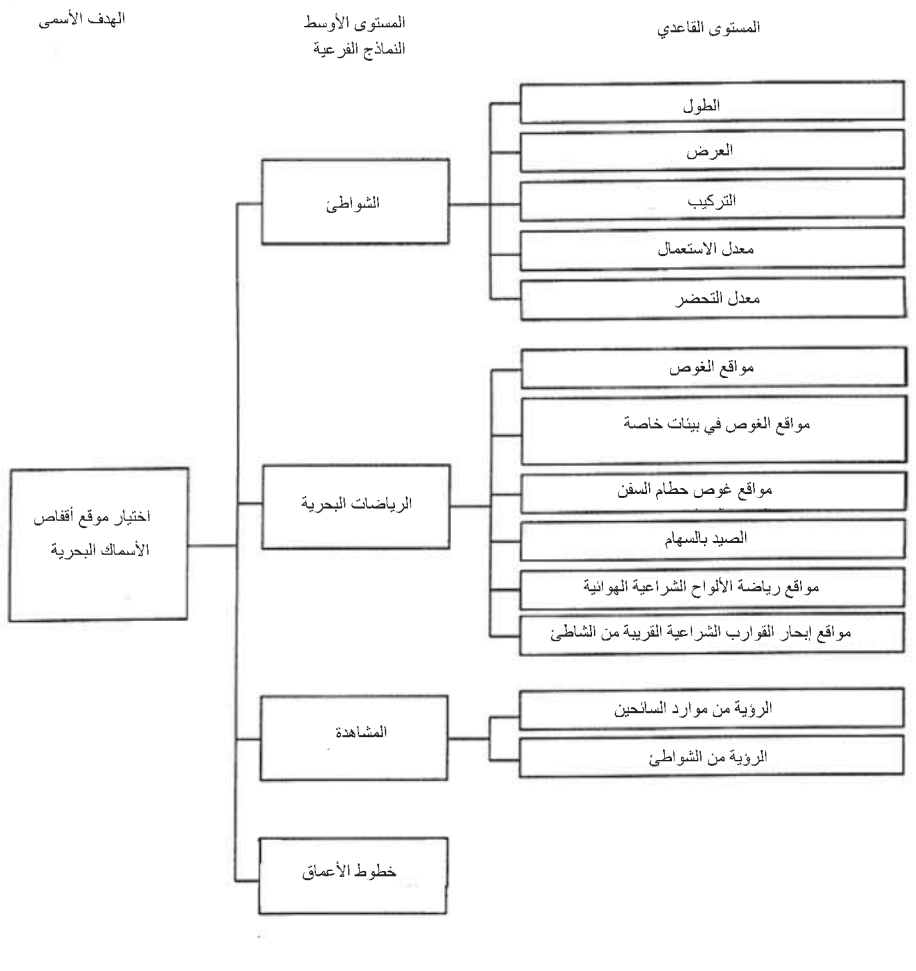
كانت الخطوة الأولى هي رسم خارطة للشاطئ من حيث اهتمامات ومحاذير ومعايير كل منطقة إدارية. وقد تم تصنيف ذلك إلى ثلاث مجموعات هي: (1) مناطق قابلة للاستزراع المائي ومتوافقة مع جميع الاستخدامات الأخرى، (2) مناطق تحتاج لمزيد من الدراسة والحصول عل تفويض، و(3) مناطق غير مناسبة لتنمية الاستزراع المائي. وقد أدى تكامل الاهتمامات لجميع الهيئات الإدارية إلى الوصول لخرائط للمناطق تصنف بمقتضاها على النحو التالي: كافية؛ كافية مع بعض التحفظات، غير كافية بسبب العمق، عدم التوافق مع البيئة، أسباب عسكرية؛ ومناطق يحظر استخدامها لأسباب عسكرية. خلصت الدراسة إلى التركيز على الحاجة إلى مشاركة جميع مستخدمي الساحل من أجل الحصول على نتائج إيجابية أكثر فاعلية.

سجل جيتنر (Geitner, 2004) استزراع تراوت قوس قزح (*Oncorhyncus myksis*) في اقفاص من شباك الغزل أو الأسلاك. كانت هذه الدراسة جزءا من مجهود واسع قامت به لجنة للاستزراع البحري تتكون من ممثلين عن وزارات عديدة، الجماعات المعنية بالصيد بالسنار والاستزراع البحري واستشاريين، لتحديد مستقبل الاستزراع البحري في المنطقة الحصرية الاقتصادية للدنمارك والبالغة 000 100 كم^2. وكان الهدف من هذه اللجنة هو تطوير الاستزراع البحري مع خفض آثاره البيئية في نفس الوقت.

تم الأخذ بنظم المعلومات الجغرافية في جزئين: (1) جزء يتعلق بتقييم عمليات الاستزراع البحري: قياس الأعماق، درجة الحرارة، الملوحة، سرعة التيار، ارتفاع الأمواج، وارتفاع المد و(2) جزء يتعلق بتضارب وتنافس الاستخدامات في صورة محاذير (عقبات) أو في صورة اعتبارات (عوامل): الاستزراع البحري القائم، منصات التنقيب عن البترول، مناطق صرف المخلفات، مناطق استخراج الأملاح الحالية والمحتملة، مناطق إلقاء الصرف الصحي، الخطوط الملاحية، المواسير والكابلات، المناطق العسكرية، المناطق الخطرة، المناطق المحمية، المناطق ذات الحساسية البيولوجية ومصبات الأنهار.

كان نظام التسجيل سهلا ومباشرا حيث تم إضافة عدد المحاذير والاعتبارات لأي منطقة معنية. تم تقييم حوالي 75% من المنطقة الحصرية الاقتصادية، وكان حوالي 25% من هذه المنطقة الحصرية الاقتصادية بدون محاذير أو اعتبارات، وبذلك كانت مناسبة للاستزراع السمكي في الأقفاص (شكل 3-11). أكد خبراء الاستزراع البحري المشاركون في المشروع بأن المناطق المناسبة للاستزراع التي قام بتحديدها نظام المعلومات الجغرافية كانت مطابقة لتصوراتهم السابقة حول المناطق الملائمة.

شكل 3-12 أ. نموذج تمثيلي لتحليل مدى ملاءمة تكامل الاستزراع السمكي البحري مع صناعة السياحة في تناريفا



المصدر: Pérez, Telfer and Ross (2003b)

تمت إضافة معايير أخرى لتحسين النموذج تشمل المسافة بين المنشآت الشاطئية والمنطقة المناسبة، وكذلك المناطق الشاطئية الترفيهية، أماكن قضاء العطلات، مناطق الصيد، المناطق الأثرية الهامة، ووجود الطحالب الكبيرة. وحتى يمكن تحسين القدرات التحليلية، اقترح المؤلف نظاما وزنيا أكثر تعقيدا.

تعتبر السياحة أهم القطاعات الاقتصادية في تناريفا، بجزر الكناري. على ضوء هذا قام بيريز وآخرون (2003ب) (Pérez,Telfer and Ross, 2003b) بتقييم تكامل وتواجد الأقفاص السمكية البحرية مع صناعة السياحة. تتميز تناريفا بعدد من المزايا للاستزراع البحري تشمل جاهزية السوق، درجة الحرارة المناسبة، الجودة العالية للمياه. إلا أن الأرض نادرة كما أن المناطق القريبة من الشاطئ قد تم تخصيصها لاستخدامات أخرى.

لقد قام المؤلفون بترتيب المعايير بشكل متسلسل إلى نماذج فرعية تتضمن الشواطئ، الرياضات البحرية، والمناظر الترفيهية (شكل 3-12أ). تم تسجيل ووزن المعايير في كل نموذج فرعي باستخدام تقنيات "التقييم متعدد المعايير" (Multiple Criteria Evaluation). تتم هذه العملية على خطوتين: (1) يتم تحديد الأهمية النسبية للمعايير في النموذج الفرعي بواسطة المقارنات المزدوجة، و (2) توضع الأوزان على كل نموذج فرعي. يجري أخيرا تكامل النتائج للتقدير النهائي الشامل.

أحد أهم معوقات مزارع الأقفاص السمكية بالقرب من الشاطئ هو التأثير السلبي على المنظر العام للمنطقة. ويحظى النموذج الفرعي الخاص بالمنظر العام بأهمية خاصة فيما يتعلق بهذا العامل. يعتمد نموذج الرؤية على استخدام الشواطئ والمباني السياحية المجاورة كنقط للملاحظة. وقد اعتمدت مدى رؤية موقع القفص السمكي المقترح على مسافة قدرها 2 كم باستخدام نموذج الارتفاع الرقمي (digital elevation model).

بعد دمج جميع النماذج الفرعية معا كانت النتيجة العامة هي أن 64% من المنطقة المتاحة كانت صالحة جدا وأن حوالي 10% كانت صالحة.

وبناء على ذلك، توسع نفس المؤلفين (Pérez, Telfer and Ross, 2005) في دراستهم في تناريفا من خلال الوضع في الاعتبار 31 وظيفة إنتاجية للاستزراع في الأقفاص في المياه المفتوحة البعيدة عن الشاطئ، وذلك بهدف الوصول إلى طريقة قياسية لاختيار مواقع الأقفاص في مياه الجزيرة. هذا التطبيق جدير بالإشادة بسبب العديد من العوامل الإنتاجية وغير الإنتاجية التي وضعت في الاعتبار لتقدير القدرة الحقيقية للأقفاص. كان هذا التوجه متعدد الجوانب والمعايير مماثلا لما وصفه المؤلفون في دراستهم السابقة. كان اتخاذ القرار في ثلاث مجموعات رئيسية مستندا على الأهمية النسبية لكل عامل إنتاجي. وقد تكونت كل مجموعة رئيسية من أربعة أفراد ذوي خبرة حقلية مختلفة. تضمنت المجموعات الثلاث ما يلي: (1) باحثين في الاستزراع المائي من قسم الاستزراع المائي التابع للمركز الأسباني لعلوم البحار في تناريفا، (2) مزارعين للأسماك البحرية في الأقفاص في منطقة تناريفا، و(3) طلابا للماجستير والدكتوراه، من ذوي خبرة في الاستزراع البحري، من معهد الاستزراع المائي بجامعة استرلنج بالمملكة المتحدة لبريطانيا العظمى وأيرلندا الشمالية. استخدم نظام الاستبيان للحصول على المعلومات الاسترجاعية. وقد تم ترتيب الوظائف الإنتاجية إلى نماذج فرعية اشتملت على سبعة عوامل ونموذجا فرعيا للمعوقات، وكذلك الوزن النسبي لكل عامل، كما يتضح من الشكل 3–12ب. وقد استخدم الاستشعار من بعد لتقدير درجة حرارة سطح البحر في النموذج الفرعي لجودة المياه.

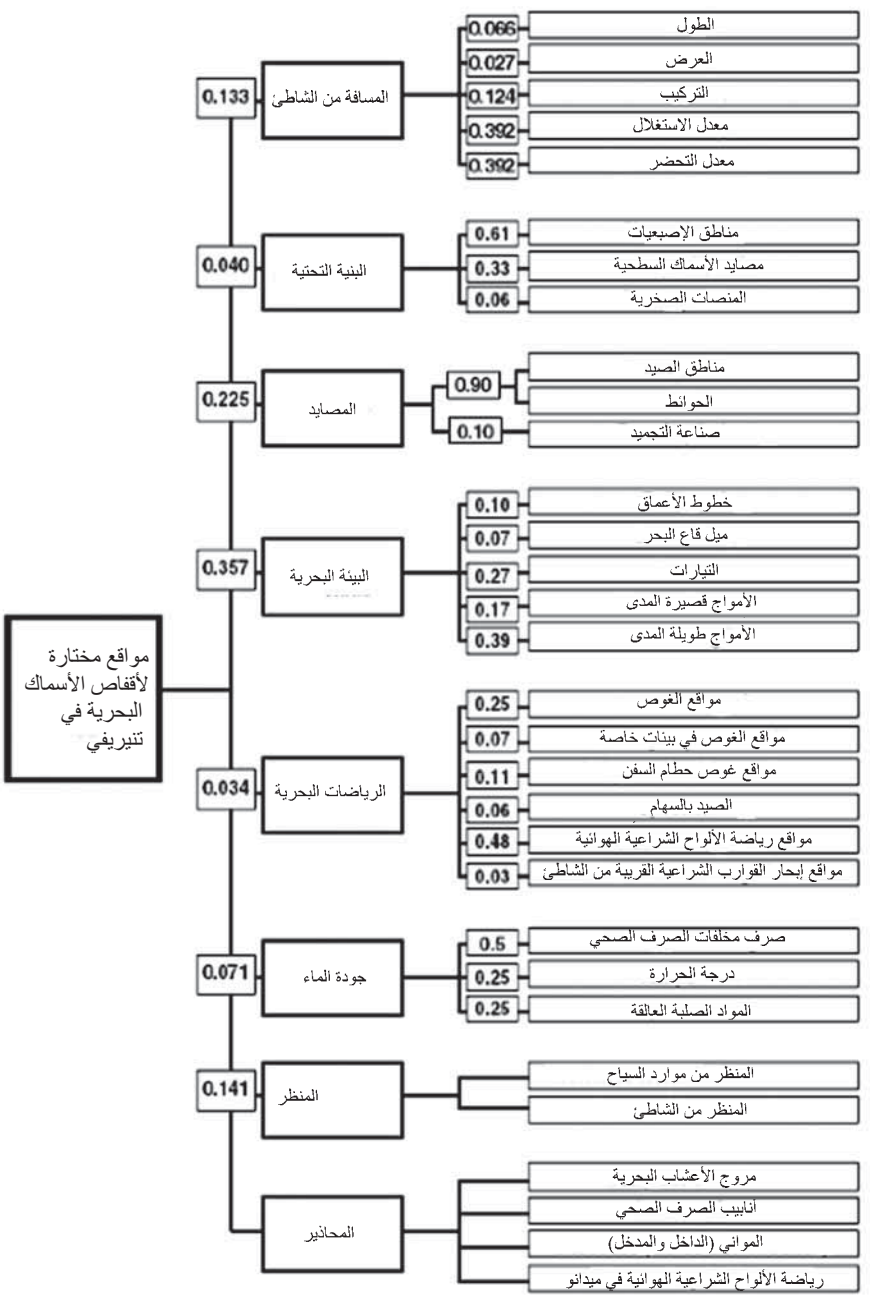
من بين مساحة متوفرة قدرها 228 كم^2 ثبت أن 37 كم^2 صالحة للاستزراع في الأقفاص في المياه المفتوحة المحيطية. وعند استخدام عدد من الافتراضات الخاصة بعدد وحجم الأقفاص وكذلك المسافة البينية بين الأقفاص خلص المؤلفون إلى إمكانية إنشاء 22 مزرعة تتكون كل منها من 12 قفصا سمكيا. عند وضع بعض الافتراضات الأخرى الخاصة بالإنتاج في الاعتبار قدر هؤلاء المؤلفون إنتاج هذه المزارع بحوالي 000 11 طن، تساهم بحوالي 0,5% من إجمالي الناتج المحلي في الجزيرة.

شملت التحسينات التي حددها المؤلفون وكان من الممكن أن تشملها الدراسة: إضافة نوع القاع وعلاقته بتكاليف القفص ونظام التثبيت على القاع، وكذلك قدرة البيئة على تمثيل مخلفات الأسماك وبقايا العلف. في هذا الصدد قام بيريز وآخرون (Pérez *et al*., 2002) بتطوير نموذج توزيع الجزيئات والحبيبات (particulate distribution model) (انظر الجزء الخاص بالتأثير البيئي للاستزراع المائي). إلا أن هذا النموذج لم يستخدم في هذا الدراسة بسبب عدم توفر بيانات عن التيارات المائية.

التخطيط الاستراتيجي للتنمية

تعتبر نتائج الأمثلة الثلاثة التي تم استعراضها بشأن الدراسات التي تجرى لاختيار مواقع الاستزراع المائي مؤشرا للمواقع المبشرة، ولكن مع مزيد من الدراسات التفصيلية التي يجب أن يقوم بها أولئك المعنيون من القطاع الخاص بتطوير الاستزراع البحري، أو القطاع الحكومي المعني بتخطيط المناطق الساحلية. وفي هذا السياق يمكن استعراض التطبيقات من زاوية ارتباطها بقضية التخطيط الاستراتيجي للتنمية. وعلى عكس بعض الأمثلة الأخرى الخاصة بالاستزراع السمكي في الأقفاص، فإن أحد الأمثلة يتعامل مع استزراع الأعشاب البحرية. وقد تم ذكر هذا المثال هنا لأن استزراع الأعشاب قد يستخدم هياكل ومنشآت تتدلى في الماء من أطواف أو حبال طويلة.

شكل 3-12ب. نموذج تمثيلي لتحليل مدى ملاءمة اختيار موقع الاستزراع السمكي البحري في الأقفاص في تناريفا (في شكل متسلسل) موضحا الأوزان الخاصة بالعوامل والنماذج التحتية المختلفة



المصدر: Pérez, Telfer and Ross (2003b)

تعتبر الدراسة التي قام بها كابيتسكي وآخرون (Kapetsky, McGregor and Nanne, 1987) من أوائل الدراسات التي أجريت على خليج نيكويا (Nicoya) في كوستاريكا حول استخدام نظم المعلومات الجغرافية. لم يكن الهدف من هذه الدراسة هو استزراع الأسماك في الأقفاص فقط، ولكنها شملت استزراع الرخويات في المناطق المدية وبين المدية وكذلك استزراع الجمبري (الروبيان) في الأحواض. ولذلك أخذت الدراسة في الاعتبار الحاجة إلى ساتر يتعلق بالعواصف والحماية من تدمير الأقفاص السطحية، وذلك من خلال تحديد اتجاهات الرياح والعواصف وكذلك حساب ارتفاعات الأمواج استنادا إلى سرعة وقوة واتجاه الرياح. كما أخذت في الاعتبار معايير السلامة والأمان فيما يتعلق بالقرب من الشاطئ، وسائل النقل، ملوحة وخواص الماء ومدى ارتباطها

باستخدامات الأرض. وفي دراسة موازية قام جاكيه (Jacquet, 1987) بتحليل الصور الخاصة بجودة مياه الخليج التي التقطها اللاندسات (Landsat).

كانت نتائج الدراسة مؤشرا على فرص تنمية الاستزراع المائي بصورة عامة، مع الإشارة إلى الحاجة لمزيد من الدراسات حول الماء والأرض. كما اقترحت بعض التحسينات بشأن التحديث وإضافة عوامل الإنتاج المتمثلة في البنية التحتية، الخصائص الفيزيائية والكيميائية للماء، استخدامات واقتصاديات الأرض.

لقد أخذ في الاعتبار البنية التحتية، خصائص الماء فيما يتعلق باستخدامات الأرض، عمق الماء، الحماية، وسرعة التيار عند تقييم مواقع الأقفاص السمكية العائمة، كجزء من إمكانات تنمية الاستزراع المائي في ولاية جوهور بماليزيا (Johor) (Kapetsky, 1989). لقد اتبعت هذه الدراسة نفس النهج الذي اتبعه كابيتسكي وآخرون (Kapetsky, McGregor and Nane, 1987)، ولكنها جرت لتدريب المسئولين الحكوميين على نظريات وتطبيقات نظم المعلومات الجغرافية، وكذلك للإسهام العملي في التخطيط الاستراتيجي.

قام يانج وآخرون (Young *et al*., 2003) بإجراء دراسة أرخبيلية لتقييم المناطق المناسبة للاستزراع المائي في الأقفاص في المياه المفتوحة في هاواي بالولايات المتحدة الأمريكية. وتعتبر هذه الدراسة مثالا للنتائج التي يمكن الحصول عليها عندما تكون هناك عقبات لخفض تكاليف المشروع. ولذلك تم استخدام البيانات المتوفرة، ونمذجة سرعة واتجاهات التيار، ولم يتم الحصول على أي بيانات حقلية. وقد أدت هذه المعوقات إلى ضرورة استخدام نموذج يحتوي على أربعة عوامل إنتاجية فقط، تتضمن قياس الأعماق، المناطق ذات القيود والحظر (المناطق العسكرية، المواني، مناطق الملاحة)، فصيلة الماء طبقا للوائح هيئة حماية البيئة الأمريكية، والبعد عن الشاطئ بمسافة 3 ميل (4,8 كم). وقد كانت إمكانية التباين بين أهمية العوامل الإنتاجية وإبراز المعايير داخل هذه العوامل أحد مظاهر هذا النموذج. ورغم محدودية هذا التوجه فقد كان مفيداً في التخطيط للاستزراع المائي في ربوع الولاية.

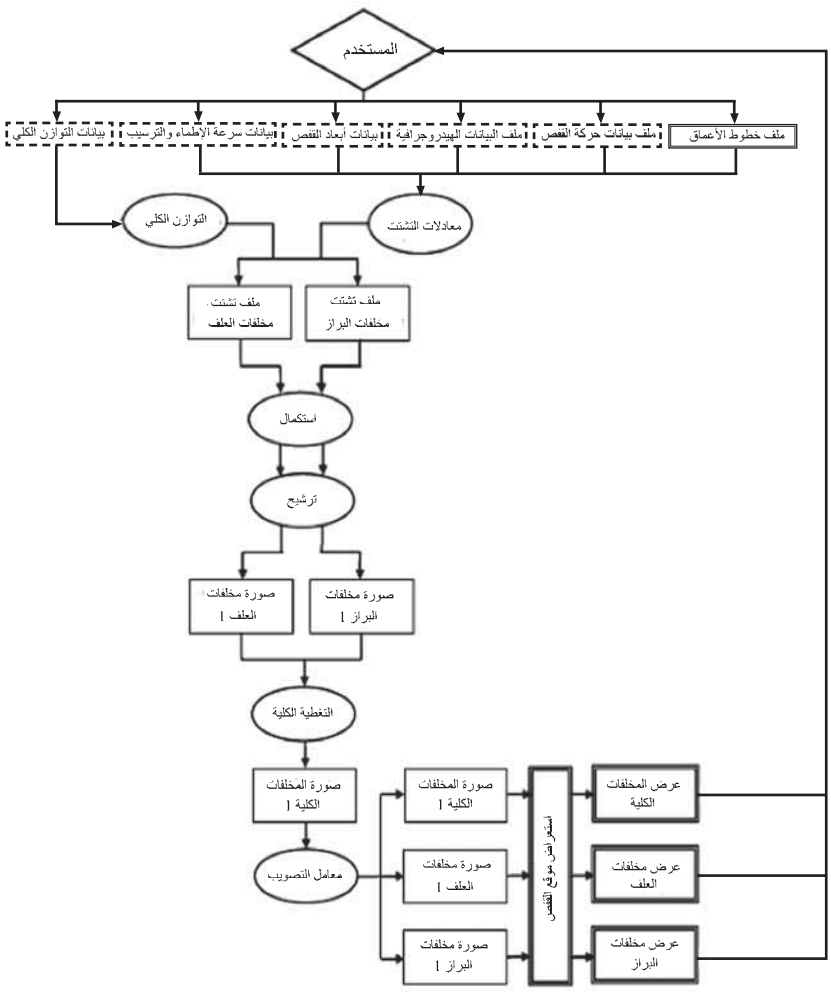
استخدام نظم المعلومات الجغرافية في ممارسة وإدارة الاستزراع البحري في الأقفاص

التأثير البيئي للاستزراع المائي

أحد أمثلة التأثير البيئي للاستزراع المائي هو مخلفات الأقفاص من بقايا العلف غير المستهلك ومخلفات الأسماك، حيث تؤثر هذه المخلفات على جودة الماء وعلى كائنات القاع بالقرب من مواقع الأقفاص. وإذا لم تتم معالجة هذه المخلفات في الرواسب القريبة فإنها قد تؤثر سلبا في صحة الأسماك المستزرعة وعلى البيئة الطبيعية المجاورة. وطبقا لكورنر وآخرون (Corner *et al*., 2006) فإن تقدير التأثير البيئي لمزارع الأقفاص باستخدام نماذج توزيع جزيئات المخلفات له العديد من التطبيقات التي تشمل طرقا اقتصادية لتقييم مخرجات اختيار الموقع ومحددات الكتلة الحيوية فيما يتعلق بقدرة البيئة المحيطة، وضع معايير للجودة، والمساعدة في اتخاذ القرار بشأن تنظيم وإدارة البيئة عن طريق اختبار عدد من سيناريوهات ما قبل الإنتاج تحت ظروف بيئية محددة.

قام بيريز وآخرون (Pérez *et al*., 2002) باستخدام نظم المعلومات الجغرافية لتطوير نموذج توزيع مخلفات أسماك سلمون الأطلنطي المستزرع في أقفاص سمكية. تم تطوير هذا النموذج في ثلاث خطوات رئيسية: (1) التحديد الكمي لأنواع المخلفات (العلف غير المستهلك، البراز) باستخدام تقنيات التوازن الكمي (mass balance techniques)، (2) حساب توزيع مكونات المخلفات، و(3) حساب ورسم الكنتور النهائي لتوزيع المخلفات باستخدام نظم المعلومات الجغرافية. كان الدور المحدد لنظم المعلومات الجغرافية هو أولا حساب قيم الكربون من التقديرات التي حددها النموذج. ثم استخدمت المرشحات لضبط التوزيع المكاني للكربون وعلاقته بالتغير الدائم في سرعة واتجاه التيار. تم اختبار النموذج مع بيانات تم جمعها من موقع إحدى مزارع السلمون. أثبتت النتائج وجود ارتباط قوي بين قيم الكربون المحسوبة والقيم الحقيقية. وبذلك كانت نتيجة استخدام نظم المعلومات الجغرافية هو رسم خريطة كنتورية توضح توزيع وتركيز مخلفات الأسماك والعلف غير المستهلك على القاع في صورة كربون لعدد 18 قفصا على صفين كل منهما 9 أقفاص، إضافة إلى المنطقة المجاورة للأقفاص. تنبأ المؤلفون بإمكانية تطبيق النموذج في: تقييم الأثر البيئي، وضع برامج للرصد، إختيار الموقع، إدارة المزرعة، ووضع سيناريوهات "ماذا لو" بسرعة.

شكل 3-13. تصميم للنموذج التكاملي

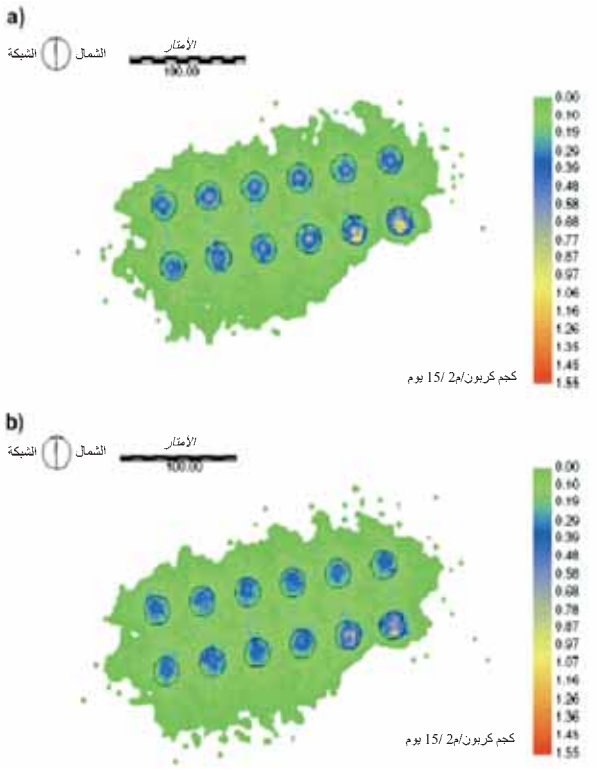


المصدر: Corner *et al*. (2006)

تم التوسع في عمل بيريز وآخرون بواسطة كورنر وآخرون (Corner *et al*., 2006) حتى يمكن دمج النموذج بشكل كامل في نظم المعلومات الجغرافية. ميزة هذه الطريقة مقارنة بالجمع بين الطريقة الورقية ونظم المعلومات الجغرافية التي استخدمها بيريز وآخرون هي أنها تضمن عدم فقد أي معلومات عند استخدام بيانات من مصادر مختلفة. كما أن مخرجات نموذج تشتت المخلفات يمكن أن يصبح أحد خطوات التنمية المتكاملة للمنطقة الساحلية (integrated Coastal Zone Management) من خلال إدارة موقع الاستزراع المائي. الإطار العام للنموذج يوضحه الشكل 3-13. وقد تم قياس مدى صلاحية النموذج عن طريق مقارنة توقعاته مع نتيجة الترسبات التي جرى قياسها عند مزرعة سمكية في الساحل الغربي لاسكتلندا، باستخدام شباك تجميع الرسوبيات خلال ثلاث رحلات حقلية مدة كل منها أسبوعان.

أحد الابتكارات الأخرى من هذه الدراسة هو حساب تأثير حركة الأقفاص السمكية على تشتت المخلفات (شكل 3-14). وبالتالي فإن مخرجات هذا النظام هو عمل مجموعة من الصور يمكن من خلالها الحصول على مزيد من المعلومات البيانية أو الإحصائية اعتمادا على متطلبات التطبيق. كما يمكن لهذا النظام العمل عند أي درجة نقاء فراغي، كما أن مساحة 1 م^2 التي استخدمت في هذه الدراسة مناسبة لنمذجة تشتت المخلفات، مع امكانية استخدام مقاييس أكبر لتقييم الأنظمه المعقدة متعددة المواقع.

شكل 3-14. صورة كونتورية لمزرعة سمكية تظهر تراكم الكربون المتوقع من البراز في رواسب القاع باستخدام نموذج نظم المعلومات الجغرافية للتشتت. نموذج الأقفاص الساكنة (a)، نموذج الأقفاص المتحركة (b)



المصدر: Corner *et al.* (2006)

وقد تأثرت درجة دقة النموذج، التي بلغت 58%، بالفروق بين القيم المحسوبة والقيم المسجلة تحت الأقفاص وبعيدا عنها. أشار المؤلفون إلى وجود تطبيقين رئيسيين اثنين لنموذج تشتت المخلفات، هما (1) إمداد الصناعة بوسيلة سهلة يمكن اختبارها على مستوى المزرعة، و(2) الإدارة البيئية لمواقع الاستزراع المائي بما تشمل من أمور مثل التنبؤ بالقدرة الاستيعابية، التداخل بين الأرض والماء، والتأثيرات متعددة المواقع.

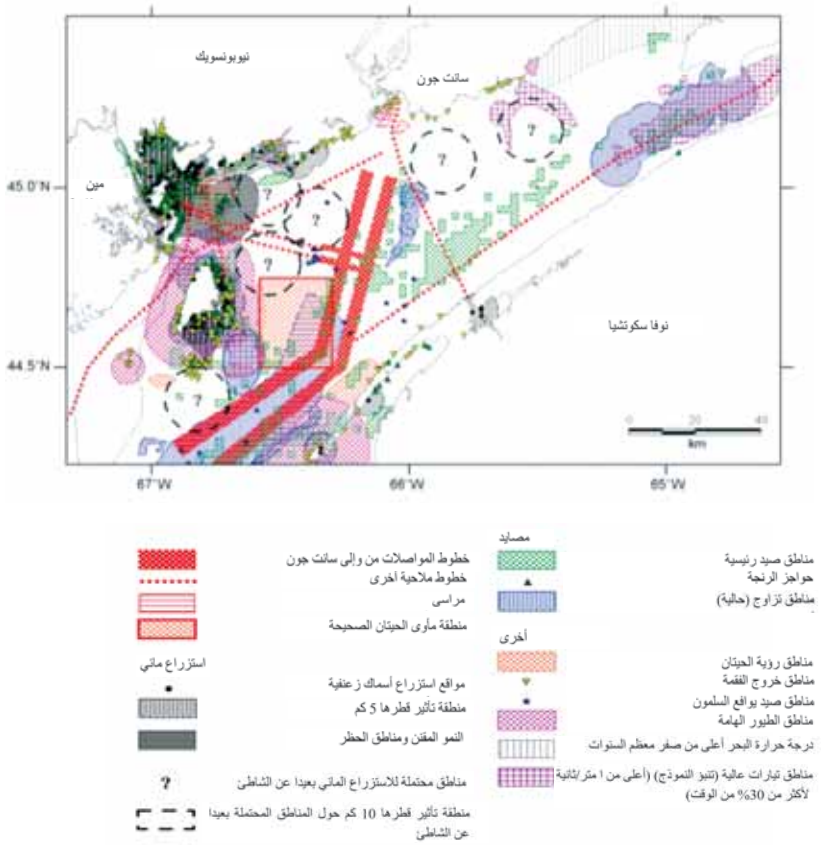
لقد جذبت هذه الدراسة، من وجهة نظر نظم المعلومات الجغرافية، الأنظار بأهمية المديولات (النماذج) التي عرفها المستخدم على أنها "إرشاد". كما يمنح العمل من خلال نظم المعلومات الجغرافية الفرصة لتطوير تطبيقات جديدة.

استخدام نظم المعلومات الجغرافية في التنمية والإدارة متعددة القطاعات بما فيها الاستزراع البحري في الأقفاص

التخطيط للاستزراع المائي بين الاستخدامات الأخرى للأرض والماء

هناك ندرة في دراسات تنمية المناطق الساحلية التي تتضمن الاستزراع المائي كأحد الاستخدامات، أو التي تلقي اهتماما خاصا بالاستزراع المائي؛ إلا أن دراسة (Pavasovic, 2004) تعتبر استثناء لذلك. هذه الدراسة جديرة بالإشارة لأنها تغطي المضمون الواسع لتنمية المنطقة الساحلية، ولأن نتائجها ليست تقريرا فنيا أو مطبوعة علمية، بل هي أداة صممت ليستخدمها المسئولون عن تنمية المنطقة الساحلية الذين لديهم فقط معلومات أساسية عن نظم المعلومات الجغرافية. لقد قام المؤلف بفحص موقعين بالجانب الكرواتي للبحر الأدرياتيكي لدراسة ملاءمتهما للاستزراع المائي. عرف هذا المشروع باسم "خطة تنمية المناطق الساحلية في كرواتيا مع التركيز على الاستزراع البحري". وكان الهدف من هذا المشروع هو إعداد إرشادات وإجراءات لتخطيط، تكامل، ورصد الاستزراع البحري في كرواتيا. وقد شارك في هذا العمل العديد من الوزارات والمؤسسات البحثية والخبراء المحليين والدوليين.

شكل 3-15. الاستزراع المائي في المياه المفتوحة في خليج فندي في كندا



المصدر: Chang, Page and Hill (2005)

كان الهدف من استخدام نظم المعلومات الجغرافية هو:

1. سهولة الاستخدام: يجب أن تكون هذه الأداة سهلة حتى يستطيع الأفراد ذوو الخبرات المحدودة في برامج نظم المعلومات الجغرافية استخدامها.
2. مرونة التحليل: يجب أن تكون الأداة قادرة على اختبار السيناريوهات المختلفة.
3. الشفافية في عملية النمذجة: يجب أن تجعل الأداة "الصندوق الأسود" بين المدخلات البيانية والنتائج شفافا بقدر المستطاع خاصة فيما يتعلق بفهم كيفية تأثير قيم معينة في عناصر بعض النماذج على النتائج النهائية.
4. يجب أن تكون الأداة متعددة الاستعمالات: يجب أن تساعد في التحليلات بجانب الاستزراع البحري من خلال تحورات في قاعدة البيانات.

وعلى الرغم من أن الاستخدام الرئيسي لهذه الأداة هو "تحليل الملاءمة" فإن الهدف الخفي هو تحقيق إمكانية "التخطيط التشاركي" (participatory planning) للأداة. أي أن الأفراد من العامة الذين لديهم رغبة اقتصادية في بعض التطوير يمكنهم استخدام هذه الأداة لفهم موضوعية الاجراءات التحليلية وكذلك للاستفادة من طرح سيناريوهات مختلفة للوصول إلى المواقع البديلة. ولتحقيق هذه الأهداف تقوم نظم المعلومات الجغرافية بدعم ثلاث معاملات هي: (1) تصنيف المعايير (عوامل الإنتاج)، (2) النمذجة بهدف إبعاد المناطق التي لا تتفق مع المعايير التي حددها المستخدم، (3) النمذجة الوزنية الخطية التي تعطى فيها المعايير أوزانا معينة. المعاملتان الأخيرتان تدعم كل منهما خمسة سيناريوهات.

قام شانج وآخرون (Chang, Page and Hill, 2005) بدراسة شاملة للاستزراع البحري من حيث الاستخدامات المتنافسة، من خلال تحليل الاستزراع البحري في المياه المفتوحة في خليج

فوندي (Bay of Fundy) كندا. كان الهدف من الدراسة هو رسم خارطة للمنطقة لمساعدة صناعة الاستزراع المائي، مديري المناطق الساحلية، والمستفيدين في التشاور والتفكير في إمكانات الاستزراع المائي. يبلغ الجزء الكندي من خليج فوندي 300 15 كم^2، كما يتراوح عمق المياه المفتوحة به بين 50–200 مترا، أما المد فيتراوح بين 4 أمتار إلى أكثر من 12 مترا.

كانت إحدى مزايا هذه الدراسة هي المعلومات التي تم الحصول عليها بشأن استزراع سلمون الأطلنطي في الأقفاص، الذي كان يمارس بالفعل بالقرب من الشاطئ.

وقد تضمنت عوامل الإنتاج التي درسها المؤلفون: البيئة الطبيعية، الاستزراع السمكي البحري القائم بالفعل، النقل البحري، المصايد الطبيعية، والأنواع المحمية أو المهددة والمناطق المحمية (شكل 3-15). أوضحت نتائج الدراسة أنه لا توجد مناطق داخل الخليج لا تتنافس عليها الاستخدامات. وبذلك خلص المؤلفون إلى أن التحديات الرئيسية التي تواجه إدارة الخليج هي:

1. الإقلال من التعارض والتداخل في المنطقة إلى الحد الأدنى.
2. التوازن بين التأثيرات البيئية المحتملة للاستزراع المائي في المياه المفتوحة والفوائد الاقتصادية والاجتماعية والبيئية لهذا النشاط.

ولذلك تبنى المؤلفون توجها تحليليا يتضمن عددا من المراحل. كانت المرحلة الأولى عبارة عن خارطة بالمحظورات توضح الأماكن غير المسموح فيها بإقامة منشآت الاستزراع المائي إما لأسباب طبيعية (مثل خطورة انخفاض درجة الحرارة تحت مستوى تحمل السلمون) أو بسبب التنافس على الاستخدام (أكثر مناطق الصيد الطبيعي إنتاجا، أكثر خطوط النقل البحري حركة). أما المرحلة الثانية فكانت محاولة لتوازن ملاءمة الاستزراع السمكي في المناطق ذات الاستخدامات الأقل تنافسية.

ولمعرفة عدد المواقع التي يمكن استخدامها في الاستزراع المائي في المياه المفتوحة في منطقة ما أخذ المؤلفون المسافة الفاصلة التي تساوي مسافة مدية واحدة كمعيار. ولذلك كلما زادت سرعة التيارات المدية زادت المسافة المدية وزادت معها المسافة بين المواقع.

أخيرا، فيما يتعلق بالبيانات وتضمين عوامل إنتاجية أخرى، أوضح المؤلفون أنه توجد قضايا وأنشطة لا تتوافر عنها أي معلومات فراغية (مثل صيد جراد البحر والبيئة الحساسة للسلمون) أو أن المعلومات عنها غير كافية (مثل التيارات المائية وارتفاع الأمواج).

3-3-2 مقدمة عن استخدام نظم المعلومات الجغرافية في استزراع الرخويات (الأسماك لصدفية)

توجد فرص عديدة لتطبيق نظم المعلومات الجغرافية والاستشعار من بعد في استزراع الرخويات، وأحد هذه الفرص هو أن استزراع الرخويات يجري في معظم الأحيان في المناطق الضحلة القريبة من الشاطئ. هذا القرب من الشاطئ يجعل من البيئة وخاصة جودة الماء، الأمراض والتنافس على استخدام الموقع عوامل إنتاجية يجب أن تكون لها أولوية التحليل. كما أن المناطق القريبة من الشاطئ تتميز بوفرة وتفاصيل المعلومات حولها مقارنة بالمناطق المفتوحة. وأخيرا فإن إنتاج الرخويات من حيث الوزن أكثر من إنتاج الأسماك الزعنفية (الجزء 3-2-1). ولذلك فليس من المستغرب أن تكون تطبيقات نظم المعلومات الجغرافية في استزراع الرخويات أكثر عددا وتنوعا عنها في استزراع الأسماك في الأقفاص.

تتعامل بعض المراجعات هنا مع نظم المعلومات الجغرافية والرخويات وليس مع استزراع الرخويات تحديدا. إلا أنه يمكن تبني هذه التطبيقات بسهولة في حالات استزراع الرخويات. وقد تم ترتيب المراجعات هنا، كما في الجزء السابق، طبقا للمجموعات الرئيسية والفرعية من القضايا (جدول 2-1). يتضمن الجدول (3-5) تلخيصا لهذه التطبيقات.

جدول 3-5. ملخص لتطبيقات نظم المعلومات الجغرافية في استزراع الأسماك الصدفية، مرتبة طبقا لأهم القضايا

المؤلفون	العام	أهم القضايا	النظام	الدولة	الأنواع	البرمجيات	دعم القرار
نظم المعلومات الجغرافية التي تستهدف تنمية الاستزراع المائي							
Scott and Ross	1998	ملاءمة الموقع وتحديد المنطقة	غير مذكور	البرازيل	بلح البحر	IDRISI 2.0	رأي الخبراء، التقييم متعدد المعايير
Scott, Vianna and Mathias	2002	ملاءمة الموقع وتحديد المنطقة	الحبال الطويلة، الفانوس، بعيدا عن القاع	البرازيل	المحار وبلح البحر	ArcView 3.0, SPRING 3.5	رأي الخبراء، التقييم متعدد المعايير، تقدير الطاقة والإنتاجية، التأكيد الحقلي
Buitrago *et al.*	2005	التخطيط الاستراتيجي للتنمية	الأطواف	فنزويلا	المحار	MapInfo 6.0	رأي الخبراء، التقييم متعدد المعايير
نظم المعلومات الجغرافية التي تستهدف ممارسة وإدارة الاستزراع المائي							
Jefferson *et al.*	1991	مسح ورصد الاستزراع المائي والبيئة	القاع	الولايات المتحدة	المحار	ARC/INFO	التخريط وتوصيف شعاب المحار
Legault	1992	مسح ورصد الاستزراع المائي والبيئة	غير مذكور	كندا	شيك	نظام معلومات الموارد بمساعدة الحاسب الآلي (CARIS)	قياس تأثير التلوث على استزراع الرخويات من الناحية الاقتصادية
Smith and Jordan	1993	مسح ورصد الاستزراع المائي والبيئة	القاع	الولايات المتحدة	المحار	غير مذكور	نظام معلومات إدارة المحار بمساعدة نظم المعلومات الجغرافية
Smith, Jordan and Greenhawk	1994	مسح ورصد الاستزراع المائي والبيئة	القاع	الولايات المتحدة	المحار	غير مذكور	نظام معلومات إدارة المحار بمساعدة نظم المعلومات الجغرافية، استخدم نظام المعلومات الجغرافية للإدارة، البحوث والتعليم
Durand *et al.*	1994أ،ب	استعادة بيئة (موئل) الاستزراع المائي	القاع	فرنسا	المحار	ARC-INFO	المداخل مع أو بدون أوزان
Jordan, Greenhawk and Smith.	1995	مسح ورصد الاستزراع المائي والبيئة	القاع	الولايات المتحدة	المحار	غير مذكور	إدارة المحار بمساعدة نظم المعلومات الجغرافية، استخدم نظام المعلومات الجغرافية للإدارة، البحوث والتعليم
Smith and Greenhawk	1996	مسح ورصد الاستزراع المائي والبيئة	القاع	الولايات المتحدة	المحار	غير مذكور	توصيف، مسح وتخريط شعاب المحار
Smith, Greenhawk and Homer	1997	مسح ورصد الاستزراع المائي والبيئة	القاع	الولايات المتحدة	المحار	غير مذكور	البروفيل تحت القاعي وسونار المسح الجانبي. استخدم نظم المعلومات الجغرافية لمعرفة الترسيب عبر شرائط وشعاب المحار
Populus *et al.*	1997	مسح ورصد الاستزراع المائي والبيئة	بعيدا عن القاع	فرنسا	المحار	ArcView, Spatial Analyst	نظم المعلومات الجغرافية، من خلال تقديم أداة التصوير والتحرير، قاعدة بيانات، وظائف برمجة وتخريط تسمح بالاستفادة القصوى من الشكل الرقمي من طبقات البيانات وحساب الأدلة الضرورية للإدارة الصحيحة للموارد الساحلية المهمة اقتصاديا.

المؤلفون	العام	أهم القضايا	النظام	الدولة	الأنواع	البرمجيات	دعم القرار
Loubersac *et al.*	1997	مسح ورصد الاستزراع المائي والبيئة	بعيدا عن القاع	فرنسا	المحار	ARC/INFO v. 7 ARC/VIEW Spatial Analyst ERDAS Imagine v. 8.3 ERDAS Orthomax	نظم المعلومات الجغرافية، من خلال تقديم أداة التصوير والتحرير، قاعدة بيانات، وظائف برمجة وتخريط تسمح بالاستفادة القصوى من الشكل الرقمي من طبقات البيانات وحساب الأدلة الضرورية للإدارة الصحيحة للموارد الساحلية المهمة اقتصاديا.
Goulletquer *et al.*	1998	مسح ورصد الاستزراع المائي والبيئة	بعيدا عن القاع	فرنسا	المحار	غير مذكور	نماذج الإنتاج، الطاقة الاستيعابية لاستزراع المحار
Soletchnik *et al.*	1999	مسح ورصد الاستزراع المائي والبيئة	على/بعيدا عن القاع	فرنسا	المحار	غير مذكور	نماذج الإنتاج، الطاقة الاستيعابية لاستزراع المحار
Smith, Bruce and Roach	2001	مسح ورصد الاستزراع المائي والبيئة	القاع	الولايات المتحدة	المحار	MapInfo	تقييم بيئة المحار
Smith *et al.*	2001	مسح ورصد الاستزراع المائي والبيئة	القاع	الولايات المتحدة	المحار	MapInfo	تقييم بيئة المحار, أنواع القاع المصاحب
Smith, Roach and Bruce	2002	مسح ورصد الاستزراع المائي والبيئة	القاع	الولايات المتحدة	المحار	MapInfo	التقنيات البصرية ونظم المعلومات الجغرافية لتقييم المواقع، الأصل الجيولوجي والتركيب لأشرطة المحار
Bacher *et al.*	2003	مسح ورصد الاستزراع المائي والبيئة	القاع بين المدي	الصين	الإسكالوب	ArcView, Avenue	الطاقة الاستيعابية وعلاقتها بنضوب غذاء الاسكالوب. استخدم نظم المعلومات الجغرافية لإنتاج خرائط باتساع الخليج لنضوب السستون seston ونمو الإسكالوب
Carswell, Cheeseman, and Anderson	2006	مسح ورصد الاستزراع المائي والبيئة	القاع بين المدي	كندا	البطلينوس (الإكلام)	ArcView (النسخة غير مذكورة)	مسح استزراع الاكلام وتقدير التأثيرات البيئية لاستزراعه على تجمعات الطيور
Vincenzi *et al.*	تحت الطبع 2006	مسح ورصد الاستزراع المائي والبيئة	القاع	إيطاليا	البطلينوس (الإكلام)	Surfer v. 7.02	الطاقة الاستيعابية لبطلينوس مانيلا من حيث الإمكانية الإنتاجية، نماذج ملاءمة الموائل، رأي الخبراء والأوزان
التخطيط والإدارة متعددة القطاعات شاملة الاستزراع المائي							
Arnold, Norris and Berrigan; Arnold and Norris; Arnold *et al.*	1996، 1998، 2000	المصايد والاستخدامات المتنافسة الأخرى	القاع	الولايات المتحدة	البطلينوس الصلب	ArcView, Spatial Analyst	مواقع ترخيص استزراع الإكلام الصلب باستخدام نظام المعلومات الجغرافية، المداخل مع/بدون الأوزان
Center for Coastal Resources Management	1999	المصايد والاستخدامات المتنافسة الأخرى	القاع	الولايات المتحدة	البطلينوس الصلب	غير مذكور	المداخل، ملاءمة بيئات الإكلام والنباتات المائية المغمورة. اعتبرت النتائج بداية لتحديد عدد من الاختيارات للنقاش حول السياسة.
Dolmer and Geitner	2004	المصايد والاستخدامات المتنافسة الأخرى	الحبال الطويلة	الدنمارك	بلح البحر	غير مذكور	المداخل والاوزان

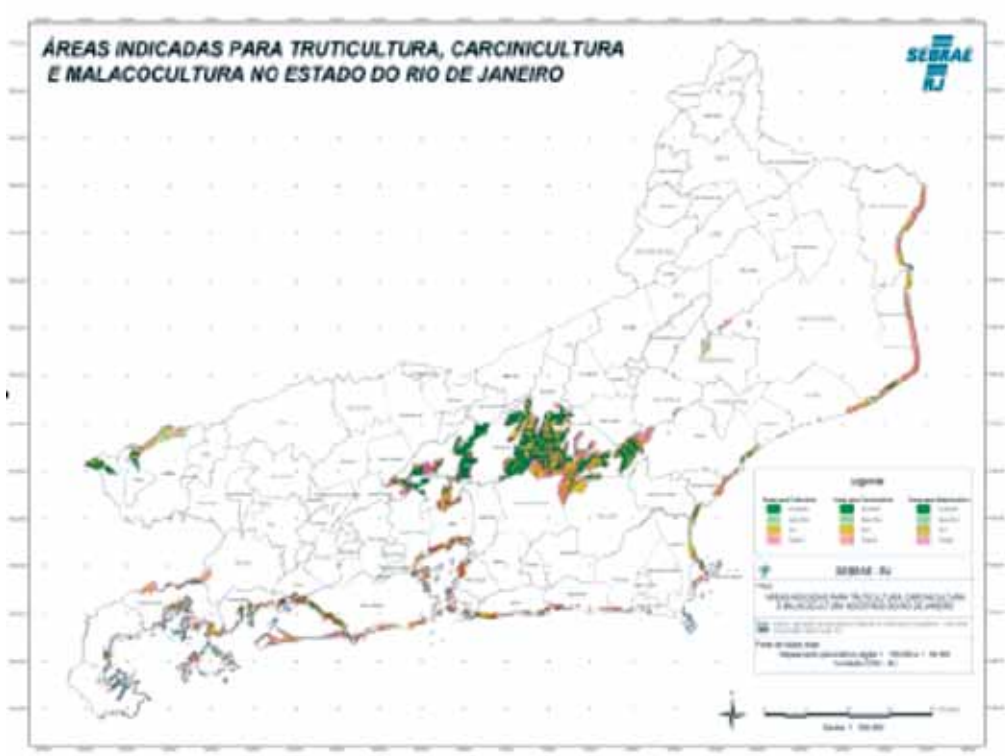
نظم المعلومات الجغرافية التي تستهدف تنمية استزراع الأسماك الصدفية (الرخويات)

مدى ملاءمة الموقع والمنطقة

قام سكوت وروس (Scott and Ross, 1998) بدراسة إمكانية استزراع بلح البحر (*Perna perna*) في خليج سيبيتيبا (Sepetiba Bay) في ولاية ريودي جانيرو بالبرازيل. هذا الخليج الذي تبلغ مساحته 544 كم^2 يقع تحت ضغط شديد ناتج من خط الميناء ومن التنمية الصناعية ومخلفات الصرف الصحي غير المعالجة. تم في هذه الدراسة تقسيم المعايير الإنتاجية إلى نماذج فرعية تشمل جودة الماء (درجة الحرارة، الكلوروفيل، الملوحة، الأكسجين الذائب، والبكتيريا العصوية البرازية، الساتر (ارتفاع الأمواج، سرعة التيار) والبنية التحتية (البعد من المراكز الحضرية، الطرق الرئيسية، مناطق الصيد، ومصادر زريعة بلح البحر). تم وضع حدود لكل معيار من المعايير وتم تقسيمها إلى أربعة مجموعات تتراوح بين "مثالي" إلى "غير كاف". أما المعوقات فقد تمثلت في زيادة التلوث، زيادة تعكير الماء، التعارض والتنافس في الاستخدامات، المناطق المستخدمة من قبل القوات المسلحة وفي الملاحة، صيد الجمبري بالجر وأعمال الموانى. عموما، وجدت الدراسة أن 10 000 هكتار كانت "مثالية" وأن 9 600 هكتار كانت "كافية أو مناسبة" وأن 1 270 هكتارا كانت "هامشية".

استنادا إلى هذه الدراسة، قام سكوت وآخرون (Scott, Vianna, and Mathias, 2002) بوصف الأقاليم والبلديات ذات الظروف المناسبة لتنمية الاستزراع المائي في ولاية ريو دي جانيرو بالبرازيل. تم تقديم الدعم لهذه الدراسة من منظمة تدعم الأعمال الصغيرة. وتجدر الإشارة إلى هذا العمل نظرا لشموليته في العديد من الجوانب، حيث أنه: (1) يغطي الاستزراع المائي بطول الساحل (استزراع بلح البحر، المحار والجمبري) وعلى الأرض (الأسماك، الضفادع) و (2) يقارن بين النتائج من حيث الطاقة الإنتاجية للاستزراع المائي وحاجة السوق من هذا الإنتاج من منظور الاكتفاء الذاتي بالولاية (جدول 3–6 وشكل 3–16).

الشكل 3.16
ملاءمة استزراع الروبيان والرخويات وسمك السلمون المرقط في جميع أنحاء دولة ريو دي جانيرو، البرازيل



المصدر: Scott, Vianna and Mathias (2002)

وقد توصل المؤلفون إلى تقدير للمناطق الملائمة من خلال إعطاء كل عامل إنتاجي خاص بكل نوع مستزرع أوزانا نسبية تتراوح من 1-10. منح هذا الوزن اعتمادا على خبرة أعضاء المجموعة وكذلك المناقشات الخاصة بالأهمية النسبية لكل عامل إنتاجي لكل نوع مستزرع. تم التحقق من هذا الإجراء من خلال عرض خرائط المناطق الملائمة على الخبراء الإرشاديين ذوي الخبرة، الذين قاموا بدورهم بتقييم النتائج استنادا إلى خبراتهم ومعرفتهم الخاصة. وقد أثبت التقييم وجود اتفاق بين نتائج النماذج وبين المناطق المعروفة بمستوياتها المتفاوتة من حيث الملاءمة.

جدول 3-6. اختصار لنمذجة نتائج إمكانيات ومتطلبات ريو دي جانيرو

النوع	الإنتاجية (كجم/هكتار/عام)	المنطقة المناسبة (هكتار)	المنطقة المطلوبة لتغطية الاحتياجات (هكتار)	نسبة المنطقة المناسبة المطلوبة للاكتفاء الذاتي	معامل التفضيل لتغطية منتجات الاستزراع المائي في الولاية
جمبري بحري	2 000	47 331	264	0,5578	0,8355
البلطي	5 700	2 060 189	29,5	0,0014	0,0933
أسماك استوائية	4 300	2 060 189	20,1	0,0010	0,0636
بلح البحر	25 000	16 448	1,9	0,0117	0,0061
المحار	115 000	16 448	0,1	0,0008	0,0004
الإسكالوب	60 000	16 448	0,04	0,0002	0,0001
التراوت	72 000	161 115	0,3	0,0002	0,0008
الضفادع	75 000	3 186 768	0,06	0,000	0,0002

الجمبري البحري = *Litopenaeus vannamei*، البلطي = سلالات وهجائن بلطي أحمر من البلطي النيلي (*Oreochromis niloticus*)، الأسماك الاستوائية = *Colossoma macropomum*, *Piaractus mesopotamicus*, *Colossoma brachypomum* وهجائنها، المحار = *Cassostrea rhizophorae*، الإسكالوب = *Nodipecten nodosus*، التراوت = *Oncorynchus mykiss*، الضفادع = *Rana catesbiana*.

المصدر: Scott, Vianna and Matias (2002)

التخطيط الاستراتيجي للتنمية

قام بوتراجو وآخرون (Buitrago *et al*., 2005) بتقييم إمكانية استزراع المحار على الأطواف في اللاجونات في منطقة ايلا مارجريتا (Isla Margarita) في فنزويلا، وفي جزيرتين أخريين صغيرتين مجاورتين. بلغت المساحة الكلية لهذه المناطق 900 3 كم^2. وهذه الدراسة جديرة بالإشادة لأنها تهدف إلى اختيار موقع الاستزراع المائي المجتمعي، وأيضا لأن عددا كبيرا من الخبراء قد شاركوا في اتخاذ القرار، وأيضا بسبب تبني توجه غير تقليدي عند النظر إلى العوامل الإنتاجية. وقد أخذ في الاعتبار 20 عاملا إنتاجيا، تم تصنيفهم إلى أربعة مجموعات هي: (1) عوامل تؤثر في إعاشة المحار (عوامل بيئية داخلية)، (2) عوامل ترتبط بنجاح الاستزراع (عوامل بيئية خارجية)، (3) عوامل لوجستية، (4) عوامل اجتماعية واقتصادية. قام 18 خبيرا في المجالات المرتبطة باستزراع الرخويات من الجامعات، المراكز البحثية، المؤسسات الحكومية والشركات الخاصة بتدوين وتسجيل المحاذير في قائمة العوامل على أن يكون المجموع الكلي للنقط المسجلة 100. كانت أهمية كل عامل تستند إلى متوسط الاستجابات الخاصة به. بعد ذلك تم تخصيص هذه العوامل إلى خمسة رتب من حيث الملاءمة (تتراوح بين "نموذجية أو مثالية" إلى "محدودة") مع اعتبار متوسط التسجيل على أنه الرتبة الأعلى (جدول 3–7). بعد ذلك يجري تخريط كل عامل من العوامل العشرين، ثم تنشر كل خارطة إلى الرتب الخمسة مثلما استخدم في حالة تسجيل العوامل (شكل 3–17أ).

استند تخصيص الرتب إلى الخرائط على معلومات متنوعة تتضمن نتائج الدراسات السابقة، الاستبيانات، المقابلات الشخصية، والخبرة الشخصية للباحثين. كذلك تم تحديد المحاذير واستخدامها لتغطية المناطق المعنية. قلصت المحاذير مساحة المنطقة إلى 274 1 كم^2. بعد ذلك تم إجراء دمج العوامل معا في تقييم متعدد المعايير (Multi-Criteria Evaluation). أولا: تم دمج العوامل التابعة لكل مجموعة من مجموعات المعايير الأربعة وذلك لتوصيف المناطق ذات الإمكانية العالية (شكل 3-17أ). بعد ذلك تم دمج معايير التسجيل، أيضا لتوصيف المناطق النموذجية عبر جميع المعايير. كانت المحصلة وجود 13 موقعا "مثاليا" تبلغ مساحتها 4,1 كم^2 صالحا لاستزراع المحار على الأطواف. أما المناطق "الأقل من المثالية" ولكنها حصلت على تسجيل مرتفع فقد بلغت 137 موقعا تبلغ مساحتها 37,5 كم^2 (شكل 3-17ب). إحدى المشاكل التي حددها المؤلفون كانت التباين الشديد بين الخبراء بشأن أهمية بعض العوامل (جدول 3-7). أما المشكلة الأخرى فهي أن التوجه ربما كان قاصرا بسبب وجود عدد كبير من المواقع ووجود منطقة صغيرة نسبيا، حيث تم توصيفها على أنها مواقع ذات إمكانية عالية.

استخدام نظم المعلومات الجغرافية في ممارسة وإدارة استزراع الأسماك الصدفية

مسح ورصد الاستزراع المائي والبيئة

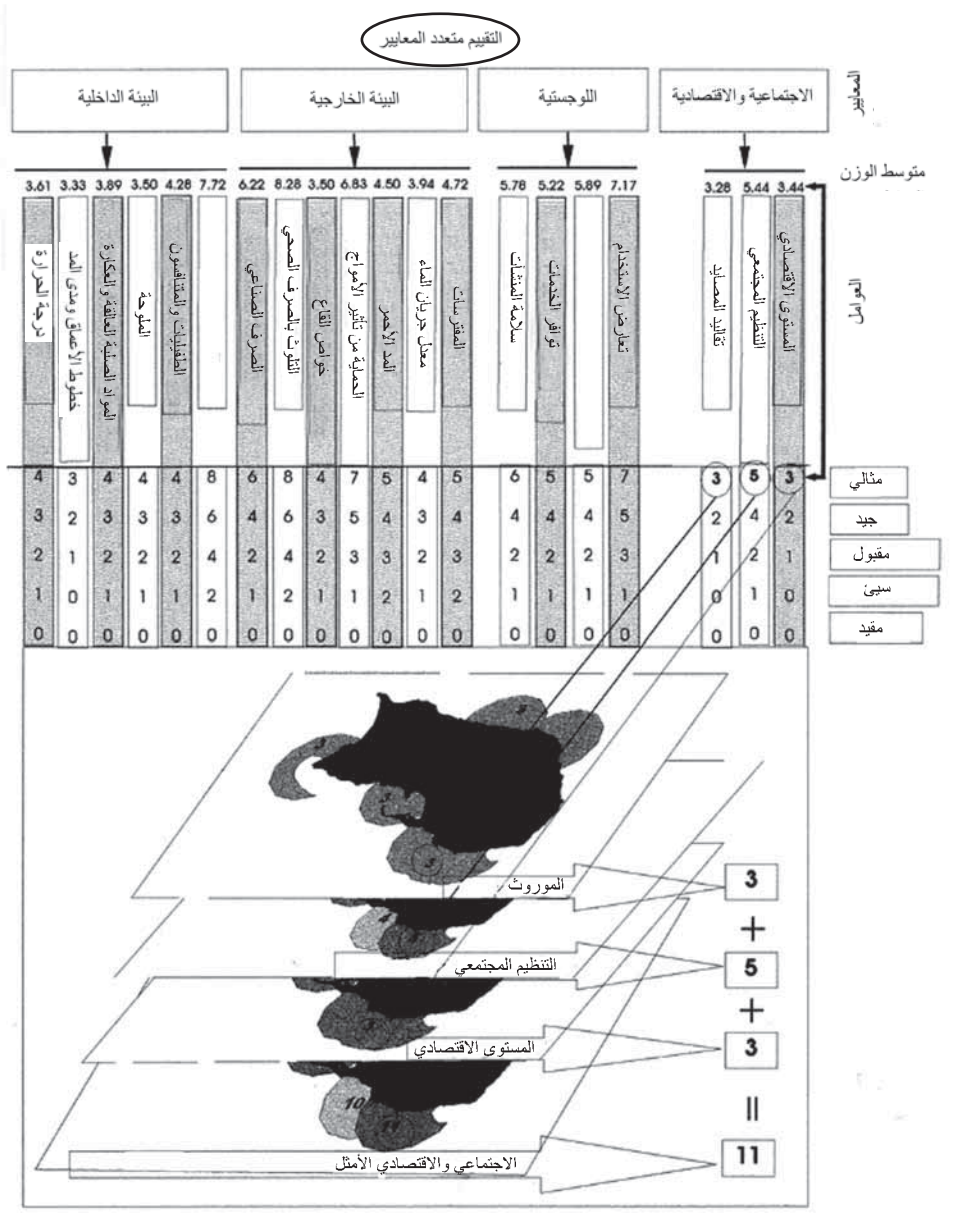
يعتبر مسح ورصد منشآت وعمليات الاستزراع المائي واختبار البيئة المحيطة من أهم تطبيقات نظم المعلومات الجغرافية في مجال الرخويات. وتعتبر جودة الماء والأمراض عاملين هامين لكل من الاستزراع المائي والبيئة. فجودة الماء ضرورية لاستدامة الاستزراع البحري. كما يمكن النظر إلى تطبيقات نظم المعلومات الجغرافية فيما يتعلق بجودة الماء من منظورين: (1) مصادر من خارج منشآت الاستزراع المائي، وهي غالبا مصادر أرضية تساهم في سوء جودة الماء، (2) إثراء موقع الاستزراع المائي بالمواد المغذية الذائبة في الماء والمواد العضوية الموجودة في رسوبيات القاع، واحتمال ظهور الأمراض في المزارع المائية.

درس جيفرسون وآخرون (1991) شعاب المحار في موريل انليت (Murrells Inlet) في كارولينا الجنوبية بالولايات المتحدة الأمريكية، كجزء من دراسة لفحص تأثير التطور الحضري على مصبات الأنهار. وموريل انليت هو مصب ضحل ذو ملوحة عالية، لا تصب فيه أي أنهار، تحيط به التنمية من جميع الجوانب فيما عدا جانب واحد يطل على متنزه مجاور. يستخدم هذا المصب في الصيد التجاري والترفيهي بكثافة.

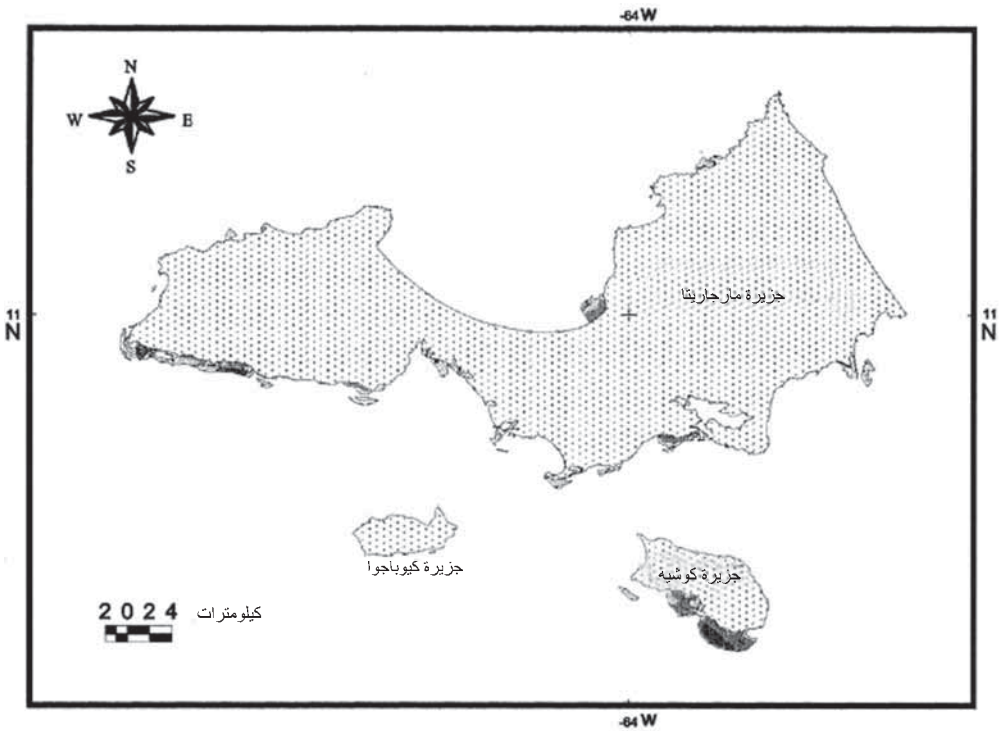
تم تخريط شعاب المحار في المنطقة بين المدية، وتم توصيفه طبقا للأمور الآتية: (1) الكتلة الحية، (2) العوامل المرتبطة بالتركيب والبيئة وإمداد يرقات المحار، و(3) حجم اليرقات. تضمنت العوامل الأخرى أنماط استخدام الأرض، مراسي السفن، ومواقع التلوث المحددة وغير المحددة.

شعاب المحار الموجودة في مناطق ملوثة كانت واقعة بالقرب من المراسي، زيادة ملاحة وحركة القوارب، والصرف الصناعي والصرف من المناطق كثيفة الإسكان. أما الشعاب ذات الإمداد العالي من المحار فقد تميزت بالحجم الكبير وكانت بعيدة عن المناطق المزدحمة بالحركة الملاحية، المراسي والمناطق عالية التلوث. استخدم البحث الفضائي كجزء من الدراسة لفحص عدد من مناطق شعاب المحار التي يمكن أن تتأثر بالسيناريوهات المختلة للتنمية، بما فيها الحفر والتجريف لصيانة المرسى والممر الملاحي للقوارب.

شكل 3-17أ. هيكل تقييم إمكانات استزراع المحار على الأطواف في لاجونات أيلا مارجاريتا (Isla Margarita) في فنزويلا، وجزيرتين أخريين صغيرتين



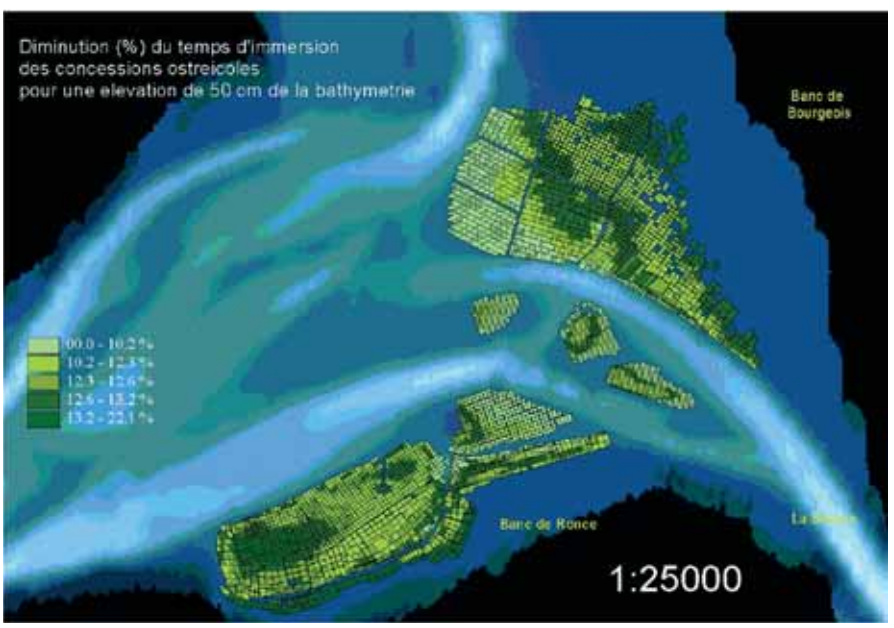
شكل 3-17ب. خارطة نهائية تظهر المواقع التي تبلغ إمكاناتها أكثر من 80% (■) في جنوب ماكاناو وكوشيه (Macanao and Coche)، وتغطي 4,1 كم^2



Note: It is considered that those places have the optimum conditions for oyster raft aquaculture in the Margarita Island region. Additional locations meeting 75% (■) or 70% (■) of the demanded criteria for a final suitable selection cover 137 sites encompassing 37.5 km^2.

المصدر: Buitrago *et al*. (2005)

شكل 3-18. فقد توقيت الغمر (%) لمعدل الترسيب النظري البالغ 50 سم على مناطق استزراع المحار في بانس دي رونس (Bancs de Ronce) وبورجيوس (Bourgeois)



المصدر: Populus *et al*. (1997)

جدول 3-7. معايير وعوامل مختارة لملاءمة الموقع واعتباراتها المثلى ومستوى المحاذير

ملاءمة الموقع			معايير الحكم (المتوسط ± الانحراف المعياري)
المعايير والعوامل	الاعتبارات المثلى	المحاذير	
بيئية داخلية			
درجة الحرارة	22-27 درجة مئوية	غير مطبقة	36 ± 2,7 (10-0)
مقياس الأعماق-مدى المد والجزر	متذبذب	متذبذب	
المواد الصلبة العالقة والعكارة	قرص سيكي > 3 أمتار	غير مطبقة	3,9 ± 2 (8-0)
الملوحة	32-40 جزء في الألف	غير مطبقة	3,5 ± 2,6 (10-0)
الإنتاج الأولي	مرتفع مع عدم تسجيل ازدهار طحلبي	مياه عضوية التغذية	7,7 + 3,6 (15-0)
التنافس والطفيليات	لا توجد تقارير	غير مطبقة	4,3 ± 2,1 (8-0)
بيئية خارجية			
المفترسات	أعشاب بحرية قاعية، مناطق المانجروف	غير مطبقة	4,7 ± 2,3 (10-1)
الازدهار الطحلبي، المد الأحمر	عدم تسجيل مد أحمر أو ازدهار طحلبي	غير مطبقة	4,5 ± 3,1 (10-1)
التيارات	السرعة 20-40 سم	غير مطبقة	3,9 ± 2,6 (10-0)
الحماية من آثار الأمواج	محمية من الأمواج الإقليمية القادمة من الاتجاهات الرئيسية الثلاثة	غير محمية من المياه القادمة	6,8 ± 3,6 (15-0)
خواص الوسط القاعي	بعيدا عن التجمعات الحساسة بيئيا (الشعاب المرجانية، الأعشاب البحرية، القاع الصلب)	غير مطبقة	3,5 ± 2,1 (8-0)
التلوث بمخلفات الصرف الصحي	المنطقة مجازة من خلال المعايير الصحية للأسماك الصدفية	ربما لا تحقق المنطقة المعايير الصحية المطلوبة	8,3 ± 4,3 (20-3)
الصرف الصناعي	المنطقة مجازة من خلال المعايير الصحية للأسماك الصدفية	ربما لا تحقق المنطقة المعايير الصحية المطلوبة	6,2 ± 2,9 (12-2)
لوجستية			
الوصول للموقع	التجمعات المستهدفة قريبة	لا توجد تجمعات مصايد في الجوار	5,9 ± 2,7 (10-0)
توفير الخدمات	جميع الخدمات على بعد < 8 كم	غير مطبقة	5,22 ± 2,4 (10-0)
سلامة المنشآت	الإشراف على الأطواف بسهولة	غير مطبقة	5,8 ± 3,7 (15-0)
التنافس على استخدام المكان والمورد	البعد عن المناطق المحمية، مناطق الصيد والقنوات الملاحية	مناطق محمية قريبة، مناطق صيد بالجر أو الشباك الكيسية	7,2 ± 4,2 (20-0)
اجتماعية اقتصادية			
التنظيم المجتمعي	تتضمن التنظيمات المجتمعية مشاركة المرأة خاصة في اتخاذ القرار	غير مطبقة	5,4 ± 2,9 (10-0)
المستوى الاقتصادي	الفرص التنموية البديلة قليلة	غير مطبقة	3,4 ± 2,3 (8-0)
تقاليد المصايد	تاريخ طويل من استخدام الموارد البحرية	غير مطبقة	3,3 ± 2,5 (10-0)

تجدر الإشارة إلى دراسة ليجولت (Legault's, 1992) من زاويتين: (1) كتطبيق مبكر لنظم المعلومات الجغرافية لقياس تأثير التلوث على إغلاق مناطق الرخويات، و(2) بسبب تضمين الدراسة لوجهة نظر اقتصادية. كانت هذه دراسة رائدة تهدف إلى إبراز قدرات ومحددات نظم المعلومات الجغرافية على تقييم التأثير البيئي. أجريت الدراسة على الساحل الشرقي لجزيرة الأمير إدوارد (Prince Edward Island) بشرق كندا، حيث يتم إغلاق مصايد الرخويات بسبب بكتيريا الكوليفورم التي تؤثر على تأجير هذه المناطق بطريقتين: (1) وجوب نقل الرخويات لمناطق جديدة لنقعها وتنظيفها، و (2) ربما يكون هناك شك في المنتجات إذا تم الحصاد بالقرب من المناطق المغلقة. وقد اشتمل نظام المعلومات الجغرافية على بيانات حول: تأجير مناطق الرخويات، مناطق السماح ومناطق المنع، الخط الساحلي، الطرق، ومصبات مياه الصرف، وكذلك على البيانات المتعلقة بالإيجار والتي كانت موجودة في قاعدة البيانات. تم تقدير الخسائر الناتجة عن الإغلاق باستخدام البيانات المحدودة المتاحة عن كمية وقيمة الإنتاج. كما تم وضع خارطة لمواقع وأنواع الملوثات ومصادرها على الرغم من عدم إجراء دراسات حول أسباب وآثار هذه الملوثات.

كان تباين وعدم اتساق البيانات من أهم المشاكل التي تم رصدها. لقد كانت البيانات موجودة إلا أنها لم تكن متاحة في صور مفيدة. وفيما يتعلق بتطبيق نظم المعلومات الجغرافية لوحظ أن تخصيص قدر كاف من الموارد البشرية والمالية أمر ضروري، وأن نظم المعلومات الجغرافية يحتاج لعمالة كثيفة ووقت طويل. إلا أن النتائج من حيث توفير الوقت مقارنة بالنتائج اليدوية، وكذلك دقة تحاليل البيانات يبرران التكاليف المرتفعة.

تعتبر منطقة (Bassin de Marennes-Oléron) في Charente-Maritime من أهم المناطق لاستزراع المحار في فرنسا. وقد قام (Goulletquer and Le Moine, 2002) باستعراض حالة إدارة استزراع الرخويات في إطار إدارة المنطقة الساحلية لخليج Marennes-Oléron و Charentais Sounds. كما درس بوبولوس وآخرون (1997)[1] ولوبيرساك وآخرون (1997) استخدام نظم المعلومات الجغرافية لتحسين إدارة استزراع المحار في نفس المنطقة. تمت هذه الدراسات على 22 000 مزرعة للمحار في منطقة مساحتها 900 2 هكتار. وكانت أهم المشاكل الإدارية هي: زيادة الكثافة التخزينية، عدم ملاءمة أنظمة الاستزراع، الترسيب، والتنافس مع المحار الموجود طبيعيا.

تكون هذا الإجراء التدريجي من تكوين بنك للمعلومات حول مواقع الاستزراع ومقوماتها، تحويل الخرائط الورقية للمواقع إلى خرائط رقمية، تحديد المرجعية الجغرافية للمواقع، وتخصيص مواقع "للضفاف" (الوحدات الإدارية). كان تخريط متوسط عمق مناطق استزراع المحار أمرا ضروريا بسبب الإطماء الذي يعتقد بأنه يعود إلى هياكل الاستزراع بعيدا عن القاع (off-bottom culture) المعروفة باسم "الجداول-Tables". بعد تخريط الأعماق أصبح من الممكن تحديد وقت غمر كل منطقة من مناطق الاستزراع، نظرا لأن هذا العامل يرتبط بنمو المحار وبالتالي يرتبط بإنتاجية وقيمة المنطقة (شكل 3-18). أخيرا، أثبتت بيانات موقع وعمق المزرعة أهمية كبيرة في التخطيط للتجريف للحد من آثار الإطماء.

تضمنت الاستخدامات الأخرى لنظم المعلومات الجغرافية التي أشار إليها المؤلفون: التصوير الجوي المرجعي الجغرافي باستمرار لمعرفة مدى الالتزام بممارسات الاستزراع، وتقدير الكتلة الحية من المحار وكذلك ربط بيانات المزرعة بديناميكية التجمعات الطبيعية للمحار والبيئة بما فيها الأمطار والتلوث.

واستنادا إلى خلفية دراسات (Populus *et al.*, *op cit*; Loubersac *et al. op.cit*) قام (Goulletquer *et al.*, 1998) و (Soletchnik *et al.*, 1999) بدراسة النفوق الصيفي للمحار المستزرع على القاع أو بعيدا عن القاع على أحد ضفاف خليج مارينياس أوليرون (Marennes-Oleron Bay) الذي تم وصفه سابقا. وعلى الرغم من أن النفوق الصيفي للمحار كان مشكلة في المنطقة فإن أسبابه لم تكن معروفة على وجه اليقين. ولذلك جمعت دراسة هؤلاء المؤلفين معلومات عن النمو، النضوج الجنسي، معدلات الإعاشة، والبيئة لعدد 15 موقعا لاستزراع المحار لفحص العلاقة بين هذه العوامل. وقد أوضحت النتائج أن النفوق كان مرتبطا بزيادة درجة الحرارة وارتفاع التمثيل الهدمي للجليكوجين قبل التزاوج. تم استنباط نماذج إنتاجية استنادا إلى تحليل البيانات الحقلية وتم إدخال هذه المعلومات إلى نظم المعلومات الجغرافية. كما تم إبراز القدرة الاستيعابية المتغيرة جغرافيا لنظامي الاستزراع المذكورين.

كان مسح موارد الرخويات وتوصيف بيئاتها أحد تطبيقات الاستشعار من بعد. كما كان للاستشعار الجوي من بعد، كمصدر لبيانات نظم المعلومات الجغرافية ولرصد الوقت الحقيقي، نظير تحت الماء في علم الصوتيات. يحدد (Smith, Bruce and Roach, 2001) ثلاثة توجهات لتقييم وتمثيل القاع. استخدم السونار أحادي الشعاع لتقييم خصائص السطح وتحت السطح، أما تصنيف الموئل (البيئة) فغير موضوعي. أما السونار الماسح الجانبي (Side scan sonar) فيعطي صورا عالية النقاء للقاع يمكن أن تكون خريطة فسيفسائية، إلا أن ذلك يتطلب جهدا كبيرا على الأرض. وقد برز مؤخرا دور "النظم الصوتية لتصنيف قاع البحر" (Acoustic Seabed Classification Systems, ASCS)، حيث تقوم هذه النظم بتصنيف الصدى المرتجع إحصائيا إلى أنواع محددة من

[1] استندت الدراسة إلى بحث (Populus *et al.*, in press) حول جغرافية (جيوماتيك - geomatics) مزارع المحار كدراسة حالة باستخدام نظم المعلومات الجغرافية السمكية.

البيئات باستخدام أشكال الأمواج التي توضح أنواعا مختلفة من معلومات القاع. ولكن النظم الصوتية لتصنيف قاع البحر تحتاج هي الأخرى إلى جهد كبير.

يصف (Smith, Bruce and Roach., *op cit.*) نتائج تقييمات التقنيات المذكورة سابقا لتقييم موائل المحار. وقد توصل هؤلاء الباحثون إلى أن استخدام "النظم الصوتية لتصنيف قاع البحر" مناسب جدا لتوصيف وتخريط أصداف المحار وكذلك للتمييز بين أصداف المحار والرسوبيات الدقيقة. كما تقدم هذه النظم ربطا ممتازا مع نتائج نظم المعلومات الجغرافية وقدراتها التحليلية.

وعلى الرغم من أن الكثير من موارد الرخويات يمكن صيدها وليس استزراعها، ففي بعض حالات مصايد المحار يوجد عنصر للاستزراع البحري، حيث أن السطح الذي تلتصق به يرقات المحار وتنمو عليه يكون على شكل شعاب صناعية.

في بعض الاحيان يمكن متابعة تقييم نظم المعلومات الجغرافية خلال فترة طويلة نسبيا، عندما يطبق في مشاكل متنوعة ومرتبطة مع بعضها البعض. ويعتبر محار خليج شيزابيك (*Crassostrea virginica*) في ميريلاند بالولايات المتحدة الأمريكية مثالا جيدا على ذلك. فهذا الخليج هو أكبر مصب في امريكا حيث تبلغ مساحته 600 11 كم^2، كما أنه ضحل نسبيا حيث يبلغ متوسط عمقه أقل من 9 متر. يمتد استخدام نظم المعلومات الجغرافية لتقييم وإدارة موارد المحار في الخليج لسنوات عديدة. وكانت إحدى عوائق الإدارة تتمثل في أن تعقيد المعلومات الخاصة بالتجمعات والأمراض كان يحد من التحليل الكامل لهذه المعلومات، أو يمنع تحليلها بالطريقة المناسبة. ولذلك أدت الدعوة إلى مسح سنوي للمحار في عام 1990 باستخدام تحليل نظم المعلومات الجغرافية إلى نتيجتين: (1) تمثيل معلومات المنطقة على شكل بيانات جغرافية، و(2) خلق استفسارات وقدرات إحصائية تخدم الإدارة (Smith and Jordan, 1993) على هيئة نظام معلومات لإدارة المحار يستند على نظم المعلومات الجغرافية (Smith, Jordan and Greenhawk, 1994). وقد أثبت هذا النظام فعالية في دعم الاحتياجات المعلوماتية المطلوبة لخطة عمل استعادة عافية المحار في الولاية (Oyster Recovery Action Plan) (Jordan, Greenhawk and Smith, 1995). لقد تم إمداد الإداريين، الباحثين، وصانعي القرار بصور بيانية واضحة عن بيئة، تجمعات وأمراض المحار وكذلك تدرج الملوحة. وبعيدا عن فائدة نظم المعلومات الجغرافية كوسيلة إدارية وبحثية فإنها أداة تعليمية قيمة للطلاب والمجموعات السياحية.

ركزت الدراسات الأخيرة في خليج شيزابيك على توصيف شعاب المحار. وكما ذكر سابقا، فقد كان لذلك أهمية إدارية، نظرا لأن تكلفة صيانة واستعادة شعاب المحار الصناعية هي تكلفة عالية. ولذلك فإن التوصيف، المسح والتخريط تعتبر كلها من التطبيقات الهامة للاستشعار من بعد ونظم المعلومات الجغرافية. وقد حدد (Smith and Greenhawk, 1996) نوعين من شعاب المحار في خليج شيزابيك، هدبي (fringing) وتجمعي أو جيبي (patch). ويرتبط معدل فقد أصداف المحار المعرضة (المعراة) بنوع الشعاب. لذلك طبق المؤلفون نظم المعلومات الجغرافية باستخدام معلومات حول حدود الشعاب الصناعية، خطوط الأعماق ومكونات القاع بهدف دراسة فقد أصداف المحار منذ بداية القرن العشرين وحتى السبعينات. وقد حدد المؤلفون الترسيب (الإطماء) المحلي كأحد أهم أسباب فقد موئل (بيئة) المحار.

كان النقص الشديد في تجمعات المحار في خليج شيزابيك راجعا إلى فقد موائل وبيئات المحار بسبب الترسيب والإطماء (كما ذكر سابقا)، الصيد الجائر والأمراض. ومن بين هذه الأسباب فإن السبب الأول يصعب تقنينه في مثل هذه المناطق الواسعة. وللحصول على مزيد من المعلومات حول تأثير الإطماء قام (Smith, Greenhawk and Homer, 1997) بتطبيق البروفيل تحت القاعي (sub-bottom profiling) والسونار الماسح الجانبي في المناطق التي كانت تعرف في السابق بأنها مناطق للمحار. استخدم المؤلفون نظم المعلومات الجغرافية من أجل تكامل المعلومات في شكل ثنائي وثلاثي الابعاد. وبذلك أمكن معرفة الترسيب على مناطق وخطوط المحار والشعاب الصناعية.

في دراسة مماثلة، وضع سميث وآخرون (Smith *et al.*, 2001) نظاما للمعلومات الجغرافية لبيئة المحار وأنواع القاع المرتبطة بها في الجزء من خليج شيزابيك التابع لولاية ميريلاند، استنادا إلى البيانات المأخوذة عن أجهزة مسح مختلفة استخدمت خلال الفترة من 1975-1983. كان الهدف من هذا المسح هو إعادة تقييم حالة وظروف مناطق وخطوط المحار التي سبق مسحها في عام 1912. وقد استخدمت بيانات هذا المسح لتصنيف القاع إلى ستة رتب، ثلاث منها

تختص ببيئة وموائل المحار أما الثلاثة الأخرى فكانت عن القاع غير المأهول بالمحار. أما بيانات المسح الأصلي فقد استخدمت لعمل خرائط على ورق الميلار (mylar sheets) لحدود خطوط المحار. إلا أن استخدام هذه الخرائط كان محدودا نظرا لأنها لم تكن ذات مرجعية جيولوجية، كما أن خطوط الساحل لم تكن مبينة بها، إضافة إلى أنها لم تحتو على معلومات التصنيف الأصلي للقاع. ولكي تتم الاستفادة من الاحتمالات التحليلية لهذه البيانات، جرى تحويل خرائط أوراق الميلار إلى خرائط رقمية وتم دمجها في نظم المعلومات الجغرافية مع المعلومات الفضائية المفيدة الأخرى، مثل خطوط قياس الأعماق والمسوحات الصوتية الحديثة أو المقترحة (شكل 3-19).

استخدم (Smith, Roach and Bruce, 2002) خليطا من التقنيات الصوتية ونظم المعلومات الجغرافية لتقييم المواقع، الأصل الجيولوجي، ومكونات خطوط المحار في المناطق متوسطة الملوحة في خليج شيزابيك. وتشكل بعض التراكيب الجيولوجية الأساس لتكوين خطوط المحار، ولكن عند تخريط هذه التراكيب فإنها تضع الأساس لتحديد مواقع خطوط المحار ولتقييم حالة هذه الخطوط. ففي بعض المواقع تم تغطية خطوط المحار بالرواسب، أو أنها تتعرض للإطماء. وعلى الرغم من أن اللوم كان يقع على ممارسات الصيد كسبب لضعف إنقاذ خطوط المحار فإن نتائج هذه الدراسة لم تدعم هذا التوجه. بل أن استعادة وإنقاذ المحار يجب أن يحدث فقط في المواقع التي تستطيع الظواهر الجيولوجية بها أن تدعم مواد هذا الإنقاذ في المناطق التي لا تصلها أو تهددها رسوبيات القاع.

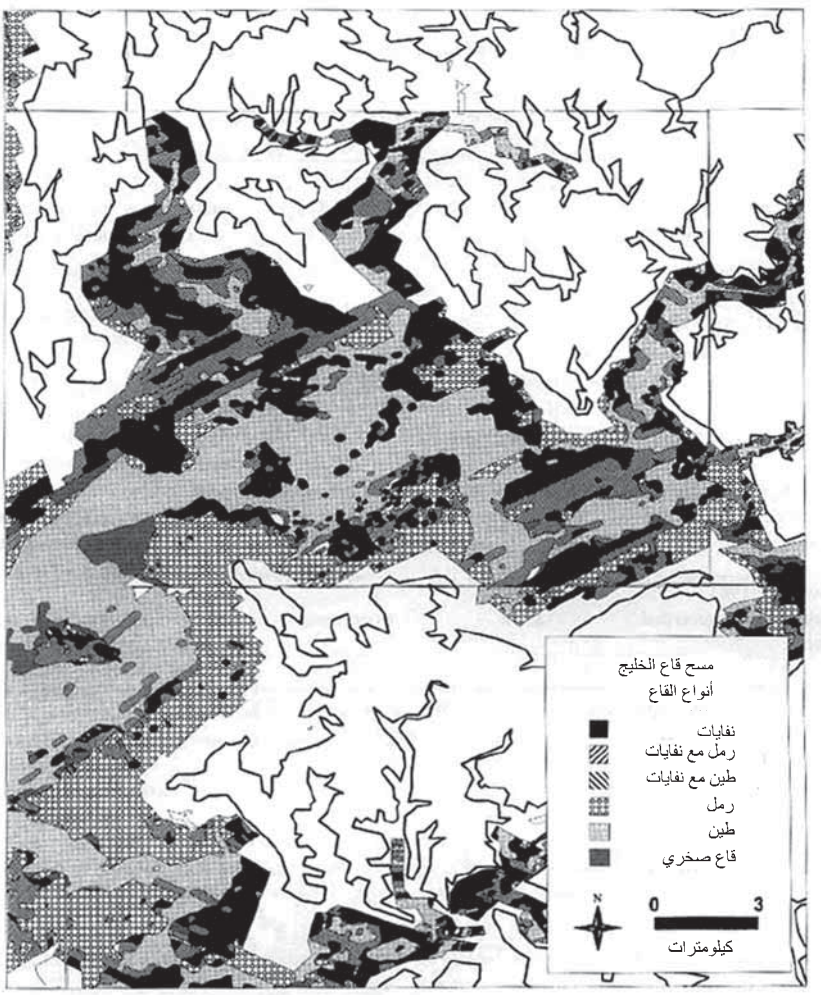
طرحت دراسة حول استزراع الرخويات في باينيس ساوند (Baynes Sound) في جزيرة فانكوفر بكندا (Carswell, Cheesman, and Anderson, 2006) العديد من القضايا المرتبطة بتنمية الاستزراع المائي باستخدام الاستشعار من بعد ونظم المعلومات الجغرافية. وقد شملت هذه القضايا مسحا لاستزراع وبيئة البطلينوس (الإكلام -clam)، وتقدير التأثير البيئي لهذه الممارسة على تجمعات الطيور.

وتمثل باينيس ساوند التي تبلغ مساحتها 8,6 كم^2 معظم إنتاج الرخويات في فانكوفر، كما أنها إحدى أكثر المناطق استزراعا في المقاطعة. الأنواع الثلاثة الرئيسية المستزرعة من أنواع البطلينوس في باينيس ساوند هي النوع المحلي المعروف باسم البطلينوس قصير العنق (*Prothaca staminae*) ونوعان مستجلبان هما بطلينوس فارنيش (*Nuttallia obscurata*) وبطلينوس مانيلا (*Tapes philippinarum*). يستزرع البطلينوس تحت شباك واقية. أحد الآثار البيئية المحتملة لاستزراع الرخويات هو امتداد شباك الإكلام لمسافات طويلة مما يؤثر على مدى توافر الطعام لنوعين من الطيور.

لقد اعتمد فحص حيازات ومزارع الرخويات على التصوير الجوي المسجل جيولوجيا. ثم مسحت الصور ضوئيا، تجمعت على شكل موزاييك، ثم أدمجت في نظام المعلومات الجغرافية. وضعت الحدود الخارجية لشباك البطلينوس في صورة رقمية حتى يمكن تقدير مساحاتها. كما استخدم نظام المعلومات الجغرافية لدمج الغطاء الشبكي للبطلينوس مع المسح الحالي لأنواع الشاطئ (مثل المسطحات المدية). تم تحديد موائل البطلينوس طبقا للارتفاعات الكنتورية للمناطق بين المدية. بعد ذلك تم تقاطع الخطوط بين المدية مع الغطاء الشبكي للإكلام من أجل تحديد نسب موائل البطلينوس في المنطقة بين المدية عن طريق نوع القاع الذي تغطيه هذه الشباك.

أظهرت النتائج أنه على الرغم من كبر المساحة المستغلة، فإن المساحة الحقيقية المغطاة بالشباك صغيرة نسبيا بشكل عام، وصغيرة كذلك طبقا للغطاء بواسطة أنواع مختلفة من الموائل الساحلية. ولذلك فإن تأثير استزراع الرخويات حسب المنطقة تأثير محدود. بطلينوس مانيلا هو النوع الوحيد المستزرع في باينيس ساوند ولذلك فهو النوع الوحيد الذي يغطى بالشباك. وقد أكدت الحقائق أن الطيور المعنية تتغذى إلى حد كبير على بطلينوس فارنيش، ولذلك لا يؤثر الغطاء الشبكي في حصول هذه الطيور على مصادر غذائها. خلص المؤلفون إلى أن التحليل الجوي لاستزراع الرخويات في باينيس ساوند مفيد جدا في تقييم المخاطر وفي اتخاذ قرارات تخصيص الموارد.

شكل 3-19. مثال للتمثيل الرقمي لمسح قاع خليج ماريلاند في إقليم نهر شوبتانك (Choptank)



ملاحظة: تم عرض الخط الساحلي والحدود على خارطة ميلاس الأصلية اعتمادا على المسح القاعي، إلا أنها مشمولة في الملف الرقمي. بلغت درجة شفافية ميلار الأصلية 7x 111 سم، عند مقياس رسم 1: 000 20 وعرضت في NAD27 الولايات المتحدة. الاتجاهات الشمالية الشرقية/ الجنوبية الغربية للقاع ناتجة من إشعاعات الراديو اللاسلكية.
المصدر: Smith *et al.* (2001)

استعرض انجليس وآخرون (2000) القدرة الاستيعابية لبتربية بلح البحر في نيوزيلندا. وقد حدد المؤلفون أربعة أنواع من القدرة الاستيعابية:

- قدرة استيعابية طبيعية- المساحة الكلية للمزارع البحرية التي يمكن استغلالها في الفراغ الطبيعي المتاح.
- قدرة استيعابية إنتاجية- كثافة تخزين القواقع ذات المصراعين التي تؤدي إلى أعلى محصول.
- قدرة استيعابية إيكولوجية- كثافة التخزين أو كثافة المزارع التي تؤدي إلى آثار بيئية غير مقبولة.
- قدرة استيعابية اجتماعية- مستوى تنمية المزرعة الذي يسبب آثارا اجتماعية غير مقبولة.

يمكن تطبيق دراسات القدرة الاستيعابية في تنمية الاستزراع المائي إذا أجريت هذه الدراسات قبل تشغيل الاستزراع المائى، أو، كما فى حالة الدراسة التالية، لإدارة الاستزراع المائى إذا أجريت

بعد تشغيله. لقد درس باشر وآخرون [2] (Bacher *et al.*, 2003) القدرة الاستيعابية وعلاقتها بنضوب غذاء الإسكالوب (*Chlamys farreri*) في خليج سونجو (Sungo Bay) الذي يعتبر من أكثر المناطق البحرية في الصين استخداما في الاستزراع المائي.

تعتبر القدرة الاستيعابية هي أقصى إنتاج يمكن تحقيقه في نظام بيئي ما، شريطة معرفة المعوقات البيولوجية وخواص ممارسة الاستزراع المائي. تم تعريف نضوب الغذاء على أنه النسبة بين تركيز الغذاء في مناطق الاستزراع وتركيزه خارجها. ولذلك فإن اختيار مواقع الاستزراع وتحديد كثافات التخزين تعتبر من العناصر الهامة في دراسات القدرة الاستيعابية ونضوب الغذاء فيما يتعلق باستدامة الاستزراع المائي.

تبلغ مساحة خليج سونجو 140 كم^2، ويبلغ متوسط عمقه 10 مترا. ونظرا لقلة العناصر المغذية التي يستقبلها الخليج من المصادر الأرضية، فإن الإنتاج الأولي به يعتمد أساسا على المواد العضوية والأملاح المغذية من البحر. ويستزرع في هذا الخليج طحلب اللامينايا (*Laminaria laminaria*) والمحار (*Crassostrea gigas*) بجانب الإسكالوب.

تضمنت عمليات التحليل التدريجي ما يلي:

(1) تقنين العلاقة بين المرشحات (الكائنات التي تتغذى عن طريق الترشيح) (filter feeders) والبيئة. فيما يتعلق بالمرشحات، تضمن ذلك ترشيح الغذاء، البلع، التمثيل والهدم وعلاقته بدرجة الحرارة، وجميعها تؤثر في النمو. أما فيما يتعلق بالبيئة، فقد تضمن ذلك تركيز الغذاء، والمواد العالقة الكلية، باستخدام نموذج التيار، للتنبؤ بتوزيع الغذاء.
(2) تعريف الميزان الجغرافي لمحدودية الغذاء عند 1000 متر تتداخل فيها كثافة التخزين، تركيز الغذاء وديناميكية الماء (الهيدروديناميكا).

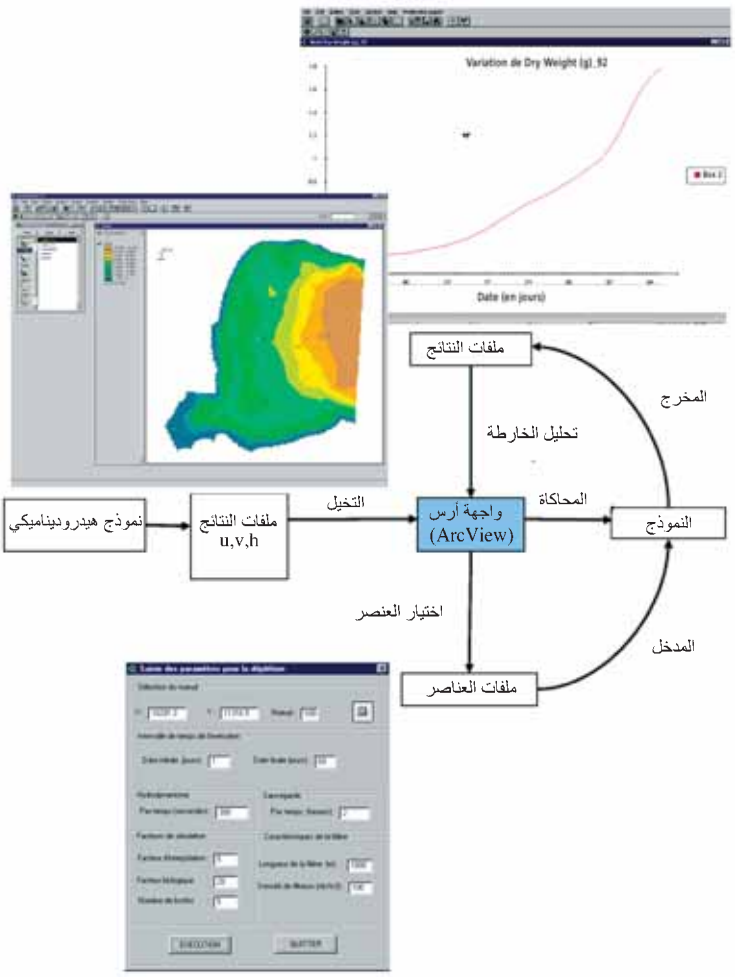
تم استنباط نماذج تمثيلية تتفاوت فيها الهيدروديناميكا وظروف الغذاء. وقد استخدم نظام المعلومات الجغرافية لإنتاج خرائط باتساع الخليج توضح نضوب الغذاء ونمو الإسكالوب. وقد تم تطوير أداة (شكل 3-20) للقيام بالآتي:

- حساب ورسم مسارات الجزيئات.
- اختيار مقياس الطول، كثافة التربية، الموقع وتحفيز معدل النمو السنوي للإسكالوب.
- وضع خريطة لعوامل النمو أو النضوب النهائي للإسكالوب.
- مقارنة عوامل النمو والنضوب التي تم تحفيزها بكثافات مختلفة في أحد المواقع أو عبر الخليج.
- الحساب الإحصائي لعوامل النمو والنضوب في الخليج، مثل نسبة المناطق التي تتصف بعامل نضوب معين.
- تقدير كثافة التخزين التي تضمن معامل نضوب معين أو وزنا نهائيا للإسكالوب بحسابات رياضية بسيطة.

أجريت مجموعة من الدراسات (Vincenzi *et al.*, in press, 2006) لتقدير الكثافة الاستيعابية لبطلينوس مانيلا (*Tapes philippinarum*)، أي الإمكانات الإنتاجية، في لاجون ساكا دي جورو (Sacca di Goro) على الساحل الإيطالي لشمال البحر الأدرياتيكي. تقارن الدراسة الأخيرة (Vincenzi *et al.* in prep) ثلاثة نماذج "ملاءمة الموائل" لتقدير المحصول. تبلغ مساحة اللاجون 26 كم^2 منها حوالي 10 كم^2 مخصصة للاستزراع المكثف للبطلينوس. يجري تنظيم استزراع البطلينوس على أساس حقوق الامتياز. وتعتبر معرفة الإمكانية الإنتاجية هي قاعدة تحسين عملية حقوق الامتياز. كان الهدف من هذا التوجه هو توظيف العديد من نماذج "ملاءمة الموائل" باستخدام نظم المعلومات الجغرافية لاكتشاف العلاقة بين تواجد ووفرة إكلام مانيلا وكذلك الظروف البيوجيوكيميائية والهيدروديناميكية التي تؤثر على إعاشة ونمو الإكلام. ولكن شرط النجاح هو قياس أو تقدير المتغيرات البيئية بتكاليف قليلة نسبيا.

2دراسة حالة باستخدام نظم المعلومات الجغرافية السمكية.

شكل 3-20. تكامل النماذج مع نظم المعلومات الجغرافية



المصدر: Bacher *et al.* (2003)

كانت العوامل البيئية الستة التي تضمنها النموذج هي: نوع الرواسب، الأكسجين الذائب، الملوحة، الهيروديناميكية، عمق الماء والمحتوى الكلوروفيلي. يستخدم نموذج "معامل ملاءمة البيئة" (Habitat Suitability Index, HSI) عوامل ذات وظائف محددة استنادا إلى آراء الخبراء لتحويل البيانات البيئية إلى "معاملات ملاءمة" خاصة بكل عامل، ثم يحدد المتوسط الجيومتري -علما بأن الأوزان تعتمد على رأي الخبراء- وذلك بهدف حساب معامل ملاءمة البيئة النهائي. يستخدم مقياس مأخوذ عن الملاحظات الحقلية لتحويل قيم "معاملات الملاءمة" إلى تقديرات للإنتاج السنوي المحتمل. وقد جمعت البيانات من 15 موقعا ثم وضعت النتائج في صورة نقط تقديرية. وكان دور نظم المعلومات الجغرافية هو استكمال بيانات النقط وإعداد الخرائط الأساسية.

تبلغ القدرة الإنتاجية للاجون طبقا لتنبؤات النماذج أكثر من ضعف الإنتاج المسجل رسميا بواسطة المصايد (شكل 3-21). ويرجع هذا إلى أن تقديرات النماذج للقدرة الإنتاجية كانت تقع خارج المناطق المستزرعة حاليا. وقد حذر المؤلفون من أن نتائجهم يجب ألا تستخدم لتحديد "الإنتاج الأعلى المستدام" لبطلينوس مانيلا في اللاجون. بل يجب أخذ القدرة الاستيعابية الإيكولوجية في الاعتبار.

استعادة بيئات الاستزراع المائي

يعتبر الساحل البحري لشارنتي (Charente) في وسط غرب فرنسا أهم مناطق استزراع المحار في أوروبا. إلا أن زيادة عدد المزارع في المنطقة بين المدية المحدودة لحوض ماينيس- أوليرون (Marennes-Oleron) تؤدي إلى نقص معدلات النمو وزيادة النفوق في المحار، مما يسبب مشاكل اقتصادية واجتماعية للمزارعين. يكمن أحد الحلول في إزاحة بعض الوحدات الإنتاجية إلى المناطق

تحت المدية المجاورة. وقد تمت دراسة هذا البديل بواسطة دوراند وآخرون (Durand *et al.*, 1994a,b) كمشروع إرشادي. وبعيدا عن أهمية استزراع المحار، فإن هذا الإقليم هو ثاني أكثر المناطق زيارة في الدولة، كما يحتوي على ميناء يعتبر أكثر موانئ اليخوت جمالا في أوروبا. لذلك فإنه بالإضافة إلى سد حاجة استزراع المحار المستزرع على القاع والذي يحصد بجر الكباشات (dredges)، فإن الاستخدامات الأخرى يجب أخذها في الاعتبار.

لقد اعتبر المؤلفون خطوط الأعماق، الميل، نوع القاع، سرعة التيار، جودة الماء، والتداخل مع الاستزراع في المناطق تحت المدية معايير لاستزراع المحار. أما فيما يتعلق بالاستخدامات الأخرى فقد أخذ في الاعتبار: الملاحة، استزراع بلح البحر والطحالب على الحبال الطويلة، المصايد، ومناطق التزاوج والتحضين.

وقد تم تطبيق نظام تسجيل رباعي المستوى، ثلاثة منها ترتبط بملاءمة المنطقة لاستزراع المحار والمستوى الرابع يرتبط بالمناطق المستبعدة (المعوقات)، ولكن لم تطبق أي أوزان. أوضحت النتائج أن 8% من المنطقة كانت ملائمة جدا لاستزراع المحار في المناطق تحت المدية. أما أهم المشاكل فقد تمثلت في غياب المعلومات الفضائية والخواص الاجتماعية والاقتصادية، نقص المعلومات عن أوزان الأنشطة المتنافسة، وصعوبة الاستمرار في جمع البيانات بطرق دلالية. وقد أشار المؤلفون إلى الحاجة إلى إدارة زمنية ثلاثية الأبعاد للبيانات وكذلك إلى الربط مع نظم المعلومات الجغرافية الأرضية.

استخدام نظم المعلومات الجغرافية للتنمية والإدارة متعددة القطاعات شاملة استزراع المحاريات

إدارة الاستزراع المائي والمصايد معا

التعارض بين الاستزراع المائي والأنشطة الاخرى في استخدام المكان تعارض متنوع. نستعرض هنا أهم نوعين من التضارب، وهما التنافس المباشر على المكان بين الاستزراع المائي والمصايد، والتنافس غير المباشر نظرا لأن استزراع الرخويات (المحاريات) قد يزيح أو يقلل من القدرة الإنتاجية البيولوجية للبيئة، وبالتالي يؤدي إلى خفض إنتاجية المصايد. هذه الدراسات جديرة بالإشارة ليس فقط بسبب الجوانب التقنية للتطبيقات بل كذلك لأن نظم المعلومات الجغرافية قد تم استخدامها للسبق في التنبؤ بتعارض الاستخدامات، وليس بعد أن يصبح هذا التعارض أمرا واقعا.

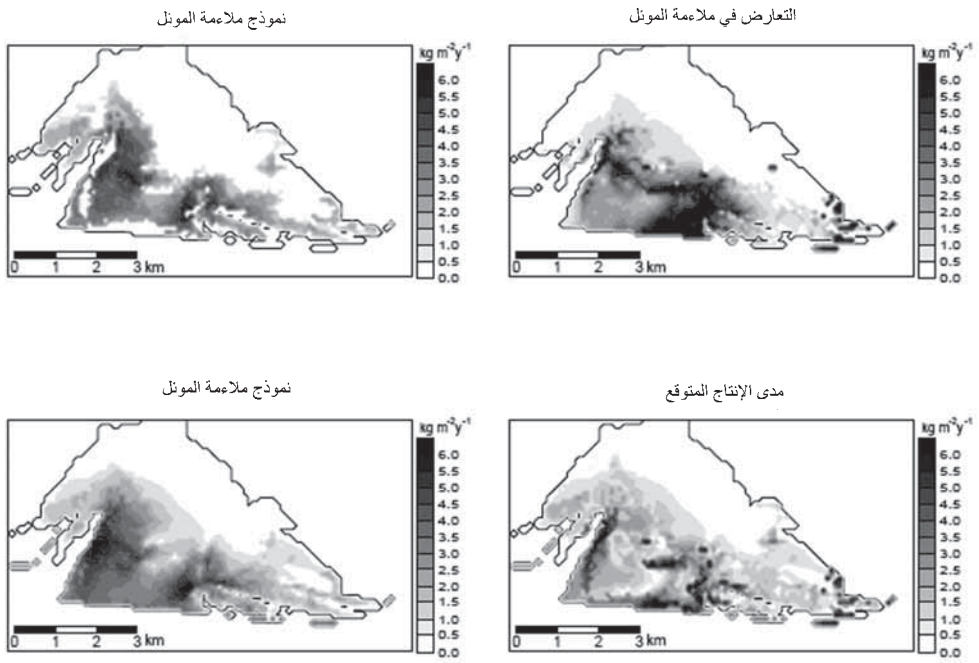
تقدم الدراسات التي قام بها (Arnold, Norris and Berrigan, 1996; Arnold and Norris, 1998) و (Arnold *et al.*, 2000)[3] لدعم تنمية استزراع البطلينوس (الإكلام) المتصلب (*Mecenaria* spp) في فلوريدا بالولايات المتحدة الأمريكية مثالا جيدا لتطبيق نظم المعلومات الجغرافية للتنبؤ بتعارض الاستخدامات بما فيها المصايد والاستخدامات الأخرى، عند التعامل مع العوامل التي تؤثر في إنتاج الإكلام واستدامة تراخيص الاستزراع بشكل عام. وقد أبرزت الدراسة الأخيرة كيف يمكن تطبيق نظام المعلومات الجغرافية المصمم لمنطقة ما في منطقة أخرى عند مرحلة أخرى من مراحل تنمية الاستزراع المائي.

لقد نما استزراع البطلينوس في فلوريدا بسرعة، ولكن إحدى قضايا استزراعه تكمن في أنه يستزرع على قيعان ذات ملكية عامة. كما أن هناك حاجة لمواقع استزراع أخرى لدعم النمو الاقتصادي والإعاشة له، دون تداخل مباشر أو غير مباشر مع الأنشطة الأخرى مثل الإنتاجية الأولية، الملاحة والمصايد، خاصة مصايد البطلينوس.

---

[3] دراسة حالة باستخدام نظم المعلومات الجغرافية السمكية.

شكل 3-21. تقدير القدرة الاستيعابية لإكلام مانيلا (*Tapes philippinarum*) المستزرع في لاجون ساكا دي جورجو على الساحل الشمالي للبحر الأدرياتيكي بإيطاليا



المصدر: Vincenzi *et al.* (in press, 2006)

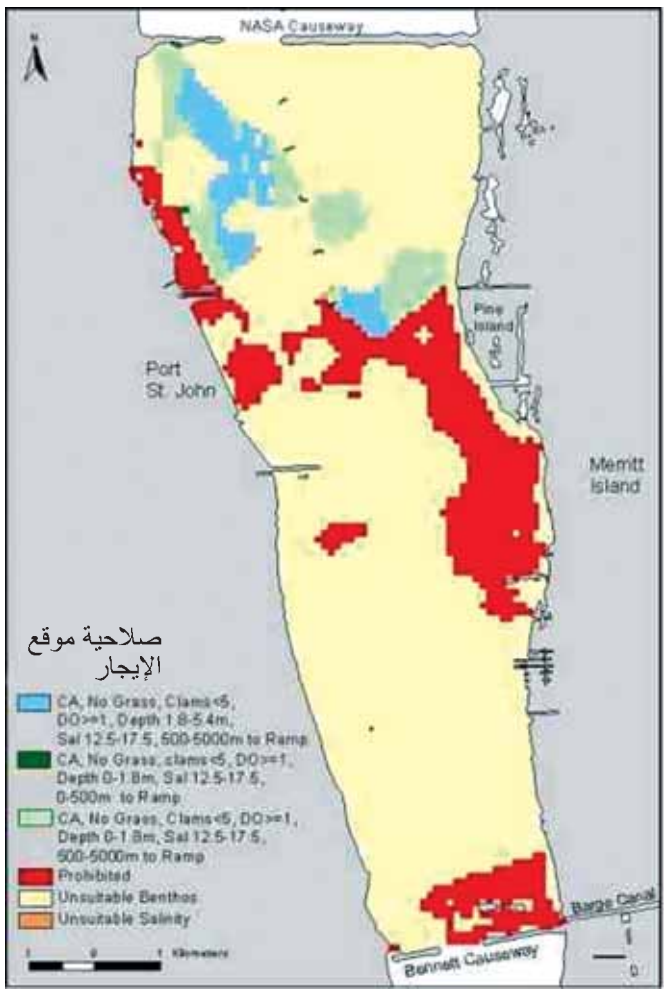
ناقش المؤلفون هذه القضايا في لاجون النهر الهندي (Indian River Lagoon) على الساحل الشرقي لولاية فلوريدا من خلال تطبيق عدد من المحاذير التي استبعدت بيئة الأعشاب البحرية في البداية. كما استبعدت كذلك المناطق ذات الإنتاجية الطبيعية العالية من البطلينوس، لتجنب التضارب مع مصايد البطلينوس. كذلك تم استبعاد المناطق التي لم تكن ملائمة من حيث درجة الملوحة والأكسجين الذائب، والمناطق القريبة من القنوات الملاحية ومراسي القوارب. وأخيرا أخذ في الاعتبار العوامل الآتية طبقا للقيمة النسبية لكل عامل: (1) مناطق المحاريات المصرح بها (الصيد في أي وقت) والمناطق المصرح بها بشروط (الصيد المقنن)، (2) المسافة إلى مراسي القوارب (سهولة الوصول إلى موقع التأجير)، و(3) العمق (تزداد صعوبة بذر الزريعة والحصاد مع زيادة العمق). طبقت نفس المعايير في حالة شارلوت هاربر (Charlotte Harbor) على الساحل الغربي لولاية فلوريدا، حيث تم الحصول على تقديرات ومواقع مجموعة من المناطق الجديدة.

أكد المؤلفون على أن البيانات والخرائط الناتجة يجب اعتبارها مجرد البداية في عملية تخصيص مواقع الإكلام وليست نقطة النهاية، نظرا لأن العديد من المعايير (مثل جودة المياه، العمق، وكثافة البطلينوس) قد تكون عرضة لإعادة النظر أو المساومة. شملت الأمور الأخرى التي أشار إليها المؤلفون تراجع الشركات الخاصة وقياس أنماط النمو المختلفة للبطلينوس بين المناطق والبيئات.

وصف مركز إدارة الموارد الساحلية (1999)[4] مشروعا لتقييم التعارض المحتمل بسبب إحلال استزراع البطلينوس المتصلب (*Mercenaria mercenaria*) محل النباتات المائية المغمورة من أنواع (*Zostera marina* و *Ruppia maritima*) في إقليم ينتشر فيه الاستزراع المائي في فرجينيا، في جزء من خليج شيزابيك، بالولايات المتحدة الأمريكية. ويبدو احتمال التعارض قائما لأن الغطاء النباتي المغمور يعتبر بيئة مهمة للأسماك ولسرطان البحر الأزرق (*Callinectes sapidus*) ذي الأهمية الاقتصادية العالية، كما يعتبر غذاء للطيور المائية. في حين يتضمن استزراع البطلينوس استخدام سلال مغطاة وشباك كبيرة مثبتة على القاع لحماية البطلينوس من المفترسات. تؤدي هذه السلال والشباك إلى قتل الغطاء النباتي الموجود ومنعه من النمو في مناطق الاستزراع.

[4] دراسة حالة باستخدام نظم المعلومات الجغرافية السمكية.

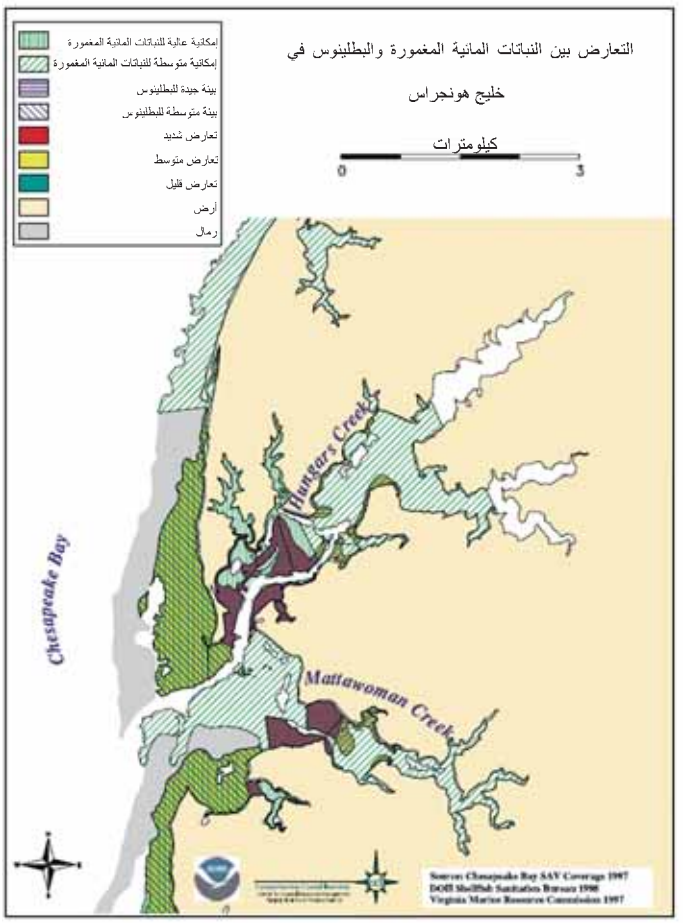
شكل 3-22. المناطق المناسبة لاستزراع الإكلام الصلب في منطقة الحصاد (c) في لاجون النهر الهندي في فلوريدا



المفاتيح: CA= منطقة مجازة لحصاد الأسماك الصدفية ولكن بشروط؛ DO= الأكسجين الذائب (مجم في اللتر)؛ Sal= الملوحة (جزء في الألف)؛ المدى بالأمتار يمثل عمق الماء (أولا) أو المسافة إلى أقرب مرفأ للقوارب (ثانيا).
ملاحظة: المناطق المصنفة "بغير المناسبة" هي المناطق غير الملائمة لاستزراع الإكلام (البطلينوس) الصلب بسبب وجود الأعشاب البحرية، ارتفاع كثافة تجمعات الإكلام المسجل خلال مسحنا في عام 1994، نقص معدل الأكسجين الذائب بين أعوام 1987-1998، العمق الشديد للماء، أو القرب من القنوات الملاحية، أو انخفاض الملوحة إلى الحد الذي يؤثر سلبا على إعاشة البطلينوس. أما في المناطق المتبقية فإن الخلايا المصنفة "بممنوعة" (= التصنيف الممنوع أو المقيد بشروط) لا تتمشى مع مقاييس جودة المياه اللازمة لاستزراع الصدفيات.
المصدر: Arnold *et al.* (2000)

تم تطوير معامل لملاءمة البيئة لاستزراع البطلينوس استنادا إلى عوامل الإنتاج التي تشمل الملوحة، نوع الرواسب، خط العمق (العمق أقل من 1 متر للسماح بتنظيف الشباك)، التعرض للأمواج والرياح، إضافة إلى أحد المعوقات في بعض المناطق (بكتيريا الكوليفورم البرازية). كما تم تقسيم ملاءمة البيئة للبطلينوس طبقا لهذه العوامل إلى ثلاث مجموعات (بيئات عالية الملاءمة، بيئات متوسطة الملاءمة وبيئات منخفضة الملاءمة). وقد أجري اختبار أولي لقياس صلاحية نموذج البطلينوس من خلال مقارنة المناطق الصالحة للاستزراع مع المناطق المستزرعة حاليا في خليجين صغيرين. كان هناك توافق جيد في أحد الخليجين وليس في الآخر. في حين مثل التعرض للأمواج والرياح المشكلة الرئيسية في الإنتاج.

شكل 3-23. مناطق التضارب بين البيئة الملائمة للبطلينوس والنباتات المائية المغمورة



المصدر: Center for Coastal Resources Management (1999)

كذلك جرى تطوير نموذج لقياس ملاءمة البيئة للنباتات المائية المغمورة استنادا إلى جودة الماء، خط العمق، والتعرض للأمواج. استندت جودة الماء بدورها على مدى انخفاض كمية الضوء. أما خط العمق والتعرض للأمواج فأعطيت نفس التقييم كما في حالة بيئة البطلينوس. وكما في حالة نموذج البطلينوس قسمت البيئة إلى ثلاثة أقسام من حيث الملاءمة: بيئات عالية الملاءمة، بيئات متوسطة الملاءمة وبيئات منخفضة الملاءمة. وعند تقييم النموذج مقارنة بالتوزيع الحقيقي للنباتات المغمورة ثبت أن عقبة العمق كانت شديدة. وقد أدى استعراض مقارنة ملاءمة البيئة للبطلينوس مع النباتات المغمورة إلى إنتاج نموذج لإمكانية التعارض (شكل 3-23).

كانت النتيجة هي أن التعارض بين استزراع البطلينوس والنباتات القاعية المغمورة قليل في الوقت الحاضر. إلا أن 46% من منطقة الدراسة ستكون في تعارض إذا امتد استزراع البطلينوس إلى مناطق ذات إمكانات متوسطة أو عالية لإنتاجه، ولكنها في نفس الوقت بيئات ذات إمكانات متوسطة أو عالية للنبات المائية المغمورة.

لم يكن تصميم المشروع لتقديم حلول للتضارب المحتمل، ولكن لتسجيل الوضع الراهن واستنباط وسيلة للفحص والتحليل. وفي هذا الصدد فإن النماذج المبسطة لنظم المعلومات الجغرافية كانت نقطة بداية جيدة لتحديد العديد من البدائل لطرح مزيد من الحوار المستقبلي.

وصف (Denmark, Dolmer and Geitner, 2004) نموذجا مبنيا على أسس لنظم المعلومات الجغرافية كأداة للمساعدة في استزراع بلح البحر (*Mytilus edulis*) في ليمفيوردين

(Limfjorden) بالدنمارك، مع الأخذ في الاعتبار مصايد بلح البحر ذات القيمة الاقتصادية العالية (80 000 - 100 000 طن في العام) ومصايد المحار المسطح (*Ostrea edulus*) (850 طن في العام) والصيد بالجر لأسماك الرنجة ويرقات المحاريات (سبات spat). وقد تم ترتيب بيانات نظم المعلومات الجغرافية في ثلاث رتب: مناطق غير متاحة لإنتاج بلح البحر (معوقات عامة)، (2) مناطق قابلة للاستزراع، و(3) مناطق تعوقها المصايد (جدول 3-8).

تم تحديد هذه الرتب بواسطة خبراء فنيين من عدد من المؤسسات الحكومية. وجرى تحديد المناطق القابلة للاستزراع من خلال إبراز عدد المحاذير التي تتراوح من صفر-9 في أي منطقة. كما تم تحديد أهمية مناطق صيد بلح البحر والمحار عن طريق جمع عينات سنوية أو كل سنتين. وقد اعتبرت المناطق ذات الكثافة القليلة من المحار وبلح البحر مناطق متاحة وصالحة لاستزراع بلح البحر (شكل 3-24). ولكن لم تتوافر معلومات مقارنة عن مصايد الرنجة والإسبات، ولذلك استخدمت الأعماق الأكثر من 6 متر كمعيار لتحديد مناطق الجر.

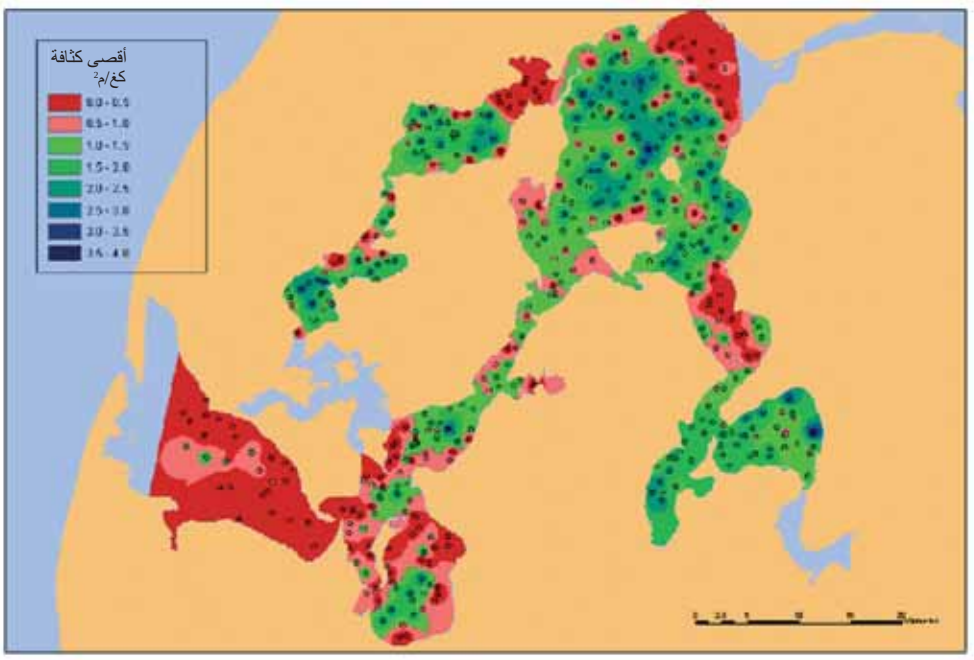
جدول 3-8. العوامل المذكورة في أداة إدارة نظام المعلومات الجغرافية لتنظيم إنتاج الأصداف ثنائية المصراع في ليمفيوردين (Limfjorden)

مناطق غير ملائمة لإنتاج بلح البحر:
الموانئ
مناطق الترسيب
الجداول الملوثة بمياه الصرف
المناطق المحلية الملوثة
المواسير والكابلات
مناطق متاحة لبعض أشكال إنتاج بلح البحر:
المناطق التي تنظمها الاتفاقيات واللوائح الدولية: لائحة بيئة طيور رامسار (Habitat-Ramsar-Birddirective)
المناطق التي تنظمها الاتفاقيات واللوائح الوطنية
المناطق المغلقة أمام جرف بلح البحر
المناطق الموجود بها أعشاب الثعابين (الإنكليس) والطحالب الكبيرة
المناطق المشمولة في برنامج رصد الطحالب الكبيرة
المناطق ذات الشعاب الصخرية
المناطق القريبة من المنتجعات والمنازل الصيفية
المناطق القريبة من شواطئ السباحة
ممرات وعلامات الملاحة
مناطق استخراج الرواسب
مناطق صيد
بلح البحر الأزرق
المحار الأملس
الرنجة/الإسبراط

المصدر: Dolmer and Geitner (2004)

لقد استخدم نظم المعلومات الجغرافية بواسطة كل من الإدارات الحكومية المعنية ومزارعي بلح البحر كأداة للتخطيط. كما تتضمن الاستخدامات الممكنة الأخرى: تقدير القدرة الاستيعابية فيما يتعلق بعدد وكثافة المزارع وتحديد المناطق التي تواجهها مشاكل الحشف (fouling).

شكل 3-24. الكثافة القصوى لبلح البحر الأزرق في لامفيردين خلال 1993-2003



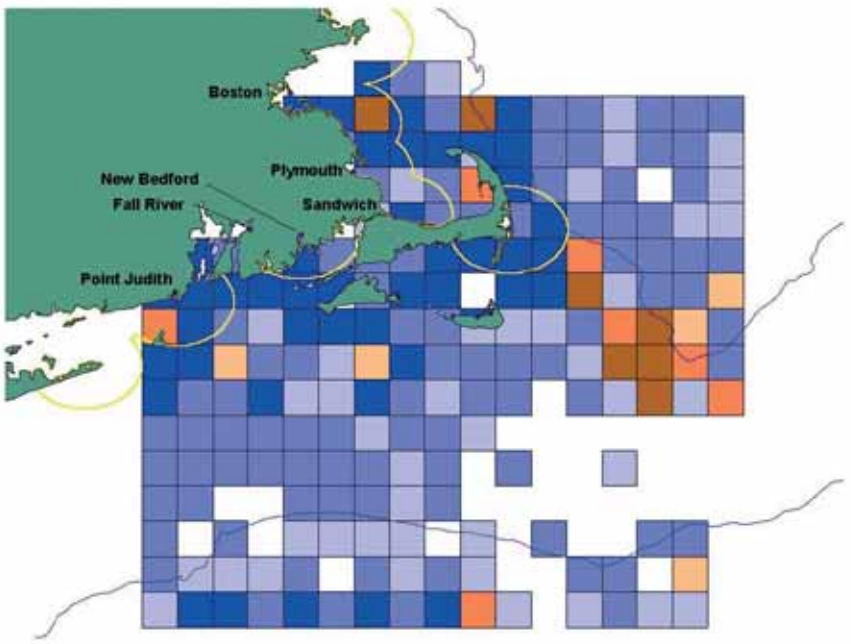
ملاحظة: الدوائر تدل على مناطق تجميع العينات.

المصدر: Dolmer and Geitner (2004)

شكل 3-25. المناطق الملائمة لاستزراع الأعشاب البحرية في باراييا كما تشير تحليلات نظم المعلومات الجغرافية (تدل المناطق الخضراء على إمكانيات عالية، بينما تدل المناطق الصفراء على إمكانيات متوسطة)

المصدر: Soares de Souza (2003)

شكل 3-26. قيمة الصيد التجاري في منطقة نيو إنجلاند



ملاحظة: عرض للقيمة الاقتصادية للاستزراع البحري للأسماك الاقتصادية أمام سواحل ماساشوسيتس. تمثل الصناديق مربعات جغرافية سعة عشر دقائق تعرض الأرباح الصافية المقدرة من الصيد التجاري لجميع الأنواع خلال الربيع، الصيف، والخريف خلال أعوام 1995-1997. تمثل الألوان المتوسطات المحسوبة خلال هذه الفترة من مدى الأرباح أو الخسائر من الناتج الكلي لجميع أساطيل الصيد: الأزرق الداكن (خسائر): < -000 25 دولار؛ الأزرق الفاتح (خسائر)= -000 25 دولار إلى صفر؛ البيج (أرباح): من صفر إلى 000 25 دولار؛ البرتقالي (أرباح): 000 25 إلى 000 50 دولار؛ البني الفاتح (أرباح): 000 50 إلى 000 100 دولار؛ البني الداكن (أرباح): > 000 100 دولار. تحدد الخطوط الصفراء مناطق الأرباح الإيجابية لتربية الفلوندر (سمك موسى) الصيفي (*Paralichthes dentatus*) في حظائر في المياه المحيطية (التي قد تتم خلال الربيع وحتى الخريف في نيو إنجلاند).

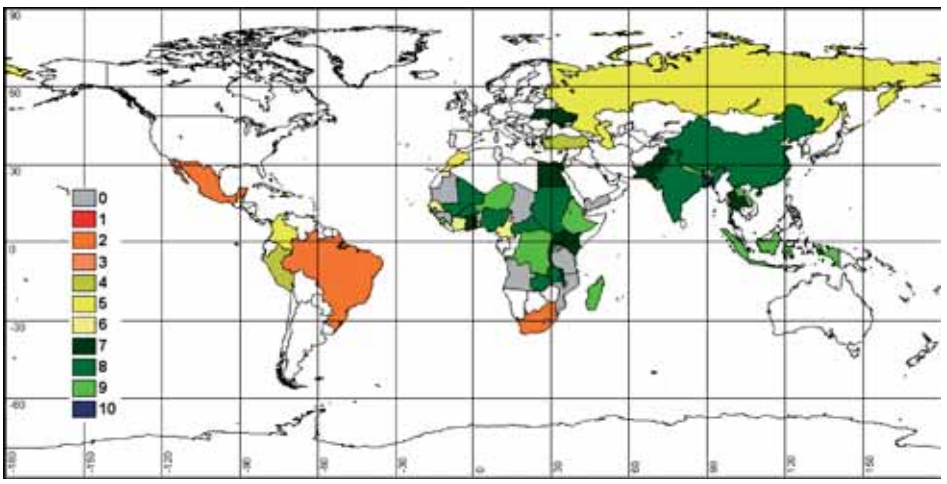
المصدر: مركز السياسات البحرية، معهد وودز هول لعلوم البحار (2003)،
http://www.lib.noaa.gov/docaqua/nmaimages2001/finrepwhoi.htm

3-3-3 استخدام نظم المعلومات الجغرافية في استزراع الأعشاب البحرية

لقد تم تنفيذ مشروع مشترك بين منظمة الأغذية والزراعة والحكومة البرازيلية عنونه "الاستزراع المحدود للأعشاب البحرية في شمال شرق البرازيل (Small-scale seaweed farming in Northeast Brazil). كان الهدف الرئيسي من المشروع هو دعم التنمية الاجتماعية للمجتمعات الساحلية الفقيرة من خلال النهوض بالاستزراع المائي المستدام (Soares de Souza, 2003). كانت الاستراتيجية المقترحة لهذا المشروع هي اختبار إمكانية إدخال استزراع طحلب الجراسيلاريا (*Gracilaria spp*) على الحبال الطويلة، وتقييم إمكانية التوسع فيه في خمسة مجتمعات في ثلاث ولايات هي: سيارا (Ceará)، ريو جراند دو نورتيه (Rio Grande do Norte) وبارايبا (Paraiba). وقد استمر المشروع لمدة عامين.

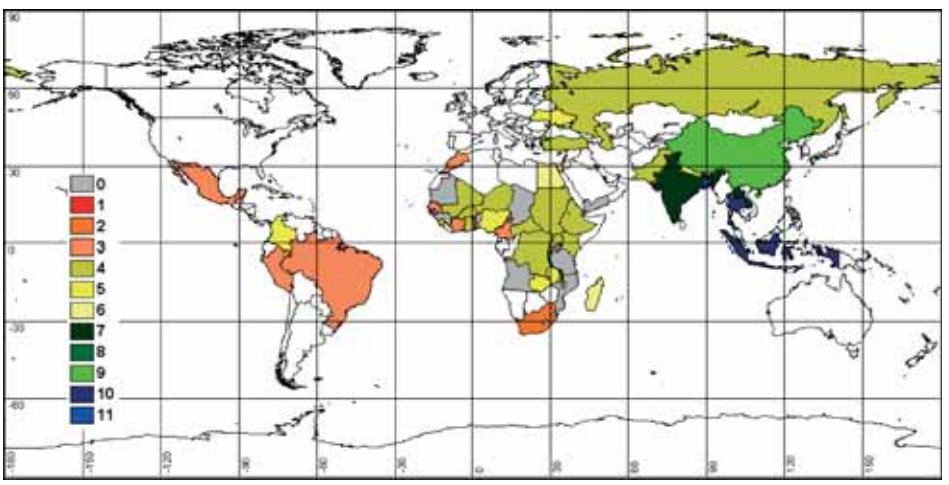
تم استخدام نظم المعلومات الجغرافية للأغراض الآتية: (1) تقييم إمكانية استزراع العشب المقترح في الولايات الثلاث المقترحة، و(2) تحديد مناطق أخرى في ولايات أخرى في شمال شرق البرازيل تكون مناسبة لاستزراع الطحالب. وكانت العوامل الرئيسية التي تم على أساسها تحديد صلاحية المواقع للاستزراع هي: نوع الخط الساحلي، الرياح، التيارات، وخطوط الأعماق. بعد ذلك تم تحليل المواقع المختارة اقتصاديا عن طريق تقدير: (1) المسافة و (2) الخصائص الاجتماعية لكل موقع (أي الخبرة في مجال الاستزراع، الطبقة الاجتماعية، عدد الأسر التي يمكن أن تستفيد من الاستزراع). كما تم تطوير نموذج مبسط، ولكنه شامل (يتضمن اللغة الاستفسارية للنظام (System Query Language)) لدمج وتكامل المعلومات البيئية والاجتماعية سالفة الذكر.

شكل 3-27. الدول الفقيرة المعتمدة على الاستزراع المائي بشكل مباشر أو غير مباشر



المصدر: Pérez, Muir and Ross (2000)

شكل 3-28. دول متوسطة الفقر تعتمد على الاستزراع المائي بشكل مباشر أو غير مباشر

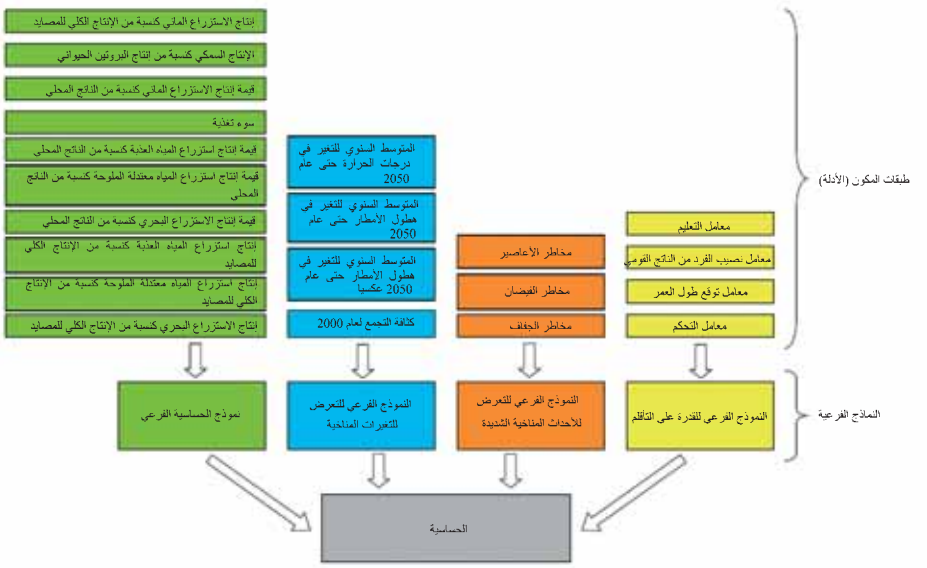


المصدر: Pérez, Muir and Ross (2000)

أنتج هذا النموذج عددا من الخرائط لكل ولاية بمقياس رسم 1: 000 150، تبين المواقع القابلة لاستزراع الأعشاب البحرية على طول الساحل البالغ حوالي 000 1 كم. وقد أبرزت هذه النتائج الإمكانية العالية لاستزراع الطحالب. ففي الساحل الشرقي لولاية سيارا تم تحديد 324 2 هكتار صالحة للاستزراع (شكل 3-25)، 713 هكتارا في الغرب، 081 1 في الساحل الشمالي لريو جراند دو نورتيه، 930 هكتارا في الساحل الغربي لريو جراند دو نورتيه و 256 1 هكتار على ساحل بارايبا. وتعتبر هذه الدراسة رائدة لأنها تتعامل مع استزراع الطحالب ولأنها تأخذ في الاعتبار العوامل الاجتماعية عند تحليل الصلاحية لكل موقع.

واستمرارا لهذا المشروع تم تنفيذ مشروع آخر بتمويل من صندوق الائتمان الأحادي (Unilateral Trust Fund) لتنمية المجتمعات الساحلية، لمدة خمس سنوات (2006-2010). سيقوم الصندوق بتجميع وإدخال البيانات المطلوبة إلى نظام المعلومات الجغرافية ليتم بشكل مبدئي اختيار 15 موقعا جديدا لكل ولاية، على أن يتلو ذلك مزيد من التحليل. وسوف تستخدم نظم المعلومات الجغرافية في تكامل الاستزراع البحري مع المصايد الحرفية، وسيشتمل ذلك على تدريب العاملين ومبرمجي النظام، الذي سيستخدم كذلك لرصد التأثيرات البيئية للمشروع (Freddi and Aguilar-Manjarrez, 2005).

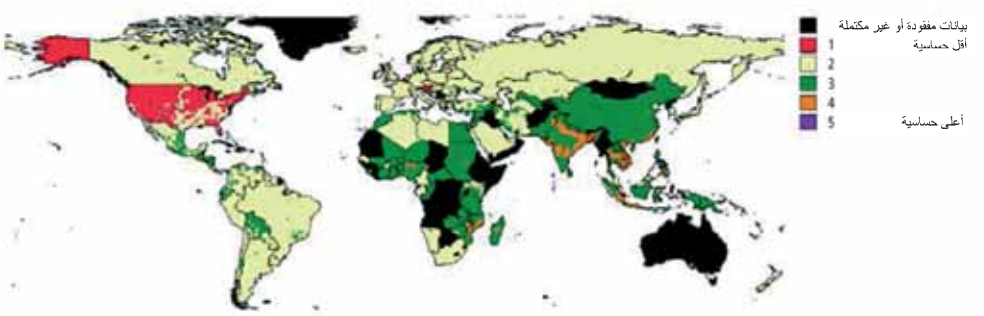
شكل 3-29. رسم تمثيلي لنموذج تقييم الحساسية والتأثر



ملاحظة: تم إظهار المدى الكامل لطبقات المكون (الدلائل) المتاح للاستخدام في النموذج، على الرغم من أن هذه الطبقات لن تستخدم جميعها في نفس الوقت. يتفاوت اختيار الطبقات والأوزان (الدلالات) المستخدمة اعتمادا على القضية المدروسة.

المصدر: Handisyde *et al.* (2006)

شكل 3-30. الحساسية والتأثر



المصدر: Handisyde *et al.* (2006)

3-4 التطبيقات الاقتصادية والاجتماعية لنظم المعلومات الجغرافية

سيتعامل هذا الجزء مع التطبيقات الاقتصادية والاجتماعية لنظم المعلومات الجغرافية؛ فجميع جوانب الاستزراع المائي لها أساس اقتصادي. وعلى الرغم من ذلك فلا يوجد سوى عدد قليل من الدراسات تدمج بين جغرافية الاستزراع المائي والاعتبارات الاقتصادية. ولهذا السبب، فقد تم هنا دمج التطبيقات المتاحة، كما تم تلخيصها في الجدولين (3-4 و3-5).

تعتبر التكلفة والعائد من تنمية وإدارة الاستزراع المائي البحري أمرا مهما للحكومة وكذلك للقطاع التجاري. فجميع جوانب الاستزراع البحري لها تبعات اقتصادية تؤثر في استدامتها. كما أن جميع القضايا الاقتصادية للاستزراع البحري ذي الحيز الفراغي يمكن علاجها من خلال التخريط (mapping)، الاستشعار من بعد ونظم المعلومات الجغرافية. ترتبط فرص استخدام نظم المعلومات الجغرافية في اقتصاديات الاستزراع البحري مع المنطقة واختيار المكان. يمكن استخدام تحليلات نظم المعلومات الجغرافية فيما يلي: (1) تقدير التكلفة البديلة للوقت والمسافة لتقديم الخدمات من

الشاطئ للمنشآت البعيدة عن الشاطئ، (2) تحديد المناطق ذات الظروف الطبيعية المواتية لمنشآت الاستزراع المائي (العمق، سرعة التيار، طاقة الأمواج، العواصف)، (3) دمج وتكامل النماذج البيو-اقتصادية (bioeconomic models) مع الظروف البيئية المواتية لنمو وإعاشة الكائنات المستزرعة (مثل درجة الحرارة، سرعة التيار، الكلوروفيل)، (4) تقدير التكاليف البديلة للمنشآت الشاطئية المساعدة ومنشآت الاستزراع (مثل الاكتساب، الاتصالات، نقل العلف والمنتجات المستزرعة)، و(5) تقييم الاستخدامات المتنافسة للمكان في مواجهة إمكانية تنمية الاستزراع البحري.

1-4-3 اقتصاديات الاستزراع في الأقفاص

فيما يتعلق بالتقييم الاقتصادي للاستخدامات المتنافسة، قام هوجلاند وآخرون (2003) بجمع وفحص البيانات الخاصة بقيمة الصيد التجاري في إقليم نيو أنجلاند (New England). يوضح الشكل 3-26 متوسط صافي القيمة لمحصول الصيد التجاري في المياه المحيطية أمام سواحل ماساشوستس (Massachusetts) (المربعات المظللة)، والمناطق التي يمكن أن يكون استزراع الفلوندر الصيفي في الأقفاص فيها مجديا اقتصاديا (الخطوط الصفراء). ويمكن أن تستخدم مثل هذه المعلومات الناتجة من نظم المعلومات الجغرافية لإضفاء مزيد من الفهم لفرص تكاليف تخصيص المناطق لاستخدامات أخرى غير الاستزراع المائي.

2-4-3 التأثيرات الاقتصادية والاجتماعية للاستزراع المائي العالمي

النتائج الأولية للدراسة الدولية التي تم إجراؤها على مستوى الأقطار وجرى فيها استخدام النمذجة لربط الاستزراع المائي بالفقر تم عرضها بواسطة (Pérez, Muir and Ross, 2000). هذه الدراسة جديرة بالإشارة لأنها أخذت الفقر في الاعتبار نظرا لانتشاره الدولي ونظرا لأن النمذجة اعتمدت على قدر محدود من المعلومات المقارنة التي المتاحة على المستوى القطري. وكانت الدراسة تهدف إلى: (1) تحديد الدول الأكثر فقرا، التي يلعب الاستزراع المائي فيها دورا جوهريا، ويمكن أن يصبح نشاطا أكثر أهمية إذا تم تطويره، و(2) تحديد الدول التي ليس بالضرورة أن تكون الأفقر، إلا أنها تعتمد بشكل كبير على الاستزراع المائي.

استخدم هؤلاء العلماء نظم المعلومات الجغرافية للحصول على نتائج إقليمية على شكل خرائط رئيسية أعطيت قيما على مقياس قدره 1-12. تم تجميع هذه الخرائط بطرق مختلفة باستخدام نماذج الفقر والاعتماد على الاستزراع المائي. وقد حدد النموذج الأول، الذي اعتمد على معاملين، الدول الأكثر فقرا. استخدم بعد ذلك متوسط الناتج العام لتحديد مستوى الفقر في كل دولة من هذه الدول. تم تطوير النموذج الثاني لتحديد الدول التي يمثل الاستزراع المائي بها أهمية كبرى. وقد استندت هذه الأهمية إلى مدى الاعتماد المباشر وغير المباشر على الاستزراع المائي. تم حساب الاعتماد المباشر على أساس الاستهلاك والوظائف، بينما تم قياس الأهمية غير المباشرة باستخدام إنتاج وتصدير الاستزراع المائي. جرى تنقيح النتائج مرة أخرى مع أخذ كل من المستوى الوطني للفقر ودور الاستزراع المائي في الاعتبار. وبذلك تم الحصول على نوعين من شرائح الفقر المرتبط بالاستزراع المائي، من خلال تغيير الأوزان النسبية لكل من الفقر والاستزراع المائي، هما (1) الدول الأكثر فقرا التي يلعب الاستزراع المائي فيها دورا جوهريا (شكل 3-27)، و (2) الدول الفقيرة نسبيا على الأقل والتي تعتمد على الاستزراع المائي (شكل 3-28). كذلك حدد نوع ثالث من الخرائط الدول التي تعتمد على الاستزراع المائي بشكل جوهري بغض النظر عن مستوى الفقر بها.

أشار المؤلفون في دراستهم إلى العديد من المحددات التي تشمل: الافتقار للمعلومات القطرية الدقيقة في جميع الدول فيما يتعلق بمعامل الفقر (poverty index)، والحاجة إلى تقدير إنتاج وتصدير منتجات الاستزراع المائي بسبب نقص البيانات المنشورة. وبينما حددت الدراسة الدول التي يمكن أن يستفيد الفقراء فيها من الاستزراع المائي، فلابد من تحديد الأماكن المناسبة للاستزراع المائي في هذه الدول.

استعرضت دراسة أخرى، استنادا إلى نظم المعلومات الجغرافية العالمية، تأثير التغيرات المناخية على الاستزراع المائي (Handisyde *et al.*, 2006). ويمكن أن يكون تأثير التغيرات المناخية مباشرا (مثل التغيرات في وفرة الماء، درجة الحرارة، والدمار الذي ينتج عن الأحداث المناخية الشديدة)، أو غير مباشر (مثل ارتفاع أسعار مسحوق السمك مما يؤدي لارتفاع أسعار العلف). كان دور نظم المعلومات الجغرافية هو تحديد المناطق التي يتأثر فيها مستوى المعيشة بتأثير التغيرات المناخية على الاستزراع المائي. يضع النموذج (شكل 3-29) مدى الضعف والتأثر كدالة للتعرض والحساسية من التغيرات المناخية والقدرة على الأقلمة مع هذه التغيرات.الإجراء التحليلي معروف ويتلخص في: (1) تم إعادة ترتيب كل دالة إنتاجية (طبقة) حتى تحصل خلاياها على أهمية تتراوح بين 1-5، (2) تم دمج طبقات معلومات النموذج الفرعي والنموذج الرئيسي معا باستخدام "التقييم متعدد المعايير مع "الدمج الطردي" النسبي ووضع الأوزان على الطبقات التي يتم تحديدها استنادا إلى رأي الخبراء. أهم المناطق الضعيفة والمعرضة للمشاكل كانت في بعض أجزاء آسيا، أفريقيا، وأمريكا اللاتينية (شكل 3-30). وقد تم تشغيل سبعة نماذج أخرى كل نموذج منها يركز على أحد أنواع الضعف والتعرض للمشاكل (مشكلة الأمن الغذائي، تعرض منشآت الاستزراع المائي للأعاصير)، مع نموذج لتحديد الأقاليم والدول الأكثر تأثرا وتعرضا.

لقد تأثرت نتائج الدراسة، كما ذكر المؤلفون، بعدد من العوامل. تباينت درجة نقاء بيانات الطبقات، خاصة بيانات الأحداث الصارخة، وكانت بيانات التعداد والمناخ هي الأعلى نقاء، بينما كانت البيانات الاجتماعية، السياسية والاقتصادية على المستوى المحلي. وكانت البيانات ذات النقاء العالي هي المفضلة على المستوى العالمي، إلا أن هذا أمر صعب في الدراسات الدولية. وكان أحد العوامل الأخرى هو أن الضعف والحساسية الحالية أمكن مقارنتها بالتغيرات المستقبلية التي تنبأت بها "نماذج التغيرات المناخية". وقد خلصت الدراسة إلى أن الضعف الحالي هو أفضل دليل على الوضع المستقبلي.

لقد لوحظ أن المجموعة ذات المنظور الأوسع (تضمنت مجموعة الدراسة ستة أفراد) تؤدي إلى اتساع الخبرة وجعل النتائج أكثر قابلية للتحليل الإحصائي. كما كان الهدف من التقييم هو إلقاء الضوء على المناطق المعرضة للضعف والحساسية، كوسيلة لتحديد المناطق التي تحتاج لمزيد من الدراسات التفصيلية. وقد أدى استخدام نظم المعلومات الجغرافية إلى الحصول على نتائج أفضل من تلك التي يمكن الحصول عليها بواسطة الدلائل الرقمية من تحديد المناطق المتأثرة داخل الدول وكذلك جغرافية القضايا؛ ولكن يجب اعتبار هذه النتائج مجرد دلائل.

4- استخدام الاستشعار من بعد ونظم المعلومات الجغرافية لتقدير إمكانية الاستزراع المائي في المياه المفتوحة في المناطق الاقتصادية الحصرية: دراسة استكشافية

4-1 مقدمة

يطرح هذا الجزء السؤال الآتي "هل هناك معلومات أساسية متاحة ويمكن إنزالها مجانا لكي تستطيع كل دولة تقدير إمكانية الاستزراع المائي في مياهها المفتوحة على المستوى الاستطلاعي؟. الهدف الخفي من ذلك هو تشجيع الدول النامية، خاصة الدول ذات الإنتاج العالي للاستزراع البحري، على اكتشاف إمكانات الاستزراع البحري بها كجزء من عملية التخطيط الاستراتيجي للتنمية المستدامة للاستزراع المائي.

4-2 مواد وطرق البحث

استخدمت النسختان الرئيسيتان 6 و 6,5 من نظام المعلومات الجغرافية (CDA International Ltd.) في هذه الدراسة، وذلك بسبب رخص سعرها. فسعر هذه النسخ يبلغ حاليا خمس (1/ 5) سعر معظم برامج نظم المعلومات الجغرافية المستخدمة، وعلى الرغم من ذلك فإنها تعمل بكفاءة عالية.

تم اختيار الولايات المتحدة الأمريكية لإجراء الدراسة بها لأن المؤلف الرئيسي يقيم بها، كما أنه ملم ببعض قضايا الاستزراع المائي في المياه المفتوحة على المستوى الوطني، إضافة إلى معرفته ببعض المناطق الساحلية التي تشملها الدراسة. وقد جاءت هذه الدراسة الاستكشافية لإمكانيات الاستزراع المائي في المياه المفتوحة في المناطق الاقتصادية الحصرية للولايات المتحدة الأمريكية في وقتها نظرا لأن قانون الاستزراع المائي في المياه المفتوحة قد تم عرضه مؤخرا على الهيئة التشريعية بالولايات المتحدة الأمريكية.

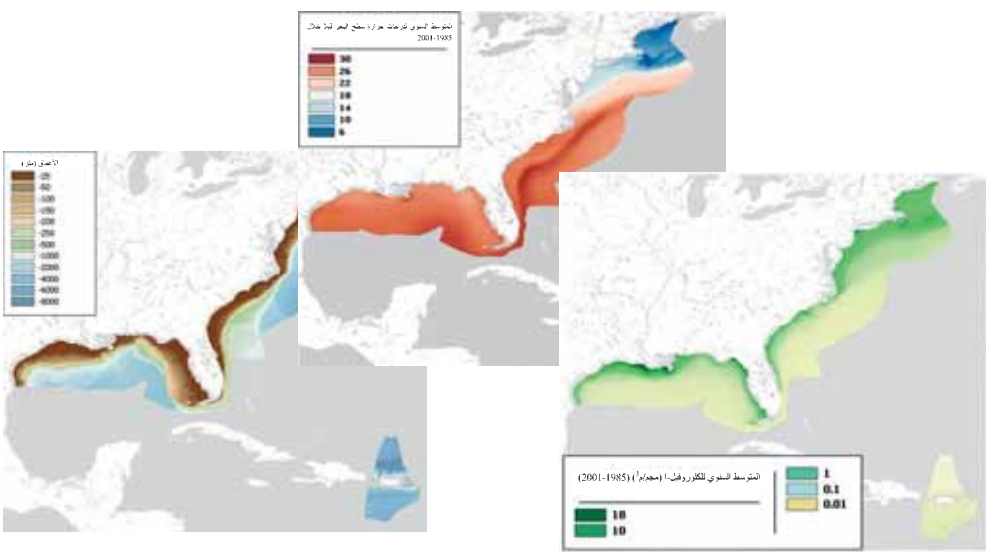
منطقة الدراسة، الأنواع الدالة ونظم الاستزراع

كان الهدف من هذه الدراسة هو تحديد إمكانات الاستزراع المائي من خلال انتقاء بيئات، أنواع، ونظم استزراع متنوعة. شملت منطقة الدراسة المناطق الاقتصادية الحصرية في: المحيط الأطلنطي، خليج المكسيك، والجزر البكر لبورتوريكو-الولايات المتحدة. وبذلك غطت الدراسة التي بلغت مساحتها 1,6 مليون كم^2 منطقة شاسعة من ساحل الولايات المتحدة، وتضمنت ظروفا مناخية وبيئية متباينة (شكل 4-1). تم استخدام الأنواع المستزرعة بالفعل في المياه الشاطئية للولايات المتحدة، وكذلك الأنواع المستزرعة في دول أخرى. فسمكة الكوبيا (*Rachycentron canadum*) تستزرع في أربع دول وقد بلغ إنتاجها حوالي 000 20 طن في عام 2004. تعتبر هذه السمكة اختيارا واعدا للاستزراع السمكي بسبب معدل نموها المرتفع، تحملها للظروف البيئية وجودة لحمها. فيمكن للكوبيا أن تنمو إلى 4-6 كجم في العام الواحد (Arnold, Kaiser and Holt, 2002).

كما أن بلح البحر الأزرق له أهمية خاصة معروفة. يستزرع بلح البحر في 16 دولة، وقد بلغ إنتاجه حوالي 000 423 طن في عام 2004 (FAO, 2006a). إضافة إلى ذلك فقد أردنا إلقاء الضوء على التباين بين العادات الغذائية للكائنات المستزرعة، التحمل الحراري لها، ونظم استزراعها. فالكوبيا سمكة مفترسة تعيش في المياه الدافئة، وبذلك تعتبر نموذجا "للاستزراع المائي المحتاج للغذاء" (fed aquaculture) حيث أنها تحتاج عند استزراعها للعلف المصنع. أما بلح البحر الأزرق فيعيش في المياه الباردة ويتغذى عن طريق الترشيح، ولذلك يعتبر نموذجا "للاستزراع المائي المستخلص (extractive aquaculture). وتستزرع الكوبيا في الأقفاص المائية، بينما يستزرع بلح البحر الأزرق على العديد من الأدوات المعلقة ومن بينها الحبال الطويلة.

شكل 4-1. منطقة الدراسة

شكل 4-2. البيانات الرئيسية: مقياس القاع، درجة حرارة سطح الماء والكلوروفيل-أ



بيانات نظام المعلومات الجغرافية

توجد البيانات الفضائية لهذه الدراسة في مكونات ثلاثة: (1) حدودية أو تخومية، (2) قياس الأعماق، و(3) درجة حرارة سطح البحر وبيئات الكلوروفيل-أ. كانت المعلومات عن المناطق الاقتصادية الحصرية متاحة من "مكتب المسح الساحلي" (2006). إلا أن المعلومات عن الحدود البحرية للولايات والتي تبلغ عادة 3 ميل (4,8 كم) وأحيانا 9 ميل (14,5 كم) كان يجب تحديدها رقميا للمناطق التي كانت نزاعات حدودها لم تحل بين الولايات والحكومة الفيدرالية.

تم الحصول على معلومات الأعماق (شكل 4-2) من مجموعة البيانات الدولية ذات النقاء 2 دقيقة (the 2-minute resolution global relief data set, ETOPO2) (2001 version; National Geophysical Data Center, 2006). يمكن إنزال هذه البيانات مع اختيار شكل الملف

لأي منطقة من خلال المترجم الشبكي للمركز الوطني للمعلومات الجيوفيزيائية (National Geophysical Data Center Grid Translator (GEODAS) (2006).

كانت المعلومات البيئية قاصرة على مناخ درجة حرارة سطح البحر وبيئات الكلوروفيل-أ (شكل 4-2). كان مدى نقاء مناخ درجة حرارة سطح البحر 4 كم استنادا إلى البيانات المأخوذة مساءا منذ 1985-2001 (National Oceanographic Data Center; NOAA, 2005). أما بيانات الكلوروفيل-أ فكانت درجة نقائها 9 كم، وقد تم جمعها بين 1998-2003 (National Oceanographic Data Center; NOAA, 2004).

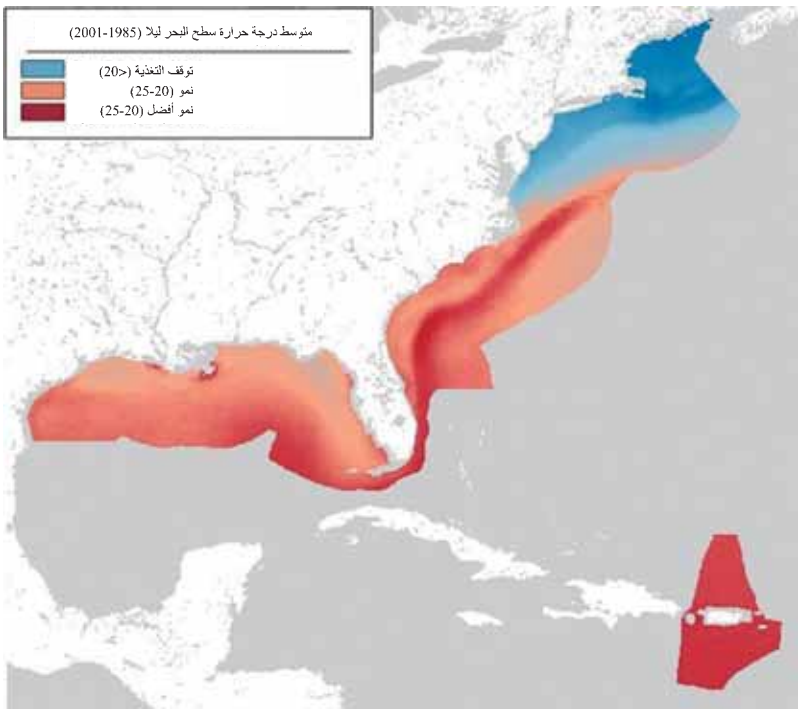
المداخل (Thresholds)

كانت المداخل هي ربط درجة الحرارة مع النمو لسمكة الكوبيا استنادا إلى دراسة يونج وآخرون (Ueng *et al*., 2001) م.ج. أوسترلنج (اتصال شخصي، 2005). ذكر يونج وآخرون (2001) أن نمو الكوبيا كان أعلى ما يمكن عند درجة حرارة تتراوح بين 28–32 مئوية، ثم تناقص النمو عند انخفاض الحرارة تحت 20 مئوية. خلص المؤلفون إلى أن نصف الاختلافات في معدلات النمو كانت راجعة إلى الاختلاف في درجة الحرارة. وجد م.ج. أوسترلنج (اتصال شخصي، 2005) أنه عند تربية الكوبيا عند درجات حرارة تتراوح بين 21–28 مئوية فإن النمو قد ازداد مع زيادة درجات الحرارة. كما لاحظ هو وغيره من الباحثين أن هذه السمكة تتوقف عن التغذية عند انخفاض الحرارة عن 20 درجة مئوية. وبذلك كان المدخل أنه: عند درجة حرارة أقل من 20 درجة مئوية لا تأكل الكوبيا؛ عند 20–25 مئوية تنمو الكوبيا؛ عند أعلى من 25 درجة مئوية تصل الكوبيا لأفضل معدلات النمو (شكل 4–3).

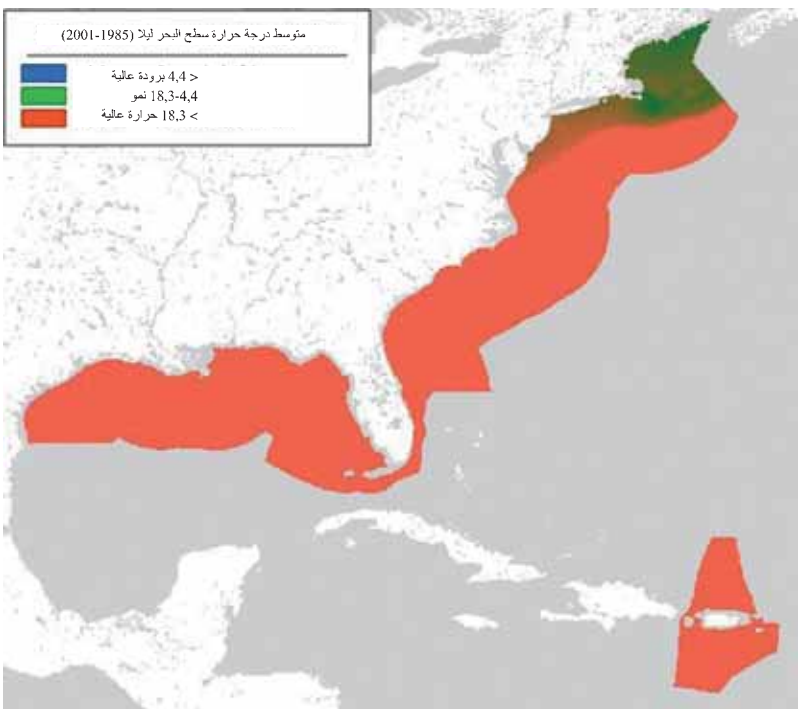
فيما يتعلق بمداخل ربط نمو بلح البحر الأزرق بدرجة الحرارة فقد أشار لانجان وهورتون (Langan and Horton, 2003) أنه بين درجة حرارة 5–16 مئوية يعتبر الغذاء كما وكيفا أهم العوامل المؤثرة في النمو. استعرض ساكسبي (Saxby, 2002) ظروف مواقع الاستزراع التجاري للرخويات ثنائية المصراع في 10 دول. وقد خلص المؤلف إلى أن الحرارة والغذاء هما أهم العوامل المؤثرة في النمو، وأن النمو الجيد لبلح البحر يكون عند درجة حرارة تتراوح بين 10–18 مئوية. كذلك ذكر نيووبل (Newell, 2001) أن أعلى درجة حرارة للماء يجب أن تكون أقل من 20 مئوية لتجنب النفوق الصيفي، كما أشار إلى أن بلح البحر قد يعيش وينمو جيدا في بعض الأماكن تحت درجة 21,1 مئوية صيفا (Newell, 2003). وقد أعد معهد الجزيرة (Island Institute) (1999) دليلا لاستزراع بلح البحر في ولاية مين (Maine) بالولايات المتحدة الأمريكية. وقد وجد أن نمو بلح البحر يحتاج لدرجة حرارة تتراوح بين 4,4 –21,1 مئوية، إلا أنه عند ارتفاع درجة الحرارة عن 18,3 مئوية يبدأ النفوق ونقص النمو والهزال. وبذلك كان المدخل للنمو هو: درجة الحرارة الأقل من 4,4 منخفضة ولا تسمح بالنمو؛ عند 4,4–18,3 مئوية ينمو بلح البحر؛ درجة الحرارة الأعلى من 18,3 مئوية مرتفعة وتؤثر سلبا على النمو والإعاشة (شكل 4–4).

وجد ساكسبي (Saxby, 2002) أن متوسط تركيز الكلوروفيل–أ من الرتبة 1–10 مجم/م^3 كان سائدا في المواقع التي لم يتأثر فيها نمو القواقع ثنائية المصراع بانخفاض الأملاح المغذية. كذلك استعرض أنجليس (2000) الطاقة الاستيعابية لبعض الخلجان في نيوزيلندا للتربية المستدامة لبلح البحر أخضر الصدفة (*Perna canaliculus*)، الذي يعتبر قريب الصلة ببلح البحر الأزرق، كما أعد إرشادات عامة حول تركيز الكلوروفيل وعلاقته بالنمو. وجد المؤلف أنه عندما كان تركيز الكلوروفيل اقل من 1 مجم/م^3 كان النمو منخفضا جدا، ثم ارتفع معدل النمو مع زيادة تركيز الكلوروفيل حتى 8 مجم/م^3، وبعد هذا التركيز لم يكن معروفا بالضبط عما إذا استمر النمو في التحسن، أم أنه ينخفض بسبب مشاكل التعامل مع الغذاء. يوضح الشكل 4–5 مداخل مدى ارتباط نمو بلح البحر بتركيز الكلوروفيل–أ. ونظرا لعدم التأكد من هذه المداخل في حالة بلح البحر الأزرق فقد وضعت المداخل المتحفظة الآتية بغرض التحليل: لا يوجد نمو عند تركيز أقل من 1 مجم/ م^3؛ يوجد نمو عند تركيز 1–8 مجم/ م^3؛ عند تركيز أعلى من 8 مجم/ م^3، احتمال وجود مشاكل بسبب التعامل مع الغذاء.

شكل 4-3. معدل نمو الكوبيا ودرجة الحرارة



شكل 4-4. معدل نمو بلح البحر الأزرق ودرجة الحرارة



استندت مداخل أعماق وضع الأقفاص على استعراض الممارسات التجريبية والتجارية القائمة حاليا، والمواصفات التي وضعها مصنعو الأقفاص (جدول 4-1). وبناء على هذا الاستعراض وجد أن اقل عمق للموقع كان 30 مترا، إلا أن أحد المصنعين أوصى بعمق أكثر من 25 مترا. ولذلك تم تبني عمق 25 مترا لتجنب التلوث الذاتي تحت الأقفاص. أما أقصى عمق فقد كان 67 مترا، على الرغم من أن أحد المصنعين أشار إلى أمكانية استخدام أعماق أكثر من 100 متر، إلا أنها تحتاج إلى أربطة ومراسي للتثبيت وهو ما يجري تصميمه حاليا. كما أن فحص المراسي وهياكل التثبيت عند أعماق أكبر من 100 متر يعتبر أمرا صعبا (Johan Obling, Farmocean International, personal communication, 2006). استخدم عمق 100 متر كحد فني واقتصادي للأقفاص المتاحة حاليا. توجد منشآت استزراع بلح البحر التابعة لجامعة نيو هامبشاير (New Hampshire) الموجودة في المياه المفتوحة عند عمق 40 مترا، كما أن الحبال المعلقة الطويلة مغمورة حتى عمق 12 مترا (CINEMAR, 2005). ولذلك فإن حدود العمق البالغة 25-100 متر التي وضعت للأقفاص هي أيضا مناسبة لمنشآت استزراع بلح البحر على الحبال المغمورة. أما الهياكل الحرة غير المثبتة (مثل الأقفاص العائمة الحرة أو الأقفاص ذات الرفاصات) فيمكن وضعها في أعماق ضحلة تبلغ الحد الأدنى لعمق القفص (أي 25 مترا) أو في مناطق أعمق.

الحصول على البيانات

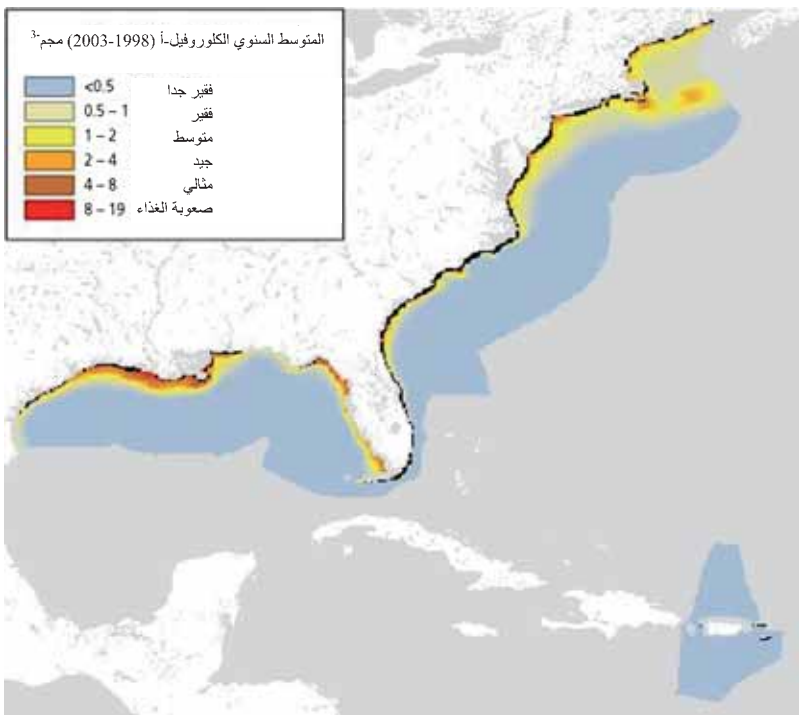
كما ذكر في الجزء 1-4-1 فإن الوصول من المنشآت الشاطئية المساعدة إلى منشآت الاستزراع المائي في الماء المفتوح يعتبر معيارا حتميا لتقييم إمكانية الاستزراع. وقد تم اختيار جزء من ساحل الأطلنطي من جنوب فرجينيا بالقرب من نورفولك إلى جنوب كارولينا الجنوبية بالقرب من شارلتون، بطول حوالي 700 كم، لتحليل الوقت والمسافة اللازمين للوصول من الشاطئ إلى أقرب المواقع المناسبة لاستزراع الكوبيا. وقد تم اختيار هذا الشريط الساحلي نظرا لأن أحد المؤلفين يقيم هناك في منطقة في المنتصف، كما أن لديه معلومات أساسية عن هذه المواقع. كما أن بيانات الخرائط الملاحية الرقمية لهذا الجزء من الساحل مكتملة. وقد كانت هذه البيانات مهمة لأن مواقع المداخل على الخرائط الملاحية قد انفردت بما يعرف باسم عوامات "المياه الآمنة" (safe water buoys) التي تحدد اتجاهات المداخل من البحر إلى القنوات الملاحية. أعدت أزمنة رحلات قارب الخدمة (ذهاب فقط) لتكون 1، 2، و3 ساعات (22، 44، 66 كم)، استنادا إلى ملاحظات المؤلف الأول حول سرعة الإبحار لقارب صيد من الفيبرجلاس أحادي الرفاص يعمل بالديزل، يبلغ طوله 11 مترا، (شكل 4-6). على العكس، استخدم كايت باول وآخرون (2003) (Kite-Powell *et al.*, 2003) في نموذجهم الاقتصادي-الاجتماعي لاستزراع الأسماك الزعنفية قاربا أكبر ولكنه أبطأ، حيث كانت سرعة القارب 15 كم/ ساعة، وكانت حمولته 30 طنا.

تم تلخيص مجموعات المعلومات المذكورة أعلاه، مع المداخل المرتبطة بها في الجدول (4-2)، وكان ذلك أساسا لتقييم إمكانية الاستزراع المائي في المياه المفتوحة في المناطق الاقتصادية الحصرية للولايات المتحدة الأمريكية (المحيط الأطلنطي، خليج المكسيك، وجزر بورتوريكو البكر).

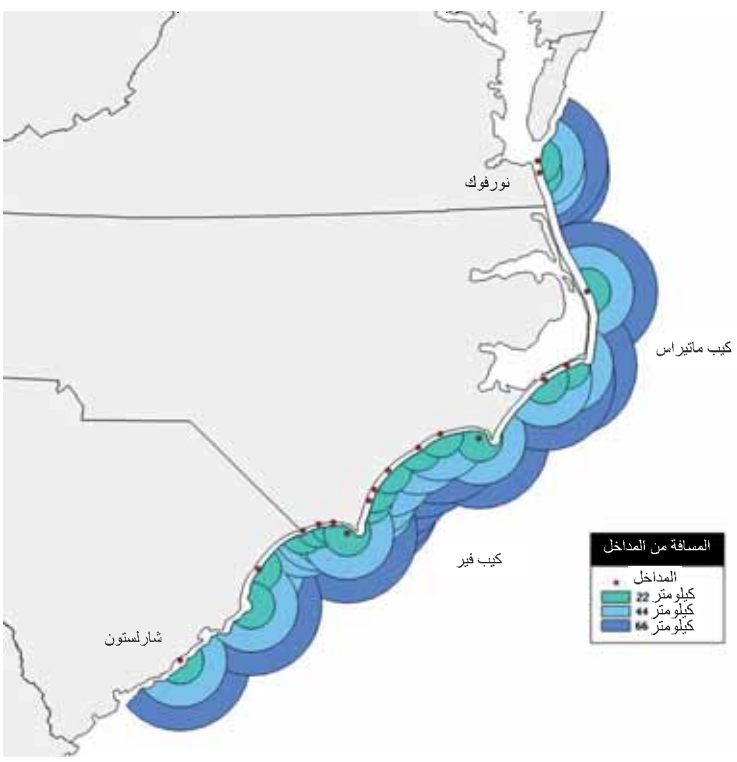
جدول 4-1. خواص العمق لمنشآت الاستزراع التجريبي والتجاري في الأقفاص ومواصفاتها كما وردت من المصنعين

الكيان	الموقع	نوع القفص	الأنواع	العمق بالموقع (متر)	العمق الرأسي للقفص (متر)	العمق المغمور من السطح (متر)	العمق تحت القفص (متر)	المصدر
لتجريبية والتجارية								
شركة مزارع النيسر (الحمرة) (SNAPPER)	بورتو ريكو، الولايات المتحدة الأمريكية	SeaStation™ offshore submersible	الكوبيا *Lutjanus analis*، *Rachycentron canadum*)		15	12	3	OíHanlon *et al*, 2003 p. 263 in OOA ;http://www.snapperfarm.com/2006/aboutsnapperfarm.htm
كاتيس انترناشيونال	هاواي، الولايات المتحدة الأمريكية	SeaStation™ offshore submersible 3000	خيطية الزعانف *Polydactylus*) (*sexfilis*		15	12	4	http://www.oceanicinstitute.org/_oldsite/techtransfer/seacage.html; Bybee and Bailey-Brock, 2003 p. 119 in OOA
مزارع كونا بلو ووتر	هاواي، الولايات المتحدة الأمريكية	SeaStation™ offshore submersible 3000	السريولا صفراء الذيل (*Seriola rivoliana*)		20	9-6	4	http://seattlepi.nwsource.com/local/260433_kampachi22.html Kona Blue Water Farms (2003)
جامعة نيو هامبشاير	نيو هامبشاير، الولايات المتحدة الأمريكية	Sea Station™ fish cage (SS600)	هاليبوت الأطلنطي *Hippoglossus*) (*hippoglossus*					http://ooa.unh.edu/
شركة خليج المكسيك للاستزراع المائي بعيدا عن الشاطئ	المسيسيبي، الولايات المتحدة الأمريكية	Sea Station™ fish cage 600 m^3	الطبل الأحمر (*Sciaenops* (*ocellatus*					http://www.masgc.org/oac/Phase%201%20RP1.pdf
شركة سوبفلكس المحدودة	إسرائيل	Open Ocean Subflex submersable	غير متاح					http://www.subflex.org/
المواصفات الواردة من المصنعين								
Ocean Spar LLC (مصنع)	واشنطن، الولايات المتحدة الأمريكية	محطة بحرية مغمورة بالكامل أو طافية	غير متاح					http://www.oceanspar.com/files/OceanSpar_SeaStation.pdf
Farmocean International (مصنع)	السويد	Farmocean 4500	غير متاح			3		http://www.farmocean.se/General.pdf
Helgeland Holdings AS (مصنع)	النرويج	Polarcirkel Submersible	غير متاح			20-3		http://www.polarcirkel.no/gbframenedsenk1.htm
SUBFlex, Ltd. (مصنع)	إسرائيل	Open Ocean Subflex submersable	غير متاح		12			http://www.subflex.org/

شكل 4-5. نمو بلح البحر الأزرق وتركيز الكلوروفيل-أ



شكل 4-6. الوصول من الأرض إلى الموقع خلال 1، 2 و3 ساعات (ذهاب فقط) بالقارب (22، 44 و66 كم)



تحليلات نظم المعلومات الجغرافية

كانت تحليلات نظم المعلومات الجغرافية أساسية وتضمنت الاستيراد، التسجيل الجيولوجي، الحصاد، الخطوط الكنتورية للسطح، الطبقات العازلة، والاستفسارات.

جدول 4-2. ملخص للمداخل المستخدمة في تقييم إمكانات الاستزراع المائي في المياه المفتوحة في الولايات المتحدة الأمريكية (خليج المكسيك على المحيط الأطلنطي وبورتوريكو)

البيانات ومصادرها	التاريخ	الدقة/المقياس	مدى البيانات	المداخل
المتوسط السنوي لدرجة حرارة سطح البحر المركز الوطني للبيانات البحرية (2005) ftp://data.nodc.noaa.gov/pub/data.nodc/pathfinder/CoralAtlas/	1985-2001	4 كم	30-6 درجة مئوية	نمو الكوبيا ودرجة حرارة الماء: عدم التغذية (<20) النمو (20-25) النمو الأفضل (>25) نمو بلح البحر الأزرق ودرجة حرارة الماء: باردة جدا (<4,4) النمو (18,3-4,4) حارة جدا (>18,3)
المتوسط السنوي للكلوروفيل-أ المركز الوطني للبيانات البحرية (2005) ftp://data.nodc.noaa.gov/pub/data.nodc/pathfinder/CoralAtlas/	1998-2003	9 كم	18-0,01 مجم/م^3	نمو بلح البحر الأزرق وتركيز الكلوروفيل: عدم النمو (< 1) النمو (1-8) صعوبة تداول الغذاء احتمال (> 8)
قياسات القاع ETOPO2 (2001 version; المركز الوطني للبيانات الجيوفيزيائية (2006 http://www.ngdc.noaa.gov/mgg/gdas/gd_designagrid.html	2001	2 دقيقة	8000-25- متر	أقفاص للكوبيا وحبال لبلح البحر الأزرق ضحل جدا (< 25) هياكل مثبتة أو غير مثبتة (25-100) عميق جدا للهياكل المثبتة؛ ملائم للهياكل غير المثبتة (>100)
الوصول MapTech Chart Navigator and NOAA ENC Direct (2006) http://ocs-spatial.ncd.noaa.gov/encdirect/viewer.htm	متنوع	> 1: 50 000	فيرجينيا وحتى كارولينا الجنوبية	المسافة من المدخل: 22 كم في 1 ساعة (ذهاب) 44 كم في 2 ساعة (ذهاب) 66 كم في 3 ساعة (ذهاب)
الحدود مكتب المساحة الساحلية (2006) http://chartmaker.ncd.noaa.gov/csdl/eez.htm	2006	غير متاح	المنطقة الاقتصادية الحصرية للولايات المتحدة في خليج المكسيك على المحيط الأطلنطي وبورتوريكو	غير متاح

3-4 النتائج

الأعماق والتراكيب

توجد خلجان أو أهداب مائية ضيقة في معظم الأماكن بطول سواحل الخليج والمحيط الأطلنطي، إلا أنها ضحلة لا تناسب الهياكل المثبتة مثل الأقفاص والحبال الطويلة (شكل 4-7). تشكل هذه المناطق المائية حوالي 9% من المنطقة الاقتصادية الحصرية. أما المناطق المجاورة لها في اتجاه البحر فتميل 19% وأعماقها تناسب منشآت الاستزراع المائي. كذلك توجد منطقة أخرى شاسعة تبلغ 72%، إلا أنها عميقة لدرجة لا تسمح بتثبيت الأقفاص والحبال الطويلة، ولكن يمكن استخدامها في حالة الهياكل غير المثبتة (مثل الرفاصات الحرة والمزارع الطافية). وعلى النقيض من سواحل الخليج والمحيط الأطلنطي، فإن جميع مناطق جزر بورتوريكو البكر عميقة لا تناسب الهياكل المثبتة. وبطبيعة الحال يمكن استخدام الهياكل العائمة في المناطق المناسبة للهياكل المثبتة.

مدى الملاءمة لاستزراع الكوبيا

تم تحديد أربعة مجموعات من المناطق مناسبة لاستزراع الكوبيا ومنطقة واحد غير مناسبة، استنادا إلى معدلات النمو وعمق الماء (شكل 4-8أ،ب). وعلى الرغم من ملاءمة درجة الحرارة لاستزراع الكوبيا (شكل 4-3) في مناطق عديدة إلا أنه من حيث العمق فإن حوالي 12% فقط من المناطق الاقتصادية الحصرية مناسبة للهياكل المثبتة (الأقفاص). وتعتبر الأقفاص المثبتة هي نظام الاستزراع الوحيد المتاح تقنيا عند أعماق تقل عن 100 متر، إلا أن معظم المواقع الملائمة لهذا النظام بعيدة عن الشاطئ.

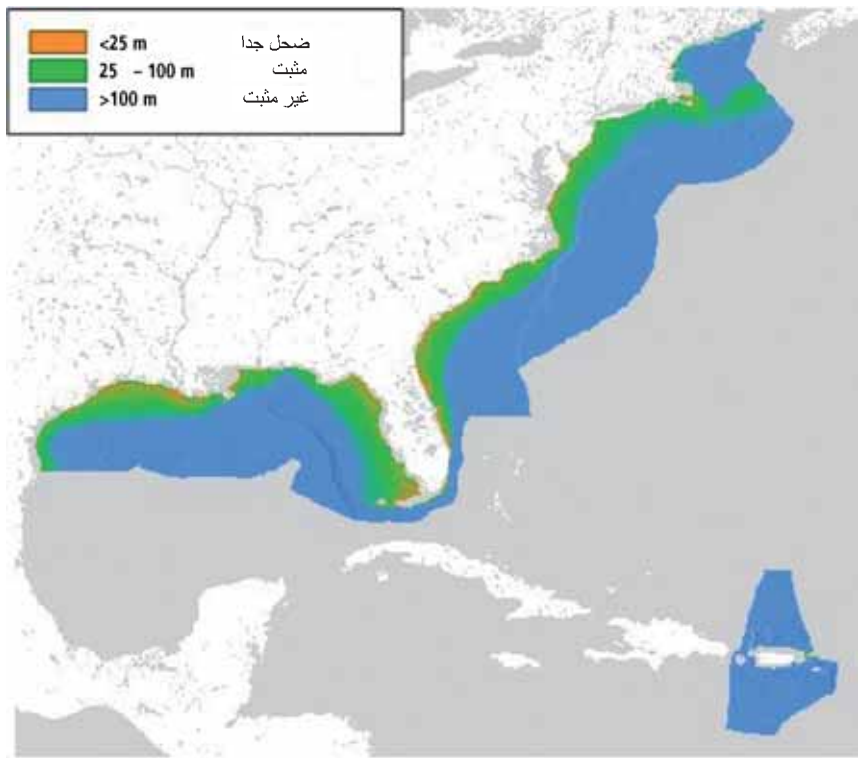
مدى الملاءمة لاستزراع بلح البحر الأزرق

عند الأخذ في الاعتبار تأثير درجة الحرارة على نمو بلح البحر، وفرة الغذاء (من حيث تركيز الكلوروفيل-أ (شكل 4-5)، والأعماق، فإن حوالي 9% فقط من المنطقة الاقتصادية الحصرية تعتبر صالحة لاستزراع بلح البحر على الحبال الطويلة (شكل 4-9أ،ب).

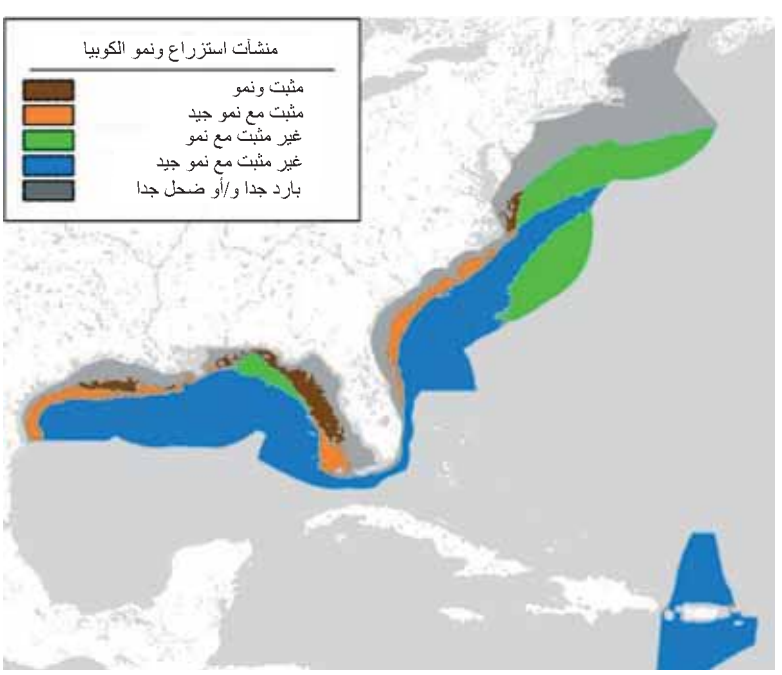
إمكانية الوصول للموقع

تم تحديد الأماكن المناسبة لاستزراع الكوبيا من خلال ارتباطها بزمن ومسافة السفر في ثلاث مناطق (شكل 4-10أ،ب). يوجد عدد قليل من الجونات والخلجان الصالحة لاستزراع الكوبيا في نطاق يبلغ 22 كم (ساعة واحدة)، حيث تمثل هذه الجونات حوالي 6% فقط من إجمالي المساحة الواقعة في هذا النطاق، إذ توجد ما بين 4 إلى 17 جونة فقط في نطاق المناطق المناسبة. وليست المشكلة بسبب برودة الماء، بل بسبب العمق الضحل. فعندما يزيد العمق يتحسن الوضع. وعند مسافة 22-44 كم من الجونة تصبح 40% من المنطقة صالحة للاستزراع، وعند مسافة 44-66 كم تزيد المنطقة المناسبة للاستزراع إلى 66%. ولكن تجدر الإشارة إلى أنه لا يمكن التعويل على جميع الجونات، كما أن هذه الجونات قد لا تكون قريبة من مراكز السلع والخدمات اللازمة لدعم المنشآت الشاطئية المساعدة للاستزراع المائي.

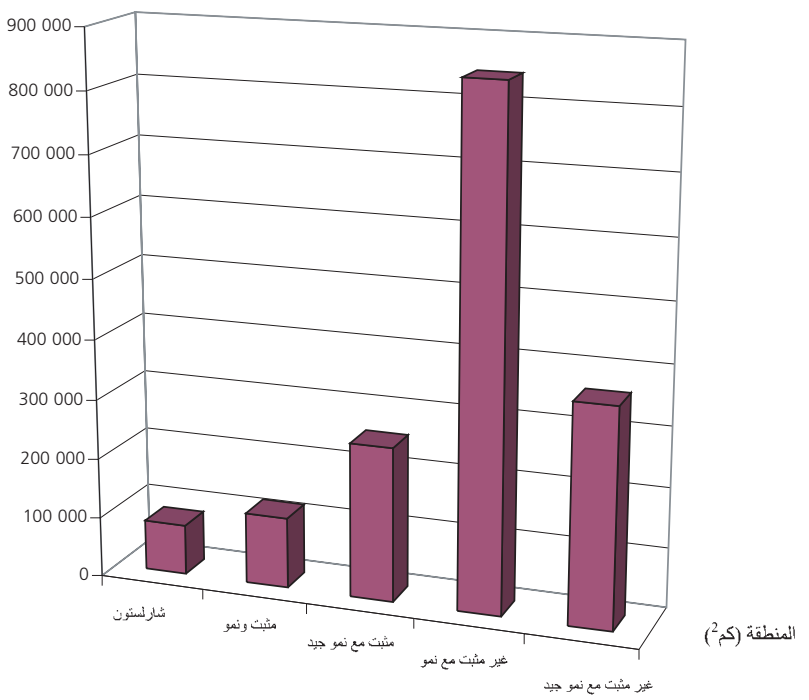
شكل 4-7. العمق وملاءمته لمنشآت وهياكل الاستزراع



شكل 4-8أ. مدى الملاءمة لاستزراع الكوبيا من حيث هياكل الاستزراع والنمو

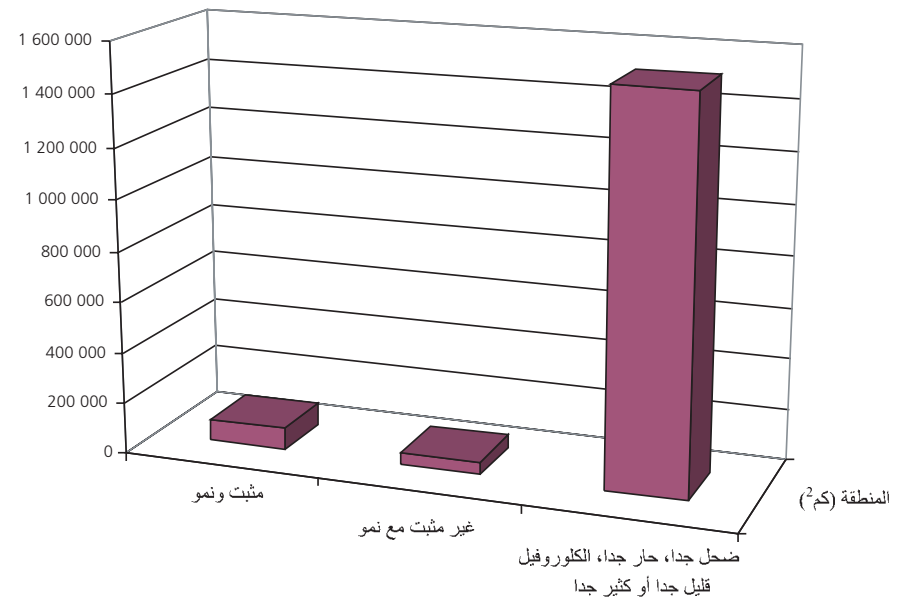


شكل 4-8ب. مدى ملاءمة المنطقة لاستزراع الكوبيا (كم^2)



شكل 4-9أ. مدى الملاءمة لاستزراع بلح البحر الأزرق من حيث درجة الحرارة، تركيز الكلوروفيل-أ والأعماق

شكل 4-9ب. مدى ملاءمة المنطقة لاستزراع بلح البحر الأزرق (كم^2)



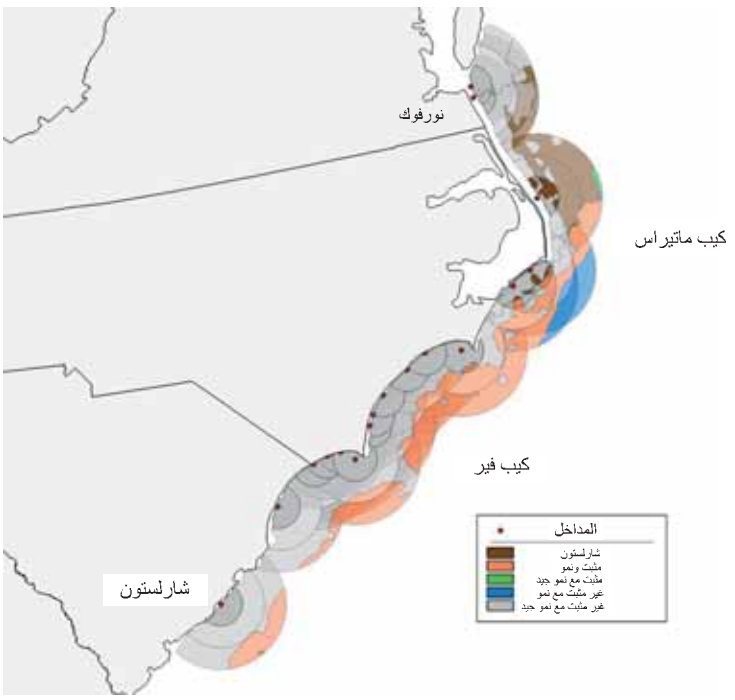
4-4 المناقشة

تم استعراض إمكانية الاستزراع المائي لنوعين "دالين" (indicator) من حيث المساحة السطحية للمناطق الاقتصادية الحصرية التي يمكن استزراع هذين النوعين فيها باستخدام التقنيات الحالية وكذلك بالاعتماد على التقنيات المستقبلية. وقد أوضحت النتائج، بشكل عام، أن درجات الحرارة في المناطق الاقتصادية الحصرية للمحيط الأطلنطي، خليج المكسيك والجزر البكر لبورتوريكو تساعد على اختيار واستزراع النباتات والحيوانات التي تنمو جيدا في المناطق الدافئة وتحت الدافئة. كما أن خطوط الأعماق تدعم الهياكل الطافية المثبتة على القاع بالخطاطيف، وأن تركيز الكلوروفيل-أ يساعد على استزراع الحيوانات التي تتغذى بالترشيح بالقرب من الشاطئ. أما فيما يتعلق بالوصول للموقع، فإن توافر الجونات والمسافة بين هذه الجونات والمواقع الملائمة للاستزراع قد تصير عوامل هامة لتطوير الاستزراع المائي في المياه المفتوحة في المستقبل القريب. ولكن لابد من تطوير تقنيات هذا الاستزراع للاستفادة من المناطق الاقتصادية الحصرية المتاحة في معظم الدول.

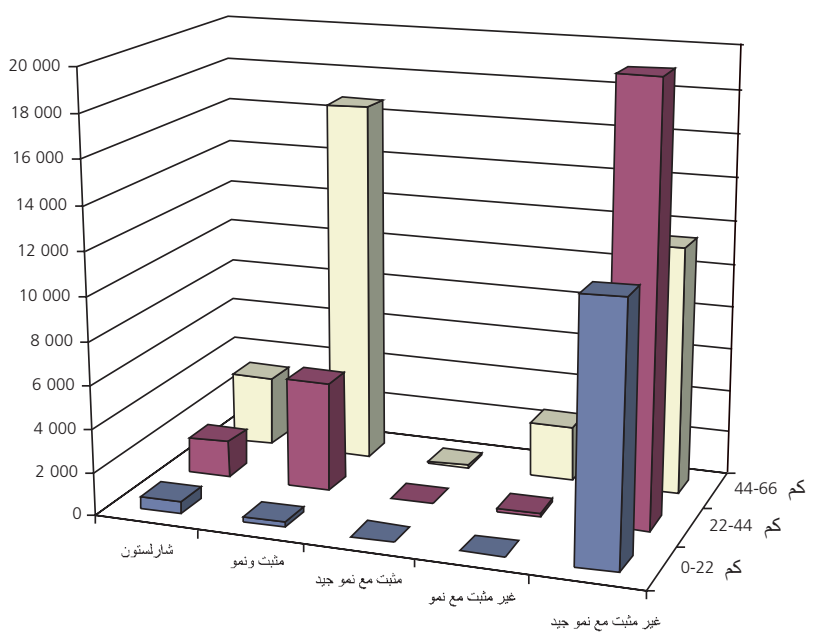
لقد أوضحنا أنه من الممكن تطوير نظم معلومات جغرافية استكشافية مفيدة تهدف إلى تقييم إمكانية الاستزراع المائي في المياه المحيطية بطريقة دلالية تعتمد على المعلومات المكانية المتاحة، من منظور دولي، التي يمكن تحميلها من شبكة المعلومات. ونظرا لأن البيانات الفضائية والدلالية متوفرة مجانا فمن الممكن تكرار عملنا وتوجهنا في أي دولة أخرى وذلك بتبني الأنواع ونظم الاستزراع المستخدمة في هذه الدولة بدلا من الأنواع والنظم التي قمنا نحن باستخدامها.

وكما يدل العنوان، فإن هذه الدراسة مجرد استكشاف لإمكانية الاستزراع المائي. إلا أن نتائج هذه الدراسة تشير إلى العديد من وسائل التحسين التي تؤدي إلى تقدير أفضل لهذه الإمكانية. وأحد هذه التحسينات هو الاخذ في الاعتبار بعض العوامل والعقبات الإنتاجية الأخرى، إذا توافرت البيانات الفراغية للقيام بذلك. وكمثال على ذلك، بيانات نظم المعلومات الجغرافية المتوفرة مجانا، خاصة من مواقع الحكومة الأمريكية على شبكة الإنترنت، وهي مرتبة طبقا للمكان الذي ستطبق فيه، على النحو التالي: هياكل ومنشآت التربية؛ منشآت الدعم الشاطئية؛ رحلات النقل والصيانة (مجمعة في الجدول 4-3). يمكن ملاحظة أن الكثير من البيانات والمعلومات المفيدة متوافرة؛ إلا أن استمرارية هذه البيانات فضائيا ما زال يعتبر مشكلة. فليست كل البيانات متاحة للخط الساحلي كله، كما أن هذه البيانات لا تمتد للداخل في اتجاه البحر لتغطي المناطق الاقتصادية الحصرية كلها. ولكن من الأمور المشجعة أن أصبحت البيانات أكثر تنوعا، كما صارت التغطية الجغرافية تتسع باستمرار، إضافة إلى أن المعلومات متوفرة مجانا على شبكة الإنترنت.

شكل 4-10أ. الملاءمة لاستزراع الكوبيا من حيث المسافة إلى اليابسة



شكل 4-10ب. مدى ملاءمة المنطقة لاستزراع الكوبيا من حيث بعد المسافة عن اليابسة



إن قيم درجة حرارة سطح البحر وتركيز الكلوروفيل-أ التي قمنا باستخدامها هي متوسطات لبيانات سنوات عديدة؛ إلا أنه في سياق تقييم الإمكانية، فإن تحليل العوامل الاستثنائية والاختلافات الموسمية والفصلية يعتبر أمرا هاما. ولذلك فإن تحليل هذه البيانات باستخدام مراحل زمنية أقصر، بدءا من التحليلات الشهرية والفصلية، يمكن أن يضيف للنتائج مزيدا من التحسين. وبالتالي يمكن استخدام هذه النتائج لتحديد المناطق والأوقات التي تحدث فيها هذه الظروف الاستثنائية.

تعتبر العوامل الإنتاجية مثل درجة حرارة سطح البحر، خطوط الأعماق وتركيز الكلوروفيل-أ على نفس الأهمية في تحديد إمكانية الاستزراع المائي. ولكن ليس هذا هو الموضوع. فقد أوضحنا أن الوصول للبحر والمسافة من الجونة إلى المنطقة المناسبة للاستزراع المائي يمكن أن تتباين جميعها تباينا شديدا. كما أن الدراسات التي أجريت لتقدير إمكانية الاستزراع المائي في المناطق الأصغر، بنقاء أعلى، وذات الخصوصية من حيث نظم وبيئات الاستزراع، يمكن أن تتضمن أوزان وترتيب العوامل الإنتاجية التي تدخل في دمج تحليلات نظم المعلومات الجغرافية مع النماذج الاقتصادية والاجتماعية. وتجدر الإشارة إلى أن مجموعتين من مجموعات بيانات ثلاثة، هما درجة حرارة سطح البحر وتركيز الكلوروفيل-أ قد تم الحصول عليها من خلال الاستشعار من بعد، بينما بيانات المجوعة الثالثة (خطوط الأعماق) قد استندت جزئيا إلى قياس الارتفاعات بالساتلايت.

لقد كانت المشكلة الرئيسية هي إيجاد معلومات كافية موثوق بها لاستخدامها في ربط النمو بكل من درجة حرارة سطح البحر وتركيز الكلوروفيل-أ. فقد تتفاعل السلالات المختلفة التابعة لنفس النوع مع درجة الحرارة بشكل مختلف من مكان لآخر، ولذلك قد تبدو النتائج متضاربة بين المواقع. أما المشكلة الأخرى فهي أن درجة الحرارة لا يمكنها بمفردها تحديد عمليات الاستزراع المائي. على سبيل المثال، تنمو الكوبيا أفضل عند الجزء الأعلى للمدى الحراري لنموها، إلا أنها قد تكون معرضة للأمراض عند هذا الجزء. ولذلك فإن الواقع العملي يدل على أن هذه الأسماك ربما يجري استزراعها عند درجة حرارة أقل من الدرجة المثلى لنموها (م.ج. أوسترلنج، اتصال شخصي، 2005). ولذلك فإن مداخل نتائجنا كانت عمومية عن قصد؛ أولا بهدف تبسيط العرض، وثانيا بسبب بعض الشك في إمكانية الاعتماد عليها في المناطق الواسعة التي شملتها هذه الدراسة.

وأخيرا، ومع وجود موقع واحد لاستزراع كل من الكوبيا وبلح البحر الأزرق في المياه المفتوحة، بالقرب من منطقة دراستنا، فإن أي محاولة لتأكيد تقديراتنا الدلالية بشأن إمكانية الاستزراع ما كانت لتصل إلى أي مضمون.

جدول 4-3. البيانات المكانية (الفراغية) التي يمكن تحميلها من الإنترنت وتطبيقاتها في تقييم الاستزراع البحري: (CO)= النوع المستزرع، (OF)= منشآت استزراع بعيدة عن القاع، (TF)= رحلات نقل وصيانة منشآت الاستزراع من الشاطئ إلى المياه المفتوحة

عوامل الإنتاج	التطبيق	موقع المصدر (URL)
قياسات القاع (العمق والميل)	CO & OF	http://www.ngdc.noaa.gov/mgg/gdas/gd_designagrid. html
نوع القاع	OF	http://www.csc.noaa.gov/opis/html/meta_lite/ mseamap.htm
تركيز الكلوروفيل-أ	CO	ftp://data.nodc.noaa.gov/pub/data.nodc/pathfinder/ CoralAtlas/
المخاطرة والحساسية الساحلية	SF, OF, TM	http://www.ncddc.noaa.gov/cra/gislibrary/
النقل الساحلي للمواد العضوية وغير العضوية	OF	http://www.nrl.navy.mil/content. php?P=03REVIEW199-2
أنماط الأعمال	SF	http://www.census.gov/epcd/cbp/view/cbpview.html
سرعة التيار عند عمق 15 مترا	TM, OF & CO	http://oceancurrents.rsmas.miami.edu/atlantic/ spaghetti-speed.html
سرعة التيار عند السطح	OF & CO	http://www.aoml.noaa.gov/phod/dataphod/work/ trinanes/INTERFACE/index.html
المناطق الميتة	CO	http://serc.carleton.edu/images/microbelife/topics/ map_of_gulf_of_.jpg
مناطق تزاوج الأسماك	OF	http://ocean.floridamarine.org/efh_coral/ims/viewer. htm

عوامل الإنتاج	التطبيق	موقع المصدر (URL)
شباك الصيد	OF & TM	http://ocean.floridamarine.org/efh_coral/ims/viewer. htm
منشآت معالجة الأسماك	SF	توجد مع البيانات الإحصائية
الطحالب السامة	CO	http://www.ncddc.noaa.gov/habsos/Mapping/
الأعاصير	TM, OF & CO	http://www.usgs.gov/hazards/hurricanes/
المداخل والمخارج إلى البحر	SF & TM	http://ocs-spatial.ncd.noaa.gov/encdirect/viewer.htm?
الموانئ الرئيسية	SF & TM	http://www.csc.noaa.gov/opis/html/meta_lite/mports. htm
المناطق البحرية المحمية	OF & TM	http://gis.mpa.gov/website/mma/viewer.htm
توزيع الأسماك والصدفيات البحرية في المياه المفتوحة	OF	http://www.ncddc.noaa.gov/ecosystems/GISMapping/ document_view
هيئة إدارة المعادن، منصات النفط والغاز العاملة أو غير الفاعلة	OF	http://www.gomr.mms.gov/homepg/pubinfo/repcat/ arcinfo/index.html
أعماق الطبقات المختلطة	CO	http://www.nodc.noaa.gov/OC5/mixdoc.html
هيئة إدارة المعادن التي تستخدم الرصيف القاري الخارجي	OF & TM	http://www.mms.gov/ld/PDFs/atl-use.pdf
الشبكة الوطنية لتخطيط الطرق السريعة		http://www.bts.gov/publications/north_american_ transportation_atlas_data/
مرتكز التجمعات، الأعمال والجغرافيا	SF	http://quickfacts.census.gov/qfd/
المطارات العامة	SF	http://www.bts.gov/publications/north_american_ transportation_atlas_data/
العلامات النهرية	CO	http://www.nrl.navy.mil/content. php?P=03REVIEW199-2
درجة حرارة سطح الماء	CO	ftp://data.nodc.noaa.gov/pub/data.nodc/pathfinder/ Version5.0_Climatologies
مناطق إدارة الأنواع	CF	http://ocean.floridamarine.org/efh_coral/ims/viewer. htm
مسارات العواصف	SF, OF	TM http://hurricane.csc.noaa.gov/hurricanes/download. html
درجة حرارة تحت سطح الماء	CO	http://las.pfeg.noaa.gov/las6_5/servlets/ metadata?catitem=60
الوقت والمسافة إلى ىالأسواق	SF	توجد مع البيانات الإحصائية
منشآت الموانئ البحرية	SF & TM	http://www.bts.gov/publications/north_american_transportati on_atlas_data/
ارتفاع الأمواج وسرعة التيار	SF, OF, TM	http://polar.ncep.noaa.gov/marine.meteorology/marine.winds/
المحاذير		
الشعاب الصناعية	OF	http://www.csc.noaa.gov/opis/html/meta_lite/martreef.htm
الشعاب (HAPC)	OF	http://www.nmfs.noaa.gov/gis/data/hapc.htm
مواقع الجرف	OF	http://ocs-spatial.ncd.noaa.gov/encdirect/viewer.htm?
البيئات (الموائل)الرئيسية للأسماك	OF	http://ocean.floridamarine.org/efh_coral/ims/viewer.htm
المناطق البحرية المحمية	OF	http://www3.mpa.gov/exploreinv/explore.aspx
الملاجئ البحرية	OF & TM	http://sanctuaries.noaa.gov/library/imast_gis.html
المناطق العسكرية	OF & TM	http://ocs-spatial.ncd.noaa.gov/encdirect/viewer.htm?
بينات الحيتان الحساسة	OF	http://www.nmfs.noaa.gov/pr/pdfs/shipstrike/critical_habitat_ traffic.pdf
الخطوط الملاحية	OF	http://ocs-spatial.ncd.noaa.gov/encdirect/viewer.htm?
الحطام	OF	http://ocs-spatial.ncd.noaa.gov/encdirect/viewer.htm?
معلومات رئيسية		

عوامل الإنتاج	التطبيق	موقع المصدر (URL)
مخرجات الخط الساحلي	OF, SF, & TM	http://rimmer.ngdc.noaa.gov/coast/
المنطقة الحصرية الاقتصادية	OF	http://nauticalcharts.noaa.gov/csdl/EEZ.HTM
الحدود البحرية	OF	http://chartmaker.ncd.noaa.gov/csdl/mbound.htm
الخط الساحلي لأعلى ارتفاع للماء	OF	http://www.nauticalcharts.noaa.gov/csdl/ctp/cm_vs.htm
إدارة المعادن	OF	http://www.mms.gov/ld/atlantic.htm#SOBD
الخرائط الملاحية	OF, SF, & TM	http://www.nauticalcharts.noaa.gov/csdl/ctp/cm_vs.htm

5- توافر البيانات

من أوائل الأسئلة التي تقفز إلى الذهن عند تطبيق نظم المعلومات الجغرافية، والاستشعار من بعد في الاستزراع المائي البحري هو مدى توافر وجودة المعلومات المستخدمة. فنوع المعلومات المطلوبة يتوقف بالضرورة على التطبيق. يقدم التطبيق الذى جرى استعراضه في الجزء الثالث مصادر جيدة يمكن منها جمع البيانات وخصائص البيانات المطلوبة لأنشطة محددة مثل اختيار الموقع والتخطيط الاستراتيجي. كما تقدم دراسة إمكانات الاستزراع المائي (الجزء 4) قائمة باحتياجات ومصادر البيانات المطلوبة لمعلومات الاستزراع البحري باستخدام نظم المعلومات الجغرافية على المستويين الوطني والمحلي. ولكن يوجد الكثير من التداخل في أنواع البيانات المطلوبة، إلا أن الفوارق تكون واضحة في درجة النقاء، والتوزيع الزمني والجغرافي لهذه البيانات. ويمكن النظر للبيانات المتوفرة لنظم المعلومات الجغرافية من زاويتين، بيانات فراغية (فضائية) (spatial data) وبيانات وصفية (تنسيبية أو مرجعية) (attribute data). ويمكن استعراض البيانات المكانية الرقمية من خلال انتشار الاستخدام. فعلى سبيل المثال، توجد بيانات للخط الساحلي للخرائط الأساسية، وطبقات من المعلومات لإضافتها للخرائط الأساسية، مثل خطوط الأعماق، درجات الحرارة ومناطق التعدين. ويعتبر الحصول على بيانات ذات نقاء مناسب للدراسة أمرا هاما، وتحديا كبيرا في الغالب. فمعظم البيانات المتوفرة عن المياه المفتوحة ذات نقاء منخفض يصعب معه استخدامها في دراسة إمكانية الاستزراع المائي بالقرب من الشاطئ. كما يوجد ارتباط قوي بين نقاء البيانات ومدى التغطية الجغرافية. ولذلك يمكن تصنيف مجموعات البيانات إلى: عالمية، وطنية، تحت وطنية (sub-national)، ومحلية. ترتبط البيانات تحت الوطنية بالمستوى الأول والمستوى الثاني للحدود الإدارية.

تستخدم البيانات الوصفية (التنسيبية- المرجعية) لربط مدخلات عوامل الإنتاج بعضها ببعض. ويمكن عرض مثالين في هذا الصدد هما (1) ربط درجة الحرارة مع معدلات النمو للكائنات المستزرعة، و(2) ربط الأعماق القصوى والدنيا بموقع القفص. قد يستغرق الأمر وقتا طويلا لتحديد، جمع وتحليل المعلومات الوصفية بسبب الحاجة إلى بحث مضني في الدوريات العلمية والإنترنت، وكذلك التواصل مع الخبراء.

أحد الفوارق الهامة الأخرى يكمن في التمييز بين البيانات المتاحة مجانا على الإنترنت والبيانات التجارية والتي يجب شراؤها.

5-1 بيانات نظم المعلومات الجغرافية العالمية

نركز هنا على البيانات العالمية، التي يمكن إنزالها مجانا من شبكة الإنترنت، بحيث تساعد في التقييم الأولي لإمكانية الاستزراع المائي في المياه المفتوحة لأي دولة، كما سبق وأشرنا في دراسة "إمكانات الاستزراع المائي" (الجزء 4).أما في حالة تقييم إمكانات الاستزراع المائي قريبا من الشاطئ فتستخدم البيانات الوطنية وتحت الوطنية. وعلى الرغم من أن تجميع وحصر مجموعات البيانات الوطنية التي يمكن استخدامها في نظم المعلومات الجغرافية العالمية للاستزراع البحري تقع خارج نطاق هذه الدراسة، فإننا نعرض بعض الأمثلة للبيانات الوطنية المتاحة فعلا.

ولكننا هنا نميز بين نوعين من البيانات هما: (1) حصر وتجميع البيانات الساكنة (static data) مثل بيانات الخطوط الساحلية والمناخ، ويعتمد الأخير على معلومات يجري رصدها لفترات طويلة، و(2) معلومات وقتية أو أقرب للوقتية تختص بتشغيل وإدارة الاستزراع المائي. وتجدر الإشارة هنا إلى أن معظم البيانات تعتمد على أنواع مختلفة من الاستشعار من بعد.

يتضمن حصر وتجميع البيانات البحرية بهدف الاستخدام العالمي الخطوط الساحلية، خطوط الأعماق، والبيانات المناخية حول درجة حرارة سطح البحر ومستوى تركيز الكلوروفيل-أ عند درجات نقاء مختلفة ومراحل زمنية مختلفة. كما يتضمن الحصر كذلك بيانات الاستشعار من بعد الأرضية التي يمكن أن تفيد في تحديد مواقع المنشآت الساحلية المدعمة للاستزراع البحري.

ويجري وصف البيانات الدولية باختصار في الجدول 4-1، بما فيها الروابط للمواقع التي يمكن إنزال هذه البيانات منها.

1-1-5 حصر وتجميع بيانات نظم المعلومات الجغرافية

تعتبر بيانات الخط الساحلي في صورة خارطة أساسية قاعدة لجميع الطبقات الأخرى. كما أن "الخط الساحلي الدولي الموجه" (The World Vector Shoreline) عبارة عن ملف رقمي للبيانات يحتوي على الخطوط الساحلية، الحدود الدولية، والأسماء لجميع دول العالم. وهو مقسم إلى عشرة ملفات لعشرة أحواض محيطية. تشكل هذه الملفات العشرة عالما كاملا فيما عدا أمريكا الوسطى، حيث يوجد تداخل بين ملف شمال غرب المحيط الأطلنطي وملف شمال شرق المحيط الهادي.

توجد بيانات خطوط القاع والارتفاعات معا في قاعدة بيانات تسمى إيتوبو2 (ETOPO2) (2-Minute Gridded Global Relief Data-). إيتوبو2 عبارة عن تجميع لمجموعات بيانات عديدة يعتمد بعضها على تسجيل الأقمار الصناعية.

كما أن البيانات المناخية شاملة درجة حرارة سطح البحر ومستوى تركيز الكلوروفيل-أ، الإشعاع الضوئي المنشط بالتمثيل الضوئي (Photosynthetically Active Radiation-PAR)، سرعة الرياح، وتركيز الأكسجين عند 100 متر متاحة لمتوسطات زمنية طويلة (شهرية، فصلية، وسنوية) وبدرجات نقاء مختلفة. كما تجدر الإشارة إلى أن بيانات درجة حرارة سطح البحر متاحة لفترات زمنية إضافية أخرى (يومية، كل 5 أيام، أسبوعية، كل 8 أيام وعند درجة نقاء أعلى (4 كم). كما أن بيانات كل فترة زمنية مقسمة إلى بيانات نهارية، بيانات ليلية وبيانات مجمعة.

وبالرغم من أن التيارات من أهم المعلومات اللازمة لتقييم إمكانية الاستزراع البحري فإن بيانات التيار من أكثر البيانات صعوبة في الحصول عليها زمنيا أو فضائيا بنقاء يفيد عالميا، إقليميا أو محليا. لقد تم إعداد دليل مناخي للتيارات العالمية القريبة من السطح باستخدام الجارف (drifter). يتكون الجارف من عوامة طافية تحتوي على جهاز إرسال لنقل البيانات وجهاز ترمومتر لقراءة درجة الحرارة عند عدة سنتيمترات تحت سطح الماء. تثبت العوامة في عوامة أخرى تحت سطحية للإقلال من تأثير حركة الأمواج السطحية، ثم تثبت العوامة الأخرى بدورها في مرساة مثبتة عند عمق 15 سم. وتبلغ درجة النقاء 1 درجة x 1 درجة. وتحتوي إحدى النسخ على متوسط القيم السنوية للتيارات القريبة من السطح ودرجة الحرارة تحت السطحية، بينما تحتوي نسخة أخرى على متوسطات القيم الشهرية، إلا أن هذه النسخة متاحة فقط للجزء القاري من المحيط الأطلنطي.

يعتبر تحديد وتوصيف المناطق الاقتصادية الحصرية أمرا حتميا لتقييم إمكانية الاستزراع المائي في المياه المفتوحة، خاصة في المناطق المتنازع عليها. وقد كانت البيانات العالمية حتى عهد قريب بيانات تجارية (مثل قاعدة بيانات الحدود البحرية، المتاحة في "نظم المعلومات الديناميكية المتطورة" (http://www. gd-ais.com/capabilities/offerings/sr/gmbd.htm). إلا أن الهيئة الدولية لتبادل بيانات ومعلومات المحيطات التابعة للجنة الدولية للمحيطات (IOC) قد قامت بإعداد نسخة مجانية لطبقة نظم المعلومات الجغرافية الخاصة بالمناطق الاقتصادية الحصرية، وذلك من خلال مركز فلاندر للمعلومات البحرية. وهذه النسخة متاحة مجانا على شبكة الإنترنت (http://www.vliz.be/vmdcdata/marbound)، حيث تعتبر جزءا من برنامج جوجل للأرض (GoogleEarth). تتكون هذه النسخة من خطوط التضاريس، مع شرح لمعاني ومصادر وأسباب تكوين هذه الخطوط. وسوف يضمن معهد فلاندر متابعة واستدامة مصدر نظم المعلومات الجغرافية الخاصة بالمناطق الاقتصادية الحصرية. كما يمكن الحصول على قيم المناطق الاقتصادية الحصرية والمناطق التابعة لها من خلال مشروع "البحار من حولنا" (Sea Around Us) (http://www.seaaroundus. org/eez/eez.aspx#).

تتضمن البيانات التي تفيد في تقييم إمكانية تنمية المنشآت الشاطئية المدعمة للاستزراع البحري معلومات عن المناطق المأهولة، نظم النقل والمواصلات (الطرق، خطوط السكك الحديدية، المطارات)، والحدود الإدارية. كما يقدم جوجل الأرض (Google Earth h, ttp://earth.google.com/) إمكانية استعراض ومعالجة الصور الفضائية بسهولة بدرجات متفاوتة

من الدقة والنقاء (عادة 15 مترا وأقل من عمر 3 سنوات)، كما يمكن اكتساب هذه المعلومات لمناطق عديدة حول العالم. ويمكن استعراض المنطقة المرغوبة وإضافة الظواهر والتضاريس المطلوبة، وكذلك وضع النقط المرجعية الجغرافية للمناطق المختارة عند الحاجة. عندئذ يمكن إخراج الصورة على هيئة (jpg) لعمل خريطة مبسطة يمكن أن تكون مرجعية جغرافية في نظام المعلومات الجغرافية في حالة البيانات المستقاة من مصادر أخرى. كذلك يمكن استخدام لغة كيهول مارك (Keyhole Markup Language) لمشاركة الأماكن والمعلومات مع مستخدمين آخرين لجوجل الأرض. ويمكن الحصول على ملفات لغة كيهول مارك من موقع مجتمع جوجل الأرض (Google Earth Community) الذي يصف المظاهر والأماكن المرغوبة.

كما يعتبر الفسيفساء (الموزاييك) العالمي WMS (WMS Global Mosaic) مفيدا لنفس الغرض، وهو صورة فسيفسائية تركيبية عالية النقاء والدقة للأرض، تم إنتاجها من خلال أكثر من 200 8 صورة التقطها اللاندسات 7 (Landsat 7) بدرجة نقاء عظمى تبلغ 15 مترا.

كما تقدم مجموعة ميونخ خارطة تسمى ناثان (NATHAN) تغطي مناطق المخاطر الطبيعية التي تؤثر على الاستزراع البحري. تتضمن المخاطر الطبيعية: التسونامي، الهزات الأرضية، الثورات البركانية، العواصف، العواصف الموجية، الأعاصير، البرق والثلوج البحرية. ويمكن استعراض خرائط المخاطر الطبيعية على شبكة الإنترنت من خلال تقريب وإبعاد الصورة من المستوى الدولي للمستوى المحلي. إلا أنه يجب شراء بيانات نظم المعلومات الجغرافية.

لقد تم الإشارة إلى خرائط الطحالب السامة في الجزء 3-2. وبعض الخرائط متاحة على المستوى الإقليمي. تصبح الخرائط الإقليمية والعالمية مفيدة إذا توفرت المعلومات الأساسية التي تشمل الكائن المسبب، مدى تكرار الحدوث، وأماكن الحدوث.

لقد وحدت منظمة الأغذية والزراعة، البرنامج العالمي للغذاء وبرنامج الأمم المتحدة للبيئة جهودهم البحثية وخبراتهم في التخريط لتطوير "الشبكة الأرضية المجانية" (GeoNetwork opensource) مجانا (http://www.fao.org/ geonetwork)، كاستراتيجية عامة لتسهيل مشاركة جميع وحدات منظمة الأغذية والزراعة والهيئات الأخرى التابعة للأمم المتحدة والمنظمات غير الحكومية والمؤسسات الأخرى في البيانات الجغرافية المرجعية.

وتعتبر الشبكة الأرضية المجانية عبارة عن بيئة عيارية لا مركزية لإدارة المعلومات المكانية، تم إنشاؤها لتسهيل الوصول لقواعد البيانات الأرضية المرجعية والمنتجات الخرائطية، والبيانات الأخرى ذات الصلة من مصادر مختلفة. كما تساعد هذه الشبكة في تبادل المعلومات الفراغية بين المنظمات باستخدام الإنترنت. ويهدف هذا التوجه في إدارة المعلومات الجغرافية إلى تمكين المستخدمين من الحصول على المعلومات الفراغية والخرائط بسهولة وبلا حدود، مما يساعد في اتخاذ القرارات.

الهدف الرئيسي من حزمة برمجيات الشبكة الأرضية المجانية هو تحسين الحصول على بيانات ومعلومات متنوعة من مصادر متنوعة وعلى مقاييس مختلفة، يتم ترتيبها وتوثيقها بصورة قياسية ومتناغمة. وتتضمن البيانات الرئيسية المرتبطة بالاستزراع البحري والتي يمكن الحصول عليها من الشبكة الأرضية: الحدود الإدارية، الخطوط الساحلية، توزيع الموارد السمكية، مناطق الصيد، المدن الرئيسية، الكثافة السكانية، الطرق والمناطق الرطبة. ولكن التحدي الرئيسي هو تطوير تبادل المعلومات والتشارك فيها بين المنظمات بهدف تجنب التكرار، زيادة جهود التعاون والتنسيق في تجميع المعلومات وجعلها متاحة لصالح الجميع، المحافظة على الموارد، وفي نفس الوقت حماية ملكية هذه المعلومات والبيانات.

لقد تم إنشاء الشبكة الأرضية المجانية لربط مجتمعات المعلومات الفراغية وبياناتهم باستخدام أسلوب حديث، متطور ومنخفض التكاليف، استنادا إلى أسس كل من "حزمة برنامج المصدر الحر والمفتوح" (Free and Open Source Software, FOSS) والمعايير الدولية والمفتوحة للخدمات والبروتوكولات.

كما تم تجميع قواعد البيانات والمكتبات الجيوفراغية المتناغمة في دراسة مسحية ومقارنة في مطبوعة لمنظمة الأغذية والزراعة أعدها دوولي (2005). تمثل هذه المطبوعة مسحا لمصادر

المعلومات الدولية التي يمكن استخدامها لتقديم الخطوط الجيوفراغية الرئيسية اللازمة لوضع الطبقات الرئيسية للبيانات الهيكلية المدعمة للخرائط الأساسية، الاستعداد والاستجابة للطوارئ، الأمن الغذائي، وتخريط الفقر. كما تتضمن المطبوعة كذلك معلومات ذات صلة بالاستزراع البحري في المياه الشاطئية والمياه المفتوحة. وقد أخذت المطبوعة في الاعتبار فقط مصادر البيانات العالمية ذات المقياس 1: 5 مليون أو أكبر للبيانات الموجهة وذات الحجم الاسمي المبكسل (nominal pixel size) البالغ 5 آرس دقائق (5 arc minutes) أو ذات النقاء الأعلى للبيانات الأفقية الخطية المبكسلة (raster data). وقد تم تحديد مصادر البيانات الواردة في المطبوعة استنادا إلى مصادر دراسة مرجعية على الإنترنت أجريت في الربع الأول من عام 2004، وتم تحديثها في يناير 2005.

5-1-2 استخدام بيانات الوقت الحقيقي المستشعرة من بعد في الإدارة التشغيلية

تتضمن البيانات المرتبطة بالاستزراع البحري المكتسبة عن طريق الاستشعار من بعد: درجة حرارة سطح الماء، أنماط التيارات البحرية، تكوين المد والجزر، الدوامات المائية، حركة الرياح السطحية، حركة الأمواج، لون المحيط (يدل جزئيا على تركيز الفيتوبلانكتون) وحالة الجليد البحري عند خطوط العرض العليا (مهمة للكائنات، التشغيل، والمنشآت).

يمكن أن تكون بيانات الوقت الحقيقي، أو بصورة أدق التنبؤات المستندة على هذه البيانات، حيوية للإدارة التشغيلية لمنشآت الاستزراع البحري. وتغطي تطبيقات الاستشعار من بعد للوقت الحقيقي الاحتياجات الأساسية للمعلومات الإدارية. وتستخدم هذه التطبيقات في إدارة: (1) الكائنات المستزرعة، (2) هياكل الاستزراع، و(3) الوصول للموقع (الاتصالات البحرية والجوية) والمنشآت الشاطئية المساعدة. المعلومات المرتبطة بالكائن المستزرع هي درجة الحرارة، تركيز الكلوروفيل، الرياح السطحية (طول، مسافة وارتفاع الموجة) وسرعة التيار. أما المعلومات المتعلقة بهياكل الاستزراع والوصول إليها فتتمثل في سرعة التيار، ارتفاع الموجة وسرعة الرياح. ويمكن استيفاء هذه المتطلبات الأخيرة من خلال تنبؤات الأرصاد البحرية التي تعتمد على دمج بيانات الاستشعار من بعد مع البيانات المأخوذة من مجسات طافية ومثبتة في البحر. ولم يتم التعامل هنا مع هذه البيانات بالتفصيل، بل إن التركيز منصب على البيانات المتعلقة بالكائنات المستزرعة.

وبالنظر إلى الاستخدام المستقبلي لمنشآت الاستزراع البحري غير المثبتة (الطافية) في المياه المفتوحة، كما وصفها جودي (Goudey, 1998) تعتبر سرعة التيار أحد المتغيرات الهامة في الإدارة من أجل الوصول إلى بقاء منشآت الاستزراع في المواقع الأكثر ملاءمة لحياة الكائنات المستزرعة، ولسلامة المنشآت نفسها، مع اقل استخدام لنظام الدفع التكميلي. كما تعتبر أنماط التيار على المدى الطويل عاملا هاما من أجل التنبؤ بأفضل المواقع لإقامة المزرعة وللتخطيط لتحقيق أفضل الظروف البيئية. وتجدر ملاحظة أن المعلومات اللازمة لتحقيق هذه الأهداف ليست معلومات أولية، بل تم تجميعها ومعالجتها من خلال النمذجة أو من خلال تجميعها من مجسات متعددة.

الكلوروفيل-أ

هناك فرص عديدة للحصول على بيانات الكلوروفيل-أ ذات الانتشار العالمي. فقد قدمت المجموعة الدولية لتنسيق لون المحيط (International Ocean Color Coordinating Group (http://www.ioccg.org/)) دراسة مرجعية حول المصادر، الخصائص والمؤسسات المشاركة. مثال على ذلك، فإن المنتجات المختلفة من حيث النقاء الفراغي والحقلي للمجس المائي المعروف باسم "جهاز التصوير الطيفي الإشعاعي ذي النقاء المتوسط (موديس) (Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer, MODIS) موجودة في موقع هيئة الفضاء الأمريكية (ناسا) (http://oceancolor.gsfc.nasa. gov/PRODUCTS/L3_sst.html).

بيانات الوقت الحقيقي البحرية الأخرى

يقدم مركز الأرشيف النشط لعلوم البحار الطبيعية (The Physical Oceanography Distributed Active Archive Center) (ناسا-الولايات المتحدة الأمريكية) موقعا واحدا يمكن من خلاله الحصول على الكتالوجات والبيانات الدولية عن درجة حرارة سطح الماء، التيارات والأمواج (http://podaac.jpl.nasa.gov/catalog/). ويمكن تقسيم، رسم، ومراجعة مجموعات البيانات قبل إنزالها (http:// poet.jpl.nasa.gov/).

2-5 البيانات الوطنية

تتطلب نظم المعلومات الجغرافية التي تستهدف إمكانية الاستزراع المائي بالقرب من الشاطئ بيانات ذات نقاء أعلى من نقاء مجموعات البيانات ذات التغطية العالمية. وتستخدم في هذا الصدد مجموعات البيانات الإقليمية، الوطنية والمحلية. وقد تم القيام بدراسة استكشافية (الجزء 4) لإبراز دور نظم المعلومات الجغرافية في تقييم إمكانية الاستزراع المائي باستخدام خليط من البيانات العالمية والوطنية المتاحة.

يقدم "الدليل الرئيسي للتغيرات العالمية" (Global Change Master Directory)، وهو دليل لبيانات وخدمات علوم الأرض (http://gcmd.nasa.gov/index.html) فرصة للحصول على البيانات المتعلقة بالمحيط للدول الأخرى. فعلى سبيل المثال يمكن استخدام هذا الموقع لتحديد مداخل البيانات المكانية كما في حالة الهند. كما يمكن استخدام البحث في الإنترنت للحصول على البيانات الوطنية في علوم البحار من سجلات مراكز علوم البحار (مثل مشروع الدليل المفتوح (Open Directory Project) http://dmoz.org/Science/Earth_Sciences/Oceanography/Data_and_ Information_Resources/) أو من البيانات الخاصة بدول محددة.

الولايات المتحدة الأمريكية وكندا هما الدولتان الرائدتان في تقديم البيانات الفراغية المفيدة في تطوير وإدارة الاستزراع البحري على الرغم من أن هذه البيانات لم تعد خصيصا لهذا الغرض. ويمكن تفصيل أو ضبط بعض بيانات الولايات المتحدة الأمريكية الجغرافية باستخدام تقنية خدمة الخرائط على الإنترنت (Internet Map Server) ثم إنزالها بعد ذلك مع بعض الاختيارات في شكل الملف. وتعتبر بيانات البيئة والنظام البيئي لجنوب المحيط الأطلنطي من الأمثلة المفيدة لبيانات خدمة الخرائط على الإنترنت (http://ocean.floridamarine.org/ efh_coral/ims/viewer.htm). ويتضمن نظام المعلومات السمكية روابط لمصادر البيانات المكانية المفيدة في مجال الاستزراع المائي والمصايد والتي يمكن إنزالها من شبكة الإنترنت.

6- اتخاذ القرار وأدوات النمذجة في نظم المعلومات الجغرافية

6-1 مقدمة

استعرض فيشر (تحت الطبع) تطور استخدام نظم المعلومات الجغرافية في تطبيقات المصايد بعيدا عن الاستزراع المائي. وعلى الرغم من ازدياد درجة التعقيد في استخدام نظم المعلومات الجغرافية في المصايد، وفي الاستزراع البحري، كما يبدو هنا، فإن هناك انطباعا بأنه لم يستفاد من الأدوات المتاحة للنمذجة واتخاذ القرار. فكل رزمة تجارية من نظم المعلومات الجغرافية تضم داخلها أدوات النمذجة واتخاذ القرار الخاصة بها.

ولغرض التقرير الحالي تم تعريف مصطلح "أداة دعم القرار" (decision support tool) ومصطلح "النموذج" (model) كما يلي: تشير أداة دعم القرار إلى نظام تفاعلي يعتمد على الحاسب الآلي يقوم بمعالجة وتمثيل البيانات المكانية والفراغية بهدف دعم اتخاذ القرار المعلوماتي، الإيجابي، وفي بعض الأحيان التشاركي. أما "النموذج" فهو تمثيل مبسط للحقيقة يستخدم لمحاكاة عملية ما، فهم موقف ما، توقع نتيجة ما أو تحليل مشكلة ما. ويمكن اعتبار النموذج على أنه "تقريب انتقائي" يمكنه، بعد حذف التفاصيل الثانوية، من إظهار أو اختبار بعض الجوانب الرئيسية للعالم الحقيقي (FAO 2006b).

الهدف من هذا الجزء هو تقديم استعراض لتوجهات اتخاذ القرار وأدوات النمذجة المستخدمة في تطبيقات مختارة لنظم المعلومات الجغرافية في مجال الاستزراع البحري. يتم أولا وضع أساس لتصنيف البيانات والتقييم متعدد المعايير لها. بعد ذلك يجري وصف النماذج المستندة إلى نظم المعلومات الجغرافية والمستخدمة في اتخاذ القرار. يلي ذلك استعراض أدوات دعم اتخاذ القرار المستندة إلى نظم المعلومات الجغرافية والمستخدمة في المناطق البحرية المحمية، مع تقديم جدول يلخص قضايا الاستزراع المائي التي يمكن مجابهتها باستخدام هذه الأدوات. أخيرا تم استعراض أدوات دعم اتخاذ القرار المستخدمة في تطبيقات مختارة لنظم المعلومات الجغرافية في مجال الاستزراع البحري.

6-2 التصنيف

يعتبر التصنيف جزءا هاما من عملية اختزال البيانات، حيث يمكن من خلاله جعل مجموعات الملاحظات المعقدة قابلة للفهم. ودائما ما تحتاج مصادر البيانات، سواء أكانت حقيقية أم تكاملية، إلى التصنيف قبل استخدامها. وعلى الرغم من أن أي عملية تصنيف تتضمن فقد بعض المعلومات، فإن التخطيط الجيد لا يؤدي فقط إلى الإقلال من فقد المعلومات بل يقدم كذلك وسائل ملائمة لتداول ونقل هذه المعلومات من خلال تحديد المجموعات ذات الصفات المشتركة (Burrough, 1986). ولكن يجب الحذر عند إجراء عملية التصنيف للحفاظ على القدر الملائم من التفاصيل الذي يتطلبه اتخاذ القرار في مرحلة لاحقة (Burrough, 1986; Aguilar-Manjarrez, 1996; Ross, 1998).

يقدم (Aguilar-Manjarrez, 1996) استعراضا شاملا لخمس طرق تم استخدامها لتصنيف البيانات الأرضية للاستخدامات المختلفة التي تتفق مع تصنيف بيانات الاستزراع البحري. وهذه الطرق هي:

1. طريقة منظمة الأغذية والزراعة للتقييم الأرضي- التي تقيم ملاءمة كفاءة الأرض للأنشطة المختلفة.
2. طريقة القيود- التي يتم فيها تقييم كل خاصية أرضية على مقياس نسبي من القيود.
3. الطريقة البارامترية (parametric method)- التي يتم فيها تصنيف وترتيب مستويات القيود لكل خاصية على مقياس يتراوح من صفر-1، بحيث تحسب منه النسبة المئوية لمعامل الأرض (land index) كمنتج لقيم التصنيف الفردي لجميع الخصائص.
4. طريقة بولين (The Boolean method)- التي تفترض أن جميع الأسئلة المتعلقة بإمكانية استخدام الأرض يمكن إجابتها بطريقة مزدوجة، وأن جميع التغيرات الهامة تحدث عند حدود معلومة.
5. طريقة المجموعة الزغابية أو الغامضة (fuzzy set method)- التي يستخدم فيها وزن واضح ومحدد لتقييم تأثير كل خاصية أرضية. تستخدم التقنيات الزغابية بعد ذلك في

دمج تقييم كل خاصية أرضية للحصول على معامل ملاءمة نهائي. وبعيدا عن سيادة طائفة ما من حيث الملاءمة فإن طريقة المجموعة الزغابية تقدم معلومات عن المدى الذي عنده تنتسب وحدة أرض معينة إلى كل طائفة من طوائف الملاءمة التي تم إدراكها.

يمكن استخدام أي من الطرق السابقة في تطبيقات نظم المعلومات الجغرافية لتصنيف مصادر البيانات إلى مقياس للملاءمة يتكون من أربع إلى خمس نقط (الرقم واحد يدل على الأقل ملاءمة). يتوقف اختيار طريقة التصنيف على نوع البيانات والاستخدامات المتوقعة من المعلومات الناتجة. يسمح التصنيف بتناغم جميع طبقات البيانات، وهذا مطلب ضروري لمزيد من النمذجة.

تم تطبيق الطريقة الزغابية المنطقية في دراسة لاستكشاف ملاءمة الاستزراع المائي في جزر تيوي في استراليا (Field, 2001). كان جزء كبير من الخط الساحلي عبارة عن أرض بدائية مملوكة للسكان الأصليين، وأن المجتمعات المحلية تطلب المشاركة في صناعة قرارات التنمية. إلا أنه كان من الضروري لهؤلاء السكان العمل بأسلوب لغوي وليس رياضي. كما لوحظ أن نظم المعلومات الجغرافية التقليدية القائمة على حدود واضحة المعالم لم تكن كافية لتعكس الوضع الحقيقي للانتقال التدريجي بين المناطق ذات الدرجات المتفاوتة من الملاءمة. لذلك تم تطوير نظام للمعلومات الجغرافية يقوم على توجه الفريق (Team Approach Geographic Information System) يتصف بأربع صفات: (1) استخدام المصطلحات اللغوية في تقييم المعايير بدلا من استخدام المصطلحات الرياضية عند تحديد الملاءمة، (2) المقارنات الثنائية التزامنية لتقدير أوزان المعايير بطريقة إكسيل (Microsoft Excel)، (3) تطبيق بيئة النمذجة البصرية في الموديل بلدر (ModelBuilder) وهو امتداد للمحلل الفضائي إسري 2 (ESRI Spatial Analyst 2.0)، و(4) التشغيل النهائي لنظام المعلومات الجغرافية على حزمة البرمجيات أرس/ فيو (Arc/View software).

كان التوجه العام هو تحديد مداخل للمعايير، ترتيب وتصنيف هذه المداخل بصور رقمية ولغوية (مثل منح مدى الميل البالغ 4-5 درجة رتبة 1، التي تناظر من حيث الوصف اللغوي "ملاءمة منخفضة جدا"). كانت سلسلة الرقم الزغابي المرادف في أربع مجموعات هي: (0.0, 0.0, 0.1, 0.2). تدل القيمتان 0.0 في الطوائف المختلفة على عدم وجود حدود فاصلة بين ميول الملاءمات المختلفة. يؤدي هذا التوجه، إذا ما أخذت جميع المعايير في الاعتبار في مجموعات الأرقام الزغابية الأربعة، إلى الحصول على أربع خرائط تتراوح بين الأكثر وضوحا إلى الأقل وضوحا. لذلك فإن تفسيرات أربعة مختلفة لنفس المعايير تنتج أربع خرائط للملاءمة.

3-6 التقييم متعدد المعايير

قد يصبح تخطيط وإدارة الاستزراع البحري أمرا صعبا ومعقدا بدون مساعدة العوامل المساعدة في صناعة القرار، مثل صناعة القرار متعدد المعايير. إلا أن استخدام هذه العوامل المساعدة في الاستزراع البحري ما زال محدودا. تتضمن الكثير من قضايا تنمية وإدارة الاستزراع البحري مفاهيم فراغية، ولذلك فإن هناك إمكانية هائلة لاستخدام نظم المعلومات الجغرافية في الاستزراع البحري.

تمتلك نظم المعلومات الجغرافية إمكانية هائلة للاستخدام في قرارات الخطط والسياسات وقرارت تخصيص الموارد. تؤثر قرارات الخطط والسياسات في سلوك القرار لمتخذي هذا القرار، بينما تتضمن قرارت تخصيص الموارد القرارات التي تؤثر بشكل مباشر في استخدام الموارد.

كذلك تمتلك نظم المعلومات الجغرافية المستخدمة في قرارات الخطط والسياسات إمكانية (غير مدركة حاليا) للاستخدام كأداة للنمذجة، يمكن من خلالها محاكاة التأثيرات المكانية لسلوك القرار المتوقع. إلا أن نمذجة المحاكاة، خاصة تلك المتعلقة بالقضايا الاقتصادية والاقتصادية، ما زالت في بداياتها الأولى. ولكن من المتوقع أن تلعب نظم المعلومات الجغرافية دورا متناميا في هذا الموضوع مستقبلا.

تعتبر قرارات تخصيص الموارد مرشحا رئيسيا للتحليل بواسطة نظام المعلومات الجغرافية. فتقييم وتخصيص الأرض أحد أهم أنشطة تنمية الموارد. إلا أنه بدون إجراءات وأدوات لتطوير قواعد القرارات ونمذجة النتائج المتوقعة فلن يمكن اغتنام هذه الفرصة.

يتضمن التقييم متعدد المعايير المعتمد على نظم المعلومات الجغرافية استخدام البيانات الجغرافية، تفضيلات متخذ القرار ودمج البيانات والتفضيلات طبقا لقواعد محددة للقرار. وقد تم خلال العقد الماضي تطبيق عدد من الطرق متعددة المعايير في بيئة نظم المعلومات الجغرافية بما فيها: الدمج الخطي الموزون (weighted linear combination)، طرق النقطة المثالية (ideal point methods)، التحليل المتوافق، الإجراء التحليلي المتسلسل (Analytical Hierarchy Process)، إجراء الشبكة التحليلية (Analytical Network Process) ومتوسط الرتبة الموزون (Order Weighted Average). ومن بين هذه الإجراءات يعتبر الدمج الخطي الموزون وعملية طبقة بولين (Boolean overlay operation) الأكثر مباشرة وبساطة. كما أن هاتين الطريقتين كانتا سائدتين تقليديا في استخدام نظم المعلومات الجغرافية كوسائل لدعم اتخاذ القرار (Malczewski, 1999; Malczewski, 2006).

في الدمج الخطي الموزون تتم معايرة المعايير إلى مدى رقمي شائع، وبعد ذلك يتم دمجها عن طريق المتوسط الموزون. يؤدي الدمج الخطي الموزون إلى خريطة للملاءمة يمكن عندئذ حجبها عن طريق قيد أو أكثر، ثم تكون أخيرا مدخلا للقرار النهائي. أما في إجراء بولين، فيتم اختزال جميع المعايير إلى عبارات منطقية للملاءمة، ثم يجري بعد ذلك دمجها بواسطة مشغل منطقي أو أكثر مثل التقاطع (AND) والاتحاد (OR).

يقدم نموذج "متوسط الرتبة الموزون" بديلا جيدا لتوجه الدمج الخطي الموزون شائع الاستخدام لدمج المعايير المتعددة. ويمكن للفرد، بواسطة تباين اهمية العوامل في أوضاع رتبية معينة، أن يضبط مستويات التناوب بين العوامل وإزالة المخاطر في الحل المتضمن في النموذج النهائي. يقدم (Malczewski, 2006) تطبيقا جيدا لتوجه "متوسط الرتبة الموزون" كأساس لتكامل تحليل القرار متعدد المعايير ونظم المعلومات الجغرافية مع مشكلة إدارة بيئة العالم الحقيقي، التي تتضمن تطوير استراتيجيات إدارية لمجاري المياه في سيدار كريك (Cedar Creek watersheds) في أونتاريو بكندا.

4-6 النمذجة

نماذج اتخاذ قرارات التقييم متعدد المعايير

يقدم (Malczewski, 1999) دراسة مرجعية وافية عن نظم المعلومات الجغرافية وتحليل القرار متعدد المعايير، مع التركيز على النمذجة القائمة على نظم المعلومات الجغرافية للمشاكل المكانية متعددة المعايير. وكان الهدف الرئيسي من ذلك هو "تعريف القارئ بأسس تحليل القرار متعدد المعايير واستخدام تقنيات القرار متعدد المعايير في بيئات نظم المعلومات الجغرافية". تم ترتيب فصول هذه الدراسة على النحو التالي: الفصل الأول: البيانات الجغرافية، المعلومات، واتخاذ القرار؛ الفصل الثاني: مقدمة عن نظم المعلومات الجغرافية؛ الفصل الثالث: مقدمة عن تحليل القرار متعدد المعايير؛ الفصل الرابع: تقييم المعايير؛ الفصل الخامس: القرارات البديلة والقيود؛ الفصل السادس: وزن المعيار؛ الفصل السابع: قواعد القرار؛ الفصل الثامن: تحليل الحساسية؛ الفصل التاسع: النظم المدعمة للقرار الفراغي؛ والفصل العاشر: دراسات حالة حول النظم المدعمة للقرار الفراغي متعدد المعايير. وقد كان بناء المتن وترتيب الفصول منطقيا. تستهدف هذه الدراسة محللي القرارات ونظم المعلومات الجغرافية وكلا من طلبة المرحلة الجامعية وطلبة الدراسات العليا الدارسين لتطبيقات نظم المعلومات الجغرافية، التحليل الكمي، والمقررات الدراسية حول النظم المدعمة للقرار الفراغي. وقد افترض المؤلف أن الخلفية الرياضية للقارئ محدودة. ولذلك، وبدلا من استنباط المعادلات الرياضية ووضع تقنيات الحلول، فقد حددت الدراسة حزم البرمجيات التي يمكن استخدامها.

وفي إطار تطبيقات نظم المعلومات الجغرافية في دعم قرار الاستزراع المائي قام ناث وآخرون (2000) بتحديد قيود تطبيق نظم المعلومات الجغرافية ووضع إطار من سبعة مراحل

لتطوير نظام للمعلومات الجغرافية يتضمن الافراد، الأنشطة والإجراءات التحليلية. وتبقى هذه الدراسة صالحة كأساس للتقييم متعدد المعايير في مجال الاستزراع المائي.

لقد ركز عدد من الدراسات التي أجريت في معهد الاستزراع المائي بجامعة استرلنج (http://www.aquaculture.stir.ac.uk/GISAP/gis-group/) على تصميم "نماذج متسلسلة" (Hierarchical models) (Aguilar-Manjarrez, 1992; Aguilar-Manjarrez 1996; Salam, 2000; Pérez, 2003; and Scott, 2004) بهدف التخطيط الاستراتيجي لتنمية الاستزراع المائي باستخدام التقييم متعدد المعايير. وقد أخذ هذا التوجه في الاعتبار أولا المتغيرات المتجمعة طبيعيا مع بعضها البعض لإنتاج مخرجات "نموذج فرعي" مثل الاحتياجات للماء، ملاءمة التربة، توافر المدخلات، أسعار البيع بالمزرعة والأسواق. وغالبا ما يستخدم المصدر الواحد للمتغير أو الطبقة المعالجة في أكثر من نموذج فرعي، كما قد تحتاج الطبقة إلى التحول اعتمادا على الغرض المستهدف. وبالتالي فإن كل نموذج فرعي قد يشتق من نماذج ذات مستوى أدنى تقوم بمعالجة البيانات إلى عوامل مفيدة. بعد ترتيب المتغيرات (مثل الوظائف والمعوقات الإنتاجية) في النماذج الفرعية تشتق أوزان لكل نموذج فرعي ثم تدمج في ترتيب متسلسل باستخدام تقنية التقييم متعدد المعايير.

يمكن أن تكون "نماذج اتخاذ القرار متعدد المعايير" (Multi-criteria decision making models) مفيدة جدا في دعم صناعة القرار، إلا أنه لم تجر دراسات كافية حول تبني هذا التوجه في لاالاستزراع المائي. فعلى الرغم من استخدام هذه النماذج بكثرة في التخطيط الاستراتيجي الزراعي، فإن الأبحاث المنشورة حول تطبيقات هذه النماذج في مجال الاستزراع المائي محدودة. فقد وصف (Sylvia and Anderson, 1993) نموذج السياسة الاقتصادية لاستزراع السلمون في الأقفاص. كما قدم (Martinez-Cordero and Leung, 2004) نموذجا لاتخاذ القرار متعدد المعاييربغرض تقييم التنمية المستدامة لاستزراع الجمبري (الروبيان) في شمال غرب المكسيك. كذلك وضع الجيار وليونج (El-Gayar and Leung, 2006) إطارا لنموذج لاتخاذ القرار متعدد المعاييربغرض التخطيط لتنمية الاستزراع المائي الإقليمي.

نموذج البيانات البحرية

يمثل نموذج البيانات البحرية القائم على نظام المعلومات الجغرافية آرس (ArcGIS) توجها جديدا في النمذجة المكانية عن طريق تحسين التكامل بين الظواهر الهامة للمحيط، سواء أكانت طبيعية أو من صنع الإنسان. يهدف هذا التوجه إلى تقديم تمثيل أكثر دقة للموقع الفراغي، وكذلك إجراء تحاليل فراغية أكثر تعقيدا للبيانات الساحلية من خلال تمثيل سلوك العالم الحقيقي في قاعدة بيانات جيولوجية. كما يأخذ هذا النموذج في الاعتبار كيفية تكامل البيانات البحرية والساحلية بشكل أكثر فعالية في الزمان والمكان ثلاثي الأبعاد. على الرغم من أن هذا النموذج مقصور على النظام ثنائي الأبعاد فإنه يحتوي على منظمين للمكان (placeholders) بهدف تمثيل مرونة بيانات وعمليات المحيط (http://dusk2.geo.orst.edu/djl/arcgis/about.html).

النماذج التجارية المستخدمة في الاستزراع المائي

النموذج المائي (AquaModel) هو نظام معلومات لتقييم أنشطة وتأثيرات المزارع السمكية على الماء وبيئات الكائنات القاعية، حيث يعتبر الأول من نوعه. وهذا النموذج يكمن ويقع في نظام المعلومات الجغرافية البحرية "إيزي" (EASy Marine Geographic Information System) الذي تم استخدامه في العديد من الدراسات في موضوعات المصايد وعلوم البحار. جميع البيانات البيئية الحقلية والفراغية متاحة لتطوير واستخدام النموذج. يمكن استخدام النموذج المائي (AquaModel) لفحص التاثيرات الحقلية القريبة والبعيدة للمزارع السمكية في مناطق الرصيف القاري التي يتم فيها ممارسة الاستزراع المائي قريبا من أو بعيدا عن الشاطئ. ويجري تحور النموذج ليتلاءم مع الأقفاص المنفردة أو المجمعة وكذلك المواقع المتعددة بهدف مواجهة هذا التحدي. وقد تم تصميم النموذج المائي (AquaModel) ليفيد كلا من: المديرين، الذين يضعون

القواعد ويطبقونها فيما يتعلق بالتأثيرات؛ مزارعي الأسماك، الذين يخططون لإقامة المزارع والحصول على التصاريح؛ والمستثمرين، الذين يرغبون في تحليل المخاطر والفرص (http://netviewer.usc.edu/ aquamodel/Overview.html).

5-6 الأدوات المدعمة لإتخاذ القرار

برمجيات اتخاذ القرار

يذكر بلتون واستيوارت (2002) أن البرمجيات ضرورية للتحليل الفعال متعدد المعايير. وبهذه الطريقة يتحرر المسهل، المحلل ومتخذ القرار من التفاصيل التقنية للتنفيذ، كما يكونون قادرين على التركيز على تقييم واختيار القيمة الأساسية. يخلص المؤلفون إلى أنه على الرغم من إمكانية وضع مكبر على صفحة العرض لتحقيق ذلك، فإنه من الأفضل استخدام برمجيات معدة خصيصا لهذا الغرض.

يحتوي الجدول 6-1 على قائمة بأدوات البرمجيات قام بتجميعها (Janssen and van Herwijnen, 2006) بهدف دعم التحليل متعدد المعايير التي قد تساعد في أنشطة الاستزراع البحري (الموقع، المنطقة، الرصد، الخ). إلا أن هذه القائمة قد أصبحت قديمة. لذلك يمكن الحصول على قوائم أخرى لبرمجيات التقييم متعدد المعايير من دراسة بلتون واستيوارت (2002) ومن الموقع التالي: (http://www. lionhrtpub.com/orms/surveys/das/das-html).

جدول 6-1. البرمجيات المساعدة في دعم التقييم متعدد المعايير (محدثة من (Janssen and van (Herwijnen, 2006))

البرمجيات	توصيف مختصر
تركيب المشكلة في اختيار المشاكل غير المترابطة (Problem structuring for discrete choice problems)	
Decision Explorer 3.2	التحليل الكيفي للبيانات، ربط المفاهيم من خلال خرائط توضيحية أو سببية (http://www.banxia.com)
Mind Manager 4.0	رسم وهيكلة الظروف المعقدة من خلال ترتيب الأفكار والمفاهيم، عرض جغرافي يحتوي على علامات، رسوم بيانية, ألوان ووسائل العروض المتعددة (http://ww.mind-ma. com)
مشاكل الاختيار غير المترابط (Discrete choice problems)	
Criterium Decision Plus 3.0	نموذج لتوظيف القيمة يعتمد على التحليل المتوالي (http://www.infoharvest.com)
DEFINITE 3.1	الوظائف متعددة القيمة بما في ذلك بديل تفضيل المعلومات غير الدقيقة، تحليل التكلفة والعائد، الترتيب (http://www.definite-bosda.nl)
HIPRE	الوظائف متعددة القيمة المرجعية بما في ذلك بديل تفضيل المعلومات غير الدقيقة (http:// (www.hipre.hut.fi
Hiview	الوظائف متعددة المرجعية (www.enterprise-lse.co.uk))
Logical Decisions 5.1	الوظائف متعددة القيمة المرجعية ومعالجة التحليل المتسلسل (http:// (www.logicaldecisions.com
VISA	التمثيل والتداخل البياني والوظائف متعددة القيمة (http:// www.simu18.com/visa.htm)
مشاكل اختيار المجموعات المتنوعة (غير المترابطة) (Discrete group choice problems)	
Team Expert Choice	الوظائف متعددة القيمة المرجعية ومعالجة التحليل المتسلسل، المقارنات الثنائية (http://www.expertchoice.com)
Super Decisions Software	التحليل الشبكي (http://www.superdecisions.com/index_tables. php3)
VISA Groupware	الوظائف متعددة القيمة (http://www.simu18.com/visa.htm))
Web-HIPRE	الوظائف متعددة القيمة والتحليل المتسلسل (http://www.hipre.hut.fi))
مشاكل الاختيار الفراغي المتنوع (Discrete spatial choice problems)	
Idrisi 32	نظام المعلومات الجغرافية الذي يتضمن الإجراءات الآتية لدعم القرار: الوزن (التحليل المتسلسل)، التقييم متعدد المعايير (خليط بولين، الخليط الوزني الخطي أو المتوسط الوزني المرتب)، RANK (ترتيب الخلايا)، MOLA (تخصيص البكسل للأهداف المتعددة) و OWA (يقدم المتوسط الوزني المرتب للعوامل لضبط مستوى التسلسل بين هذه العوامل والمخاطر) (http://www.clarklabs.org/)
EMDS	دعم قرار إدارة النظام البيئي؛ يجمع بين ArcGISTM، NetWeaver و Criterium DecisionPlus (http://www.fsl.orst.edu/emds)

تعتبر مختبرات كلارك (Clark Labs) التابعة للمدرسة العليا للجغرافيا في جامعة كلارك (Graduate School of Geography, Clark University) رائدة في تطوير دعم القرار. فهذه المعامل مشهورة بمنتجاتها المميزة، خاصة برامج: إدريسي (IDRISI)، نظم المعلومات الجغرافية، وبرنامج معالجة الصور. وخلال السنوات العديدة الماضية كان الباحثون في معامل كلارك مشغولين باستخدام نظم المعلومات الجغرافية كامتداد لاجراءات صناعة القرار البشري، خاصة فيما يتعلق بقرارات تخصيص المورد. في عام 1993 أدخل إدريسي أول مثال لاستخدام أدوات القرار متعددة المعايير وأدوات القرار متعدد الأهداف في نظم المعلومات الجغرافية. وما زال إدريسي حتى الآن أهم البرمجيات الصناعية في تطوير دعم القرار.

برنامج ديفينيت (DEFINITE) هو الآخر جدير بالإشارة، لسببين رئيسيين: (1) لأنه غير مصمم لتقنية واحدة من تقنيات التقييم متعدد المعايير، مثل معظم حزم البرمجيات، بل على العكس، هو متنوع، و(2) لأنه بصري، متفاعل وييسر التواصل حول المشكلة وكذلك تقييم النتائج. وقد وصف (Herwijnen, 2006) خصائص هذا البرنامج.

يستخدم كذلك برنامج القرارات الهامة (السوبر) (Super Decisions)، الذي صممه ساتي (Saaty, 2006) لاتخاذ القرار وتطبيق إجراء الشبكة التحليلية (Analytic Network Process). تمت كتابة البرنامج بواسطة فريق معالجة الشبكة التحليلية، الذي يعمل لمصلحة مؤسسة القرارات المبتكرة (Creative Decisions Foundation). يعتبر إجراء الشبكة التحليلية أداة هامة لترسيخ فهمنا لمشكلة اتخاذ القرار. وهي إجراء يسمح للفرد بأن يأخذ في الاعتبار جميع العوامل الملموسة وغير الملموسة التي يمكن أن تؤدي في النهاية إلى اتخاذ القرار الأفضل.

يقدم إجراء الشبكة التحليلية وسيلة للأحكام والمقاييس للوصول إلى مقياس نسبي للأولويات لتوزيع التأثير بين العوامل ومجموعات العوامل المؤثرة في القرار. ولذلك يمكن استخدام هذا الإجراء لتخصيص الموارد طبقا للمقياس النسبي لأولوياتها. ويعتبر إجراء التحليل المتسلسل (Analytic Hierarchy Process)، وهو نظرية شهيرة في اتخاذ القرار (Saaty, 1980)، حالة خاصة من حالات إجراء الشبكة التحليلية. فكل من إجراء الشبكة التحليلية وإجراء التحليل المتسلسل يستنبط مقياسا للاولويات للعناصر من خلال إجراء مقارنات ثنائية بين هذه العناصر طبقا إلى خاصية أو معيار شائع. وعلى الرغم من أن العديد من مشاكل القرارات تمت دراستها بواسطة إجراء التحليل المتسلسل، فقد يرغب الإنسان في مقارنة نتائج هذه الدراسات مع نتائج دراسات إجراء الشبكة التحليلية أو أي طريقة أخرى فيما يتعلق بالوقت الذي تستغرقه هذه الدراسات للحصول على تلك النتائج، وكذلك الجهد المبذول للوصول لهذه الأحكام، ومدى دقة النتائج والاعتداد بها.

لقد تم تطبيق إجراء التحليل المتسلسل في العديد من القرارت شاملة: القرارات التسويقية، الطبية، السياسية، الاجتماعية، التنبؤ، والتوقع، الخ. وكانت درجة دقة توقع هذا الإجراء عالية جدا في التطبيقات التي أجريت على التوجهات الاقتصادية، الرياضية، والأحداث الأخرى التي ظهرت مخرجاتها لاحقا. يحتوى كل من دليل تشغيل برنامج إجراء الشبكة التحليلية وكذلك الكتاب المعنون (The Analytic Network Process: Decision Making with Dependence and Feedbackî) الذي أعده (Saaty, 2006) على دراسة حالة تفصيلية حول تطبيقات هذا الإجراء.

الأدوات المدعمة لإتخاذ القرار بشأن المناطق البحرية المحمية

لكي تتم إدارة القضايا المعقدة المؤثرة في المناطق البحرية المحمية فإن المديرين يرجعون للتكنولوجيا لتساعدهم في فهم وتحليل موارد وبيئات هذه المناطق. ويتزايد استخدام المديرين والعلماء لنظم المعلومات الجغرافية والاستشعار من بعد لتخريط وتحليل الموارد التي تقع تحت سلطتهم التشريعية.

وفي محاولة لتوثيق أدوات دعم القرار المستند على نظم المعلومات الجغرافية بهدف مساعدة مديري المناطق البحرية المحمية فقد قام مركز المناطق البحرية المحمية ومركز الخدمات الساحلية التابع للهيئة القومية للمحيطات والغلاف الجوي بإعداد "قائمة بأدوات دعم القرار المبني على نظم المعلومات الجغرافية للمناطق البحرية المحمية" (Pattison, dos Reis and Hamilton, 2004).

الهدف الرئيسي من هذه القائمة هو لفت انتباه مُجتمعات المناطق البحرية المحمية لأدوات دعْم القرار المبني على نظم المعلومات الجغرافية المتاحة التي يمكن أن تساعدهم في العديد من الأنشطة المرتبطة بالمناطق البحرية المحمية (تحديد المواقع، تحديد المناطق، الرصد، الخ). تقدم الأدوات المذكورة في هذه القائمة عددا من الوظائف تتراوح بين مشاهدة وتكامل البيانات المحيطية ونمذجة ملاءمة الموقع وإضافة مدخلات المستفيدين. تتضمن أدوات دعم القرار المستند على نظم المعلومات الجغرافية ملحقات (آرس فيو 3 إكس) (ArcView 3x extensions) وأدوات وبرامج أخرى هي (CISSAT, EwE, GiDSS, HSM, OCEAN, MARXAN, e-Site, Sites v1.0, و CARIS GIS و CARIS LOTS) (جدول 6-2). لقد تم تصميم بعض هذه الأدوات بطريقة لوغاريتمية بهدف إنتاج خرائط ملاءمة، إختيار موقع وحدات الخدمة أو بناء شبكات للمحميات البحرية. ويمكن أن تتلاءم العديد من الأدوات مع أي مكان شريطة أن تتوافر طبقات البيانات المناسبة الخاصة بالموقع، كما أن معظم الأدوات متاحة مجانا على شبكة الإنترنت. كذلك تتضمن العديد من الأدوات على البيانات الاجتماعية-الاقتصادية وأن اثنتين من هذه الأدوات (برنامج المناطق الممثلة للمحمية البحرية للحيد المرجاني العظيم Great Barrier Reef Marine Park's Representative Areas Program واستخدام إيكو ترست للخريطة المحيطية EcoTrust's Use of OceanMap) قد تم استخدامهما في أنشطة تحديد ورصد المناطق.

توضح بعض الأدوات إجراء لإدخال المعرفة المحلية في اتخاذ القرار، حيث يضيف ذلك مكونا تشاركيا هاما للمستفيدين، كما يقدم بيانات جوهرية. تتضمن مواقع التخريط المتفاعلة برنامج (GiDSS) حيث يمكن للمستخدمين تحديد مشكلاتهم أو قضاياهم الخاصة والأداة، باستخدام "شجرة قرار عظام الرنجة" (herring-bone decision tree)، حيث يعيد ذلك طبقات البيانات المقترحة المتعلقة بالقضايا. كما تتضمن مواقع التخريط المتفاعلة موقعا إليكترونيا (e-Site) ونظاما للمعلومات الجغرافية على شبكة الإنترنت يحفز المستفيدين على المشاركة المجتمعية في قضايا اختيار الموقع في البيئة البحرية.

الأداة الوحيدة المدعمة لإتخاذ القرار التي تتضمن الاستزراع المائي كانت الدراسة التي أجراها (OíDonnell, Cronin, and Cummins) حول "البيئات الساحلية المستدامة: استخدام أدوات نظم المعلومات الجغرافية لدعم اتخاذ القرار". وعلى الرغم من ذلك فإن انطباعنا أن هذه الأدوات المستخدمة في حالة المناطق البحرية المحمية يمكن استخدامها في الاستزراع البحري لمعالجة قضايا الاستزراع المائي الواردة في الجول (6-2).

يحتوي ملخص كل اداة على وصف لوظيفة هذه الأداة، البيانات والبرنامج المطلوبة لتشغيلها ومعلومات الاتصال. كما تقدم المراجع وتوصيفات المشروعات في القائمة المذكورة معلومات فنية إضافية، وتوضح كيفية استخدام هذه الأدوات المكانية بالاشتراك مع الآليات الأخرى لتسهيل القرارات الإدارية المرتبطة بالمناطق البحرية المحمية.

ونظرا لأنه سيتم تطوير وابتكار أدوات وتقنيات جديدة فيجب على الفريق العامل في المناطق البحرية المحمية الاحتفاظ بهذه القائمة على أنها وثيقة حية. ولذلك سوف يتم تحديث هذه القائمة بصورة دورية منتظمة لكي تعكس هذه التغيرات والإضافات الجديدة، وسوف تكون متاحة في مطبوعة ورقية أو على شبكة الإنترنت (http://www.mpa.gov). ويجب تشجيع مجتمع المناطق البحرية المحمية على لفت نظر الفريق العامل في هذه المناطق إلى أي أداة، مشروع أو أبحاث منشورة ملائمة يمكن إضافتها للقائمة في المستقبل.

تطبيقات مختارة لاستخدام نظم المعلومات الجغرافية في الاستزراع البحري

تتضمن التوجهات العامة المستخدمة في استعراض تطبيقات نظم المعلومات الجغرافية (الجزء 3) مرحلة تصنيف لتحديد المداخل لكل عامل، لتوزيع هذه المداخل على مجموعات الملاءمة بهدف النمذجة المستقبلية.

تضمن دعم القرار في دراسات تطبيقات الاستزراع البحري في الأقفاص العائمة تكامل رأي الخبراء باستخدام تقنيات التقييم متعدد المعايير، الذي كان يشتمل أحيانا على ملاحظات حقلية و/ أو

تقديرات للطاقة الاستيعابية أو الإنتاجية. أداتان فقط من بين تطبيقات الاستزراع المائي في الأقفاص تم استنباطهما بناء على طلب، وهما: (1) البحث الخاص بانتشار جزيئات مخلفات سلمون الأطلنطي، و(2) تصميم أداة تقوم على نظم المعلومات الجغرافية ليستخدمها الأفراد المسئولون عن إدارة المنطقة الساحلية والذين يحتاجون فقط لمعلومات أساسية في نظم المعلومات الجغرافية.

تتضمن الدراسات المرجعية عن الأسماك الصدفية (الرخويات) التقييم متعدد المعايير، نماذج الإنتاج، نظم التصنيف الصوتي لتصنيف أنواع البيئات؛ تحت القاع وسونار المسح الجانبي؛ وتقدير الطاقة الاستيعابية لاستزراع المحار والإسكالوب. وقد استعرضت إحدى الدراسات تطوير نظام للمعلومات الجغرافية يستند على نظام معلومات إدارة المحار.

تجدر الإشارة إلى أن عددا قليلا من الدراسات المرجعية حول الاستزراع السمكي في الأقفاص البحرية أو استزراع الرخويات قد تضمنت في تحليلها بيانات اجتماعية –اقتصادية أو ملاحظات وتأكيدات حقلية. كما وجد بحث واحد عن الأعشاب البحرية، ولكنه يعتبر مثالا جيدا، حيث يوضح كيف يمكن تصميم نماذج بسيطة تتكامل فيها البيانات البيئية والاجتماعية-الاقتصادية في عملية اتخاذ القرار.

أما فيما يتعلق بالبرمجيات، فقد اعتمدت معظم تطبيقات نظم المعلومات الجغرافية في المطبوعة الحالية على: آرس فيو (ArcView)، إدريسي (Idrisi) وماب إنفو (MapInfo) وكذلك على أدوات دعم القرار التي تقدمها هذه البرامج الثلاثة.

تظهر التطبيقات، من منظور التقييم متعدد المعايير، أن بعض التحورات تم عملها على تحديد الأوزان وكيفية دمجها مع التقييم متعدد المعايير عن طريق تقنيات الترتيب والتسلسل. وحيث أن تخصيص ودمج الأوزان هما أساس عملية صناعة القرار، فإننا نعتقد أن تقنيات الوزن تحتاج إلى مزيد من التطوير.

جدول 6-2. أدوات دعم اتخاذ القرار المستندة إلى نظم المعلومات الجغرافية للمناطق البحرية المحمية

المؤلف	العنوان	البرمجية	قضايا الاستزراع المائي التي يمكن عرضها
مركز الخدمات الساحلية لهيئة علوم البحار والمحيطات http://www.csc.noaa.gov/communities/agreement.html	Channel Islands - Spatial Support and Analysis Tool	CI-SSAT	ملاءمة الموقع وتحديد المنطقة
مركز المصايد بجامعة كولومبيا البريطانية http://www.ecopath.org	Ecopath with Ecosim, Ecopath	EwE	توقع تبعات الاستزراع المائي
مركز الخدمات الساحلية لهيئة علوم البحار والمحيطات http://www.csc.noaa.gov/mpa/stellwagen.pdf	Evaluating Vessel Speed Restrictions to Mitigate Impactsto Marine Mammals in theStellwagen Bank NationalMarine Sanctuary.	ArcGIS8x tool	توقع تبعات الاستزراع المائي
مركز الخدمات الساحلية لهيئة علوم البحار والمحيطات http://www.csc.noaa.gov/mpa/stellwagen.pdf	Geographic Information andDecision Support Tool	GiDSS	نظام معلومات الاستزراع المائي المستند إلى شبكة المعلومات
المركز الوطني للعلوم البحرية الساحلية http://biogeo.nos.noaa.gov/products/apps/hsm/	Habitat Suitability Modelling	تم تصميم نمذجة ملاءمة البيئة لاستخدامها في حاسبات NT مع ArcView3.2 ويتطلب ذلك محللا مكانيا	توقع تبعات الاستزراع المائي

المؤلف	العنوان	البرمجية	قضايا الاستزراع المائي التي يمكن عرضها
Rikk Kvitek, Pat Iampietro, and Erica Summers-Morris. http://seafloor.csumb.edu/publications/Kvitek_NA17OC2586_Rpt.pdf	NOAA Technical Report: Integrated Spatial Data Model Tools for Auto Classification and Delineation of Species-Specific Habitat Maps from High-Resolution, Digital Hydrographic Data.	يمكن تطبيق هذه الطرق بأي برمجيات خاصة بنظم المعلومات الجغرافية تحتوي على أدوات تحليل المتجهات و GRID/الراستر	استعادة بيئات الاستزراع المائي
EcoTrust http://www.ecotrust.org/gis/ocean.html	Ocean Communities 3E Analysis Network, EcoTrust.	OCEAN	التخطيط للاستزراع المائي في إطار الاستخدامات الأخرى للأرض والماء
USGS, Alaska Biological Science Center http://www.absc.usgs.gov/glba/gistools/index.htm#OCEANOGRAPHIC	The Oceanographic Analyst Extension	ArcView 3x extension and Spatial Analyst.	ملاءمة الموقع وتحديد المنطقة
الحفاظ على الطبيعة http://www.biogeog.ucsb.edu/projects/tnc/overview.html	Sites	Sites (ArcView 3x extension).	ملاءمة الموقع وتحديد المنطقة
عمليتان حصلتا باستخدام أدوات دعم القرار			
هيئة الحيد المرجاني العظيم	Great Barrier Reef Marine Parkís Representative Areas Program (RAP)	MARXAN (Basic extensions of a FORTRAN 77 program SIMAN)	ملاءمة الموقع وتحديد المنطقة
إدارة الأسماك والصيد بكاليفورنيا- ببليوجرافيا	EcoTrustís Use of OceanMap	Collection of scripts within an ArcView project file.	التخطيط الاستراتيجي للتنمية
Adams, Christiaan Scott. MIT, Department of Civil and Environmental Engineering. http://dogfish.mit.edu/eSite/thesis/AdamsCS_Text.pdf	An interactive, online geographic information system (GIS) for stakeholder participation in environmental site selection.	e-Site	نظام معلومات الاستزراع المائي المستند إلى شبكة المعلومات
Ardron, Jeff. http://www.livingoceans.org/files/complexity_draft8.pdf	A GIS recipe for determining benthic complexity: An indicator of species richness.	تقترح الطريقة	استعادة بيئات الاستزراع المائي
Ardron, J., J. Lash, and D. Haggarty. Living Oceans Society. British Columbia, Canada. http://www.livingoceans.org/documents/LOS_MPA_model_v31_web.pdf	Modelling a network of marine protected areas for the central coast of British Columbia.	MARXAN (v.1.2)	استعادة بيئات الاستزراع المائي

المؤلف	العنوان	البرمجية	قضايا الاستزراع المائي التي يمكن عرضها
Beck, M.W., M.Odaya, J.J. Bachant, J. Bergan, B. Keller, R. Martin, R. Matthews, C. Porter, and G. Ramseur. http://www.epa.gov/gmpo/habitat/NGoM_Final_allfigs.PDF	Identification of priority sites for conservation in the northern Gulf of Mexico: An ecoregional plan. The Nature Conservancy, Arlington, VA.	Sites v1.0	ملاءمة الموقع وتحديد المنطقة
Grober-Dunsmor, Rikki, Jason Hale, Jim Beets, Tom Frazer, Nick Funicelli, and Paul Zwick. http://cars.er.usgs.gov/posters/Coral_and_Marine/Mngmt_of_Marine_Reserves/mngmt_of_marine_reserves.html	Applying landscape ecology principles to the design and management of marine reserves.	غير محددة	ملاءمة الموقع وتحديد المنطقة
Leslie, H., M. Ruckelshaus, I.R. Ball,S. Andelman,and H.P. Possingham. http://www.sam.sdu.dk/fame/menu/pdfnov/leslie.pdf	Using siting algorithms in the design of marine reserve networks. Ecological Applications.	محاكاة تدعيمية	استعادة بيئات الاستزراع المائي
OíDonnell, V., Cronin, M. & Cummins, V.Coastal & Marine Resources Centre, Environmental Research Institute, University College Cork, Ireland. http://www.gisig.it/coastgis/papers/o%27donnell.pdf	Sustainable coastal habitats:GIS tools for effective decision support.	نظام معلومات جغرافية، من خلال الإنترنت أو ArcView	الأثر البيئي للاستزراع المائي
Sala, E., O. Aburto-Oropeza, G. Paredes, I. Parra, J. C.Barrera, and P. K. Dayton. http://www.cciforum.org/pdfs/Sala_Marine_Reserves.pdf	general model for designing networks of marine reserves.	غير محددة	التخطيط الاستراتيجي للتنمية
Sutherland, Michael, Sam Machari Ngíangía, and Sue Nichols. http://www.isprs.org/commission4/proceedings/pdfpapers/272.pdf	In search of New Brunswickís marine administrative boundaries.	CARIS GIS and CARIS LOTS	ملاءمة الموقع وتحديد المنطقة

7- الملخص، المناقشة والخلاصة

1-7 الملخص

تهدف هذه الدراسة المرجعية إلى إلقاء الضوء على تطبيقات نظم المعلومات الجغرافية، الاستشعار من بعد والتخريط في تنمية وإدارة الاستزراع البحري، وكوسيلة لتحسين الاستدامة مع التركيز على الدول النامية.

الاستزراع البحري

تتزايد أهمية الاستزراع البحري من حيث الإنتاج والقيمة. فإنتاج الاستزراع البحري يعتبر ثاني أم مصدر للإنتاج في قطاع المصايد، حيث مثل حوالي 20% من الإنتاج الكلي في عام 2004.

في عام 2004 كان إنتاج الأعشاب البحرية هو السائد من حيث الوزن (46%)، تلاه إنتاج الرخويات (43%) بينما مثلت الأسماك المهاجرة خاصة السلمونيات 5% والأسماك الأخرى 4%، أما القشريات فكان إنتاجها هو الأقل (2%).

ومن بين 186 دولة ساحلية، سجلت 86 دولة فقط إنتاجا من الاستزراع البحري في عام 2004، منها 15 دولة بلغ إنتاجها 97% من الإنتاج الكلي. ولذلك فإن الفرص مواتية للتوسع في الاستزراع البحري في الدول غير المنتجة أو الدول ذات الإنتاج القليل.

تضع الدول تشريعات لتنمية وإدارة جميع الموارد الواقعة في نطاق المناطق الاقتصادية الحصرية التابعة لها. ومعظم الدول تمتلك مناطق اقتصادية حصرية واسعة. ولذلك فإن نقص المكان لا يعتبر عاملا معيقا للتوسع في الاستزراع البحري خاليا.

ويمكن ممارسة الاستزراع البحري في بيئتين؛ قريبا من الشاطئ أو في المياه المفتوحة (بعيدا عن الشاطئ). يبدو أن تنمية الاستزراع البحري قريبا من الشاطئ تواجه بعدد من المشاكل تتعلق بالتنافس بين المستخدمين وكذلك بالبيئة. كما أن للاستزراع في المياه المفتوحة نفس المشاكل، ولكن بدرجة أقل، وتتمثل أهم المشاكل حاليا في نقص تقنيات الاستزراع في المياه المحيطية، والافتقار إلى إطار فعال للتنمية.

استخدام نظم المعلومات الجغرافية، الاستشعار من بعد والتخريط في البيئة البحرية وقطاع المصايد

تستخدم نظم المعلومات الجغرافية، الاستشعار من بعد والتخريط الذي يستهدف الاستزراع المائي البيانات والتقنيات المطبقة في أغراض أخرى مثل إدارة المناطق الساحلية والمصايد. تغطي المراجع المتوفرة حول استخدم هذه الأدوات في البيئة البحرية القضايا التخيلية، الفنية والمؤسسية، إضافة إلى العديد من التطبيقات الأخرى. ويمثل تحليل الخبرات المتراكمة في صورة مراجعات وكتيبات إرشادية خطوة هامة في هذا الصدد. ومعظم هذه الخبرات متاحة في صورة كتب المؤتمرات، ورش العمل وكذلك على شبكة الإنترنت.

لقد وجد، من منظور كمي، أن نظم المعلومات الجغرافية، الاستشعار من بعد والتخريط تحيد أو تميل عن البيئة، الأنواع المستزرعة، القضايا المثارة، والدول الممثلة. ولذلك فهناك حاجة ملحة لمعلومات شاملة حول أدوات نظم المعلومات الجغرافية، الاستشعار من بعد والتخريط واستخدامها في الاستزراع المائي بحيث يمكن توزيعها ونشرها بتكلفة منخفضة. ومن ثم فقد تم تدشين "نظام المعلومات الجغرافية السمكية" (GISFish) لمواجهة هذه المشكلة. ولقد أظهرنا من خلال استعراض أمثلة مختارة من المراجع المنشورة أن نظم المعلومات الجغرافية، الاستشعار من بعد والتخريط

تلعب دورا هاما في العديد من القضايا الجغرافية والمكانية المتعلقة بتنمية وإدارة الاستزراع البحري.

تطبيقات التخريط في الاستزراع البحري

التخريط هو أكثر الطرق المباشرة استخداما لمشاهدة ورصد العلاقات المكانية التي تدخل في تطوير وإدارة الاستزراع المائي. كما أن التخريط أحد أسهل الطرق لربط احتياجات الاستزراع المائي المكانية ثنائية الابعاد مع الفنيين والرأي العام.

تبدو تطبيقات التخريط مرتبطة بتحديد مناطق ومواقع الاستزراع المائي. لذلك فهي مكونات أساسية من "نظام معلومات الاستزراع المائي على شبكة الإنترنت" الذي يستهدف قطاعا كبيرا من الحكومة والمستخدمين من القطاع التجاري والخاص. كما أن هذه التطبيقات متاحة في صورة بيانات خرائط تفاعلية قائمة على نظم المعلومات الجغرافية، تفيد الاستزراع المائي، وهي متاحة على موقع "خدمات الخرائط على الإنترنت" (Internet Map Servers).

تطبيقات الاستشعار من بعد في الاستزراع البحري

يتم استعراض الاستشعار من بعد، باستخدام الساتلايت، المجسات الهوائية، الأرضية وتحت البحرية، كأداة واسعة الانتشار لالتقاط وجمع البيانات التي يتم إدخالها بعد ذلك في نظام المعلومات الجغرافية للاستزراع البحري. وفي هذا السياق، فقد تم عرض الاستشعار المائي الصوتي (hydroacoustical) من بعد في الجزء الخاص بتطبيقات نظم المعلومات الجغرافية في استزراع الرخويات، وليس كتطبيق قائم بذاته. كذلك تم التعامل مع الاستشعار من بعد باستخدام الساتلايت، كمصدر للبيانات الفيزيائية للمحيط، في الفصل الخاص بالبيانات.

لا تهدف هذه الرؤية إلى إلغاء أهمية الاستشعار من بعد فيما يتعلق بالأدوات الأخرى. بل على العكس، سوف تتزايد أهمية الاستشعار "الديناميكي" من بعد للوقت الحقيقي، أو الوقت القريب من الحقيقي، ورصد العوامل البيئية بهدف إدارة منشآت الاستزراع المائي. كما أن الإنذار المبكر لخطر الطحالب السامة (harmful algal blooms)، الذي تمت الإشارة إليه في عديد من الأمثلة، يعتبر أحد التطبيقات الهامة لهذا النوع من الاستشعار من بعد. كما أن الاستشعار "الديناميكي" من بعد مفيد في الرصد الروتيني لحالة البحر، درجة الحرارة، وسرعة التيار في مواقع الاستزراع المائي في المياه المفتوحة.

ومنذ البدايات الأولي للتطوير وحتى الآن، ما زالت البيانات الرقمية باستخدام مجسات الساتلايت مفيدة كخرائط أساسية للاستزراع المائي بالقرب من الشاطئ، كما أنها تقدم معلومات جوهرية حول استخدام الأرض، الغطاء الأرضي، وبعض الخصائص المائية. كذلك يعتبر رصد وتخريط تنمية الاستزراع المائي أحد الاستخدامات الأخرى لبيانات الساتلايت في المناطق التي يتم فيها تنظيم الاستزراع المائي.

تطبيقات نظم المعلومات الجغرافية في الاستزراع البحري

تقسم تطبيقات نظم المعلومات الجغرافية في الاستزراع البحري بالقرب من الشاطئ أو بعيدا عنه إلى قسمين هما: (1) استزراع الأسماك الزعنفية في الأقفاص و(2) استزراع الرخويات (الأسماك الصدفية) بالقرب من الشاطئ.

استخدام نظم المعلومات الجغرافية في الاستزراع السمكي في الأقفاص

يعتبر تحديد المنطقة واختيار الموقع للاقفاص السمكية من أكثر تطبيقات نظم المعلومات الجغرافية تطورا. ومعظم الأمثلة في هذا الصدد تتعلق بالدراسات الخاصة باختيار الموقع والتي تغطي مناطق واسعة والتي تعتبر نتائجها مؤشرا للمواقع ذات الإمكانية لمزيد من الدراسات الحقلية التفصيلية من بين المناطق أو المواقع النوعية التي أظهرتها نظم المعلومات الجغرافية. يمكن دمج هذه المعلومات الإضافية أو البيانات ذات النقاء الأعلى مع نظم المعلومات الجغرافية الموجودة، حتى يمكن استخدامها لاختيار المواقع المنفردة.

هناك تطور واضح ابتداء من اختيار الموقع الذي يأخذ في الاعتبار فقط الملاءمة لنظام الاستزراع والأنواع المستزرعة، إلى الدراسات التي تهدف إلى وضع الاستزراع البحري ضمن الاستخدامات المتنافسة. كذلك يزداد تعقيد اتخاذ القرار الذي يتضمن استخدام الخبراء والإجراءات الرسمية لتحديد وتقنين وظائف الإنتاج في النماذج. والنتيجة هي الحصول على معلومات أكثر اكتمالا وثقة تستند عليها القرارات.

تستخدم الدراسات الأكثر تخصصا في الاستزراع السمكي في الأقفاص نظم المعلومات الجغرافية لمعلجة قضايا مناخ الأمواج ومخلفات الأقفاص.

استخدام نظم المعلومات الجغرافية في استزراع الرخويات

تطبيقات نظم المعلومات الجغرافية في استزراع الرخويات أكثر من تطبيقاتها في استزراع الأسماك في الأقفاص، وهذا راجع لعدد من الأسباب المتعلقة بإنتاج الرخويات الأعلى بكثير من إنتاج الأسماك من الأقفاص. فيما يتعلق بقضايا التنمية، فإن الدراسات المرجعية تغطى تطبيقات حول اختيار الموقع، تقدير الإمكانية، توقع الاستخدامات المتنافسة وتجنب التضارب في الاستخدام. أما فيما يتعلق بالقضايا المرتبطة بممارسة وإدارة الاستزراع المائي فإن هذه الدراسات تغطي موضوعات التلوث، الأمراض، تطور البيئة باستخدام الاستشعار المائي الصوتي (hydroacoustical) من بعد، الموارد، القدرة الاستيعابية والنفوق الموسمي.

معظم التطبيقات تستهدف المحار، إلا أنها تشمل كذلك الإكلام (البطلينوس)، بلح البحر والإسكالوب. كما أن معظم ممارسات الاستزراع تتم على القاع، على الرغم من تمثيل الاستزراع على الأطواف والحبال الطويلة. ويعتبر نقص البيانات ودقتها من بين المشاكل التي تعيق هذه التطبيقات. وقد يكون هذا راجعا إلى ندرة الدراسات التي يبنى عليها اتخاذ القرار بطريقة منطقية.

وما زالت هناك فجوات في التطبيقات التي تحدد المنشآت المدعة للشاطئ بالإضافة إلى مناطق ومواقع الاستزراع. إلا أن هذه التطبيقات يتم استبدالها بدراسات اختيار مواقع استزراع الجمبري في الأحواض التي تتوافر لها العديد من طبقات البيانات المشتركة.

نظم المعلومات الجغرافية والاقتصادية

إذا اعتبرنا أن جميع الجوانب المكانية للاستزراع البحري لها تأثير اقتصادي، فتجدر الإشارة إلى أهمية تطبيقات نظم المعلومات الجغرافية في الجوانب الاقتصادية لتنمية وإدارة الاستزراع البحري. وذلك على الرغم من أن بعض الدراسات الاقتصادية والنماذج الموجودة تعرض بوضوح المتغيرات المرتبطة جغرافيا. وقد اقترحت إمكانية تطبيق نظم المعلومات الجغرافية في العديد من عناصر هذه الدراسات الاقتصادية بهدف تحسين اختيارات الاستغلال من خلال الاقلال من المتغيرات البيئية مكانيا.

العدد القليل من تطبيقات نظم المعلومات الجغرافية في الجوانب الاقتصادية-الاجتماعية هي في الأساس دراسات عالمية تضم الاستزراع المائي. وقد بدأت في الظهور إمكانية مساهمة نظم المعلومات الجغرافية في تحسين حياة ورفاهية الإنسان من خلال تنمية الاستزراع البحري على المستوى المحلي.

توافر البيانات

يعتبر توافر البيانات ذات الدقة الزمانية والمكانية المناسبة وكذلك التغطية الجغرافية للاستخدام المزمع من أهم اعتبارات تطبيق نظم المعلومات الجغرافية. لقد كانت الدراسات المبكرة مهتمة بالعوامل والقيود المكانية المصاحبة للاستزراع البحري. وكانت العقبة الرئيسية هي إيجاد أو استنباط البيانات المناسبة لهذه المهمة. وما زالت هذه المشكلة قائمة، إلى حد ما، حتى اليوم، وتظهر في نقص بعض أنواع البيانات المجمعة، خاصة بيانات التيارات. كما أن الفجوات في البيانات المكانية والبيانات ذات الدقة المنخفضة ما زالت مشكلة مستمرة.

توجد علاقة قوية بين دقة ونقاء البيانات والتغطية الجغرافية. ولذلك يمكن تقسيم الفحوصات والدراسات المكانية للاستزراع البحري ومجموعات البيانات إلى بيانات دولية، قومية، فرعية ومحلية فيما يتعلق بالمنطقة الجغرافية المعنية. كما أن الخصائص الزمانية لمجموعات البيانات مهمة. كذلك يعتبر الحصول على البيانات الحديثة أمرا ضروريا في حالة التعامل مع البيانات "الساكنة-الاستاتيكية" مثل خطوط الساحل. أما فيما يتعلق بالبيانات الديناميكية مثل درجة حرارة سطح الماء، فإن الاحتياجات الزمانية يمكن أن تتراوح بين البيانات المناخية المأخوذة لسنوات طويلة، التي تستخدم في التخطيط التنموي التجاري أو الحكومي، إلى بيانات الوقت الحقيقي، التي تستخدم في إدارة منشآت الاستزراع المائي.

تستخدم هذه البيانات الوصفية لوضع مداخل لعوامل الإنتاج. وقد تستغرق هذه البيانات وقتا طويلا حتى يتم توصيفها، تجميعها وتحليلها، وذلك بسبب الحاجة إلى بحث واسع في المراجع وشبكة الإنترنت، وكذلك أخذ آراء الخبراء.

في الوقت الذي كان هدفنا فيه هو الإشارة إلى الطريقة التي يمكن أن تستخدم لتحديد إمكانية الاستزراع المائي في المياه المفتوحة بصورة تقريبية، فقد كان تركيزنا منصبا على توصيف البيانات ذات التغطية العالمية والتي يمكن تحميلها من الإنترنت مجانا. تشمل المجموعات الأساسية من هذه البيانات: خطوط الساحل، حدود المناطق الاقتصادية الحصرية، خطوط الأعماق، درجة حرارة سطح الماء والكلوروفيل-أ.

وقد تكون بيانات الوقت الحقيقي، وخاصة التنبؤات القائمة على هذه البيانات، حيوية للإدارة التشغيلية لمنشآت الاستزراع البحري. ولذلك فإننا نشير إلى الطريق إلى مصادر بيانات الوقت الحقيقي التي تتضمن درجة حرارة سطح الماء، الكلوروفيل-أ، ارتفاع الأمواج وسرعة التيار.

تتفاوت دقة مجموعات البيانات القومية والمحلية تفاوتا كبيرا بين الدول. وتوجد علاقة قوية بين توافر البيانات وعدد التطبيقات في مجال الاستزراع البحري. وتلقي التطبيقات الحالية لنظم المعلومات الجغرافية السمكية (حسب الدولة) الضوء على هذه المشكلة.

النماذج واتخاذ القرار في الاستزراع البحري

لدينا انطباع بأن هناك حاجة للمضي أبعد من قطاع المصايد لكي نحصل على أحدث الطرق والتطبيقات اللازمة لدعم اتخاذ القرار المستند على نظم المعلومات الجغرافية. كما نعتقد أن عديدا من الدروس يمكن استفادتها من التقييم متعدد المعايير المستخدم في قطاعات أخرى مثل تحليل المناطق البحرية المحمية (Pattison, dos Reis and Hamilton, 2004)، هياكل دعم قرارات إدارة المنطقة الساحلية المتكاملة (Fabbri, 2006) والوسائل المستندة على الموقع والمطبقة بواسطة مجتمع الأعمال. ولكن لم يكن ممكنا القيام بدراسة مرجعية تفصيلية عن التقييم متعدد المعايير للاستزراع البحري، إلا أنه يمكننا القول أن هناك حاجة إلى بحث مستقل حول وضع "أدوات دعم القرار" في قطاع الاستزراع المائي ليقدم مساهمة فعالة وحتى يمكن استخدامه كأساس لدراسات مستقبلية عن التقييم متعدد المعايير بهدف تنمية وإدارة الاستزراع البحري. وفي هذا الصدد، يقدم (Leung, 2006) دراسة مرجعية حديثة عن تطبيقات التقييم متعدد المعايير فى مجال إدارة

المصايد. ولذلك فقد حان الوقت لإجراء دراسة أخرى عن التقييم متعدد المعايير في الاستزراع المائي، حيث يعتبر ذلك أمرا مكملا.

2-7 المناقشة والخلاصة

الاستزراع البحري

- ينمو الاستزراع البحري بشكل سريع، كما تزداد أهميته في المياه المفتوحة بسبب الخبرات المكتسبة. من منظور مكاني يبدو أن الفرص مواتية للتوسع في الاستزراع البحري بعيدا عن الشاطئ في الدول قليلة الإنتاج أو الدول غير المنتجة من هذا القطاع.
- سوف يتطلب النمو المستدام للاستزراع البحري بناء للقدرة البيئية يتضمن خططا جيدة للتنمية والإدارة المستمرة. ولن تتأتى هذه الخطط إلا من خلال عرض القضايا الرئيسية وإيجاد الحلول الناجحة لها. وطبقا لرأي (Muir, 2004) فإن الأسئلة الرئيسية في الاستزراع البحري في المياه المحيطية المفتوحة هي:
  - هل يمكن تحديد وتطوير أنظمة الاستزراع في المياه المفتوحة بشكل كامل؟.
  - هل يمكن تطوير وتشغيل هذه الأنظمة بشكل اقتصادي مربح؟.
  - ما هي العوائد الاقتصادية؟.
  - هل ستكون مناسبة للظروف الإقليمية؟.
  - هل ستوجد بيئة ملائمة للسياسة ؟.
  - هل ستتوفر الظروف الملائمة لتحفيز السوق والاستثمار؟.
- كما أكد (Cicin-Sain *et al.*, 2005) أن إنشاء وتشغيل مزرعة بحرية في المياه المفتوحة يتطلب استثمارات تبلغ الملايين من الدولارات. كما أشار هؤلاء العلماء إلى أن قرار اختيار الموقع المبني على بيانات خاطئة أو غير كافية قد يؤدي إلى: تأجيلات مكلفة، دمار بيئي، تضارب مع المستخدمين الآخرين، انخفاض الإنتاج، ظهور مشاكل التأجير والترخيص وغيرها من المتطلبات التنظيمية، أو قد يؤدي ذلك إلى فشل المشروع كله.

تطبيقات نظم المعلومات الجغرافية، الاستشعار من بعد والتخريط

- تهدف تطبيقات نظم المعلومات الجغرافية، الاستشعار من بعد والتخريط إلى إبراز قدرات هذه الوسائل على مجابهة العديد من القضايا التي تواجه تنمية وإدارة الاستزراع البحري. وقد حددنا هذه التطبيقات في مجموعة من قضايا الاستزراع المائي الجوهرية. وقد يختلف التركيز على بعض القضايا باختلاف الظروف، كما قد تبرز قضايا جديدة. ومن الضروري أن يستند تطبيق الأدوات الفراغية إلى تقدير أولي دقيق للقضايا. وعلى الرغم من أن المجال متسع للتجويد وللتوسع في التطبيقات لمواجهة هذه القضايا، فإنه من الممكن القول بأن هذه الأدوات يمكن استخدامها بشكل مفيد وآمن لتحسين استدامة الاستزراع البحري، خاصة فيما يتعلق بتحديد المكان وتوصيف وتقنين الاستخدامات المتعارضة والمتنافسة. لقد أصبحت استخدامات نظم المعلومات الجغرافية، الاستشعار من بعد والتخريط مساهما رئيسيا في إيجاد البيئة القادرة على تطوير الاستزراع البحري.
- تجدر الإشارة إلى الفجوة الخاصة باستزراع النباتات البحرية، فعلى الرغم من أن استزراع هذه النباتات يمثل الإنتاج الأعلى للاستزراع البحري من حيث الوزن، فإنه لم يحظ بالتغطية الكافية بواسطة نظم المعلومات الجغرافية، حيث لم يوجد في المراجع سوى تطبيق واحد. السؤال المنطقي هو: على الرغم من اختلاف التطبيقات التي عرضناها، لماذا لا تزال تطبيقات نظم المعلومات الجغرافية، الاستشعار من بعد والتخريط في مجال الاستزراع المائي محدودة مقارنة بالمجالات الأخرى مثل الموارد المائية؟. إننا نعتقد أن جزءا من الإجابة يكمن في نقص المعلومات الخاصة بقدرة هذه الأدوات لدى المسئولين والمديرين، وكذلك نقص الخبرة لدى الممارسين،

خاصة في الدول النامية. وتمثل هذه المطبوعة التقنية أحد الحلول كما يمثل نظم المعلومات الجغرافية حلا آخر. ولكن يجب أخذ العقبات المحتملة الأخرى في الاعتبار. إحدي هذه العقبات هي نقص فرصة تدريس نظم المعلومات الجغرافية في التعليم الحكومي على المستوى الجامعي والدراسات العليا، خاصة في مجالات بحوث وإدارة الموارد الطبيعية. أما العقبة الأخرى فهي نقص أجهزة وأدوات الحاسب الآلي والبرمجيات اللازمة لتشغيل الإنترنت بكفاءة، خاصة ما يتعلق منها بالاتصال والحصول على المعلومات خاصة في الدول النامية. من الواضح إذن أن هناك حاجة ماسة لتقييم استخدام وسائل فراغية أكثر كفاءة وانتشارا في الاستزراع المائي. تتضمن احتمالات الخطوات المستقبلية في هذا التوجه تكوين مجموعة عمل، بتمويل من منظمة الأغذية والزراعة، لطرح قضايا محددة يمكن أن تشمل: (1) استعراض احتياجات الاستزراع المائي الحالية والمستقبلية من التحاليل المكانية، (2) تحليل عميق عن سبب عدم صعود وتنامي استخدام نظم المعلومات الجغرافية، و(3) دور نظم المعلومات الجغرافية، الاستشعار من بعد والتخريط في تنمية وإدارة الاستزراع المائي وفي اتخاذ القرارات الاستراتيجية والعملية. يمكن أن تكون المناقشة التي يقدمها نظام المعلومات الجغرافية السمكية بداية لالتقاء مجموعة العمل. ويمكن عقد اجتماع لمجموعة العمل على هامش مؤتمر دولي مثل "المؤتمر الدولي حول نظم المعلومات الجغرافية والتحليل المكاني في مجال المصايد والعلوم المائية"، وذلك بهدف توسيع قاعدة مدخلات هذه المجموعة. كما تكمن الطريقة الأخرى لتوسيع منظور مجموعة العمل هذه في ضم أعضاء لها من تخصصات أخرى غير المصايد والاستزراع المائي يكون فيها استخدام نظم المعلومات الجغرافية منتشرا وفعالا (مثل إدارة المناطق الساحلية). ولكن لن يكون التقرير الذي ستعده هذه المجموعة كافيا. ويجب ألا يقتصر دورها على مجرد تحديد المشاكل، بل يجب أن تضع الحلول لها، وتحديد المنظمات التي يمكن أن تقوم بتمويل وتطبيق هذه الحلول.

التطبيقات الاقتصادية والاجتماعية لنظم المعلومات الجغرافية

- هناك ندرة في استخدام نظم المعلومات الجغرافية في القضايا الاقتصادية للاستزراع المائي. على العكس من العديد من التطبيقات الأخرى، فإن المعلومات المستقاة من الدراسات الاقتصادية، والتي يمكن تحليلها بواسطة نظم المعلومات الجغرافية متوفرة ولم يتم تحليلها مكانيا بعد. وقد تم لاحقا إلقاء الضوء على بعض الأمثلة.
- تتطلب النمذجة الحيوية الاقتصادية الفراغية (Spatial bioeconomic modelling) تقدير الفروق المكانية في الإنتاج المستزرع. قام (Kapetsky and Nath, 1997) بأخذ خطوة هامة في تكامل نظم المعلومات الجغرافية مع النمذجة الحيوية الاقتصادية الفراغية بهدف تقييم إمكانات الاستزراع المائي في المياه الداخلية في أمريكا اللاتينية. كما قام (Aguilar-Manjarrez and Nath, 1998) بإجراء تقييم مماثل خاص بأفريقيا.
- يبدو أن هناك العديد من الفرص الأخرى لتكامل نظم المعلومات الجغرافية مع النمذجة الحيوية الاقتصادية التي تم تطويرها في الاستزراع البحري. على سبيل المثال، قام (Kite-Powell *et al.*, 2003) بتطوير نموذج اقتصادي حيوي لاستزراع الأسماك في المياه المفتوحة في المحيط الأطلنطي في منطقة نيوانجلاند بالولايات المتحدة الأمريكية، حيث تم تطبيقه على استزراع أسماك السلمون، الكود (البكلاه) والفلاوندر (سمك موسى). يحدد النموذج الكثافة السمكية المثلى وجداول الحصاد الأمثل، والسيولة المالية، كما يسمح بتحديد المواقع البديلة للتسمين. ويعتبر كل من درجة الحرارة المرتبطة بالنمو، العمق المرتبط بتثبيت الأقفاص، تكاليف منشآت الأقفاص، برفيل الأمواج والمسافة من الشاطئ من بين العوامل الفراغية (المكانية) التي تضمنها هذا النموذج. ونظرا لأن هذا النموذج يحسب الأداء المالي للمشروع شهرا بشهر لمدة 15 عاما، فهناك فرصة كامنة لجعل النموذج أكثر ديناميكية زمانيا ومكانيا من خلال استخدام نظم المعلومات الجغرافية وذلك بإدخال البيانات الشهرية المسجلة لدرجة حرارة سطح البحر و /أو التيار. وقد أوضح المؤلفون أن تكاليف الانتقال، السفر، التشغيل وطاقم العمل تمثل الجزء الاكبر من التكاليف الكلية للعملية. كما خلصوا إلى أن وضع منشآت الاستزراع بالقرب من الشاطئ يزيد من

الجدوى الاقتصادية للمشروع. ويمكن استخدام نظم المعلومات الجغرافية لمجابهة هذه المشكلة، ليس فقط لتحديد الموقع الأنسب للمزرعة من حيث القرب من الشاطئ، ولكن من خلال تقدير المخاطر التي يتعرض لها هذا المكان من حيث الظروف المناخية والبحرية التي تؤثر في حركة القوارب وأداء المزرعة.

- يمكن تطبيق نظم المعلومات الجغرافية بطرق مماثلة لاقتصادية استزراع الصدفيات، إلا أن ذلك يتطلب احتياجات مختلفة من التحاليل. يصف (Langan and Forbes, 2003) تصميم وتشغيل واقتصاديات استزراع بلح البحر على الحبال الطويلة في المياه المحيطية المفتوحة. يشير هؤلاء الباحثون إلى أن وفرة الطام كما وكيفا هي أهم العوامل المؤثرة في هذه العملية. ولذلك فإن تحديد المناطق التي تمتاز بزيادة تركيز الكلوروفيل-أ، انخفاض العكارة، وزيادة تركيز الأكسجين الذائب تعتبر من العوامل الهامة التي يجب أخذها في الاعتبار. لقد قام (Kite-Powell, Hoagland and Jin, 2003) بدراسة اقتصاديات استزراع الإسكالوب البحري من نوع (*Plagopecten magellanicus*) وبلح البحر. وجد المؤلفون أن الإسكالوب يعتمد على تجميع الزريعة من المصادر الطبيعية، مما يضيف معيارا آخر لمعايير اختيار الموقع، حيث يجب أن يكون هذا الموقع محتويا على مخزون طبيعي من الإسكالوب مع وفرة أدوات الصيد والعمالة اللازمة للصيد وإمداد المزرعة. قام المؤلفون بتطوير خطة اقتصادية لاستزراع بلح البحر في المياه المفتوحة في منطقة نيو إنجلاند بالولايات المتحدة الأمريكية. وقد قدروا تكاليف تشغيل القوارب بما فيها طاقم العمل بحوالي 000 1 دولار في اليوم لمدة 90 يوما في العام داخل البحر. وعند استقرار المشروع تصبح هذه التكاليف حوالي 21-23% من إجمالي تكاليف هذا المشروع. ولذلك يعتبر اختيار الموقع الذي يخفض من وقت القوارب، إضافة إلى الاحتاجات الأخرى المذكورة أعلاه، من العوامل الهامة عند التخطيط الاقتصادي والاستدامة للمشروع.

تقدير إمكانات الاستزراع المائي في المياه المفتوحة

- توضح دراسة إمكانات الاستزراع المائي في المياه المفتوحة في المنطقة الاقتصادية الحصرية للولايات المتحدة الأمريكية (القسم الرابع) أنه من الممكن استنباط نظام بسيط للمعلومات الجغرافية لإجراء التقدير الأولي لإمكانات الاستزراع المائي لأي دولة تريد ذلك. تستند هذه الدراسات على بيانات مكانية كافية ذات تغطية عالمية، متوفرة مجانا على شبكة الإنترنت. ولكن يجب تحديد، تجميع وتحليل البيانات المطلوبة طبقا لنظام الاستزراع المقترح والأنواع المناسبة للاستزراع في المياه البحرية للدولة المعنية.

وفرة البيانات

- هناك مشكلتان خاصتان بالبيانات تقللان من استخدام نظم المعلومات الجغرافية في الاستزراع البحري. المشكلة الأولى هي الحصول على البيانات الفراغية والمشكلة الثانية هي وفرة البيانات الوصفية. فيما يتعلق بالبيانات الفراغية ما زالت هناك فجوات كثيرة يمكن وضعها في ثلاث مجموعات: (1) فجوات تتعلق بالتغطية الجغرافية والوقت، (2) فجوات تتعلق بالدقة والنقاء، و (3) فجوات تتعلق بنوع البيانات. فمعظم الوقت الذي ينفق على دراسة استخدام نظم المعلومات الجغرافية في الاستزراع البحري يمكن أن يضيع في تحديد، تجميع، ترتيب ودمج البيانات الوصفية التي تحدد المتطلبات البيئية للكائنات المستزرعة، وكذلك الحدود المثلى لعمل منشآت الاستزراع.

نماذج البيانات واتخاذ القرار في الاستزراع البحري

- تتضمن التحسينات الرئيسية في أدوات دعم اتخاذ القرار في الاستزراع البحري ما يلي: الاستخدام المتنامي للبيانات الاجتماعية-الاقتصادية وتطوير الأدوات اللازمة و/أو استخدام أدوات دعم اتخاذ القرار المستخدمة/ المصممة للاستخدام في قطاعات أخرى، وذلك لمواجهة مشاكل محددة متعلقة باتخاذ القرار في الاستزراع البحري. وعند الأخذ في الاعتبار التباين بين أدوات دعم اتخاذ القرار المستخدمة في تطبيقات نظم المعلومات الجغرافية التي غطتها هذه الوثيقة وبين الأدوات المستخدمة في تحليل المناطق البحرية

المحمية فيعتقد أن الاتصال الجيد بين الخبراء المعنيين من قطاعات مختلفة قد يؤدي إلى تطوير أدوات دعم اتخاذ القرار في الاستزراع البحري. كما أن هناك انطباعا بمدى الحاجة لمزيد من خبراء الاستزراع البحري من ذوي الخبرة في التقييم متعدد المعايير للاستفادة من الأدوات المتاحة و/ أو استنباط أدوات جديدة.

الاعتبارات والتوصيات الأخيرة

- يمكن إدراك إمكانات الأدوات الفراغية من خلال التوجهات التعاونية متعددة الجوانب التي تركز على طرح القضايا الشائعة وكذلك بواسطة تكوين فرق من الخبراء في كل فرع من أفرع هذه القضايا.
- من الواضح، من منظور تنظيم وتطبيق نظم المعلومات الجغرافية، أن المصايد البحرية والاستزراع البحري تحتاج لنفس المعلومات البيئية والاقتصادية، كما أن العديد من الأنواع تصاد وتستزرع في نفس الوقت. كذلك فإن التحاليل المكانية للمصايد البحرية هي نفسها أو مماثلة لتلك المستخدمة في الاستزراع البحري. لذلك يمكن الاستفادة من التعاون بين، أو التكامل مع، انشطة نظم المعلومات الجغرافية في المصايد والاستزراع المائي على المستوى الوطني الحكومي وبين المؤسسات الأكاديمية.
- من منظور البيانات الوصفية للبداية، فهناك حاجة إلى: (1) تحليل بيانات المتطلبات البيوفيزيائية للأنواع المستزرعة، أو الأنواع الممكن استزراعها في المياه البحرية، (2) المتطلبات البيئية الفيزيائية لمنشآت وهياكل الاستزراع، و (3) نماذج اقتصادية حيوية.

8-قاموس المصطلحات

نظم المعلومات الجغرافية (Geographic Information Systems)- نظام حاسوبي لالتقاط، فرز، فحص، دمج، معالجة، تحليل وعرض البيانات المتعلقة بنقطة ما على سطح الأرض. يستخدم نظام المعلومات الجغرافية لمعالجة الخرائط. قد تكون هذه الخرائط ممثلة بعدد كبير من الطبقات المختلفة، تحتوي كل طبقة منها على بيانات خاصة بظاهرة أو خاصية معينة. تكون كل خاصية متصلة بموقع محدد على الصورة البيانية بالخارطة. لقد استخدم نظام المعلومات الجغرافية في مجال الاستزراع المائي لتقييم مدى ملاءمة القطاعات الجغرافية، وكذلك ملاءمة نوع ما من الكائنات للاستزراع في منطقة ما.

القمر الصناعي البيئي (إنفيسات) ((ENVISAT (Environment Satellite)- قمر صناعي لمراقبة الأرض أطلقته هيئة الفضاء الأوروبية. أطلق هذا القمر في الأول من مارس عام 2002 من على ظهر إريان 5 (Ariane 5) إلى المدار القطبي المتزامن للشمس عند ارتفاع 790 كم (+/ - 10 كم). يدور القمر حول الأرض في زمن قدره حوالي 101 دقيقة، وتتكرر الدورة كل 35 يوما.

التصنيف الزغابي أو الغامض (Fuzzy classification)- أي طريقة لتصنيف البيانات تسمح بتطبيق البيانات الوصفية على شيء أو هدف ما بواسطة قيم الاشتراك، حتى يمكن اعتبار هذا الشيء عضوا جزئيا في طائفة ما. يتم تعريف عضوية الطائفة عادة على مقياس يمتد من صفر إلى 1، حيث يمثل الصفر عدم العضوية أما الرقم 1 فيدل على العضوية الكاملة. كذلك يمكن تطبيق التصنيف الغامض على الأهداف الجغرافية، حتى يمكن معاملة حدود وأبعاد الهدف كمنطقة متدرجة وليس كخط تام. لقد استخدم التصنيف الزغابي في نظم المعلومات الجغرافية لتحليل التربة، الغطاء النباتي والمظاهر الأخرى التي يتغير تركيبها الفيزيائي تدريجيا، والتي تعتبر خواصها جزئيا خواصا كيفية في الطبيعة.

قاعدة البيانات الجغرافية (Geodatabase)- مجموعة من البيانات الجغرافية تستخدم بواسطة نظام المعلومات الجغرافية آرس (ArcGIS). توجد أنواع مختلفة من مجموعات من البيانات الجغرافية تضم تصنيف الخصائص، الجداول الوصفية، مجموعات البيانات الأفقية الخطية المبكسلة (raster data)، مجموعات البيانات الشبكية، الدراسة الطوبوغرافية، إلى غير ذلك.

لغة ثقب المفتاح العليا (Keyhole Markup Language) (KLM)- قاعدة نحوية XML وشكل من الملفات لنمذجة وفرز الخصائص والظواهر الجغرافية، مثل النقط، الخطوط، الصور، الأشكال متعددة الأضلاع، لعرضها على برنامج جوجل للأرض (Google Earth). يتم معالجة ملف **لغة ثقب المفتاح العليا** بواسطة جوجل الأرض بطريقة مماثلة للطريقة التي تعالج بها ملفات HTML و XML بواسطة متصفحي شبكة الإنترنت. كما تمتلك هذه اللغة هيكلا يستند على علامة بالأسماء والصفات المستخدمة بهدف عرض أو إبراز شيء محدد. وهكذا يستخدم جوجل الأرض كمتصفح لملفات KLM.

القمر الصناعي الأرضي (لاندسات) (Landsat)- تعتبر الأقمار الصناعية الأرضية الأمريكية أول مجموعة من الأقمار الصناعية المخصصة لمراقبة الأرض وتقديم تغطية عالمية متوالية لسطح الأرض. تعمل المجسات الموجودة على هذه الأقمار في الأبعاد المرئية وحتى الأطوال الموجية المتوسطة تحت الحمراء، وكذلك الموجات الحرارية تحت الحمراء. تم إطلاق القمر الأول المسمى (ERTS-1) (بعد ذلك سمي لاندسات-1) في عام 1972. تحتوي مهمة القمر لاندسات-7 على مجس خرائطي متطور (Enhanced Thematic Mapper Sensor). تقوم 7 من القنوات التسع للقمر الأرضي بالحصول على البيانات من الأشعة المرئية وحتى الأشعة المتوسطة تحت الحمراء بدقة تصل إلى 30 مترا. يمكن الحصول على مزيد من المعلومات حول مهمة القمر لاندسات-7 من موقع (USGS) على الإنترنت (http://landsat7.usgs.gov/index.php) ومن موقع هيئة الفضاء الأمريكية ناسا (http://landsat.gsfc.nasa.gov/).

الخرائط (Maps)- تمثيل بياني للظواهر الفيزيائية (الطبيعية، الصناعية أو كليهما) على جزء من، أو كل، سطح الأرض، بواسطة إشارات ورموز أو صور فوتوغرافية بمقياس رسم محدد، بتكبير محدد، وباستخدام وسائل الاتجاه المعروفة.

الاستزراع البحري (Marine aquaculture)- تربية، إدارة وحصاد الكائنات البحرية في بيئاتها الطبيعية أو في وحدات تنشأ للتربية مثل الأحواض الأرضية، الأقفاص، الحظائر، الخزانات. ولهدف إحصاءات منظمة الأغذية والزراعة يشير الاستزراع البحري إلى تربية المنتج النهائي في المياه المالحة حتى لو تمت تربية المراحل المبكرة من دورة حياة الكائن في مياه عذبة أو مياه متوسطة الملوحة.

التقييم متعدد المعايير (Multi-Criteria Evaluation)- أداة داعمة لاتخاذ قرارات التقييم متعدد المعايير. القرار هو اختيار بين عدد من البدائل (مثل الأعمال البديلة، تخصيص الأرض، الخ). يعرف أساس القرار "بالمعيار". في حالة التقييم متعدد المعايير تجري محاولة لدمج مجموعة من المعايير لتحقيق أساس واحد لمكون القرار طبقا لهدف محدد. على سبيل المثال، قد تكون هناك حاجة لقرار حول أكثر المناطق ملاءمة للتنمية الصناعية. قد تتضمن معايير القرار القرب من الطرق، تدرج الميول، عدم وجود الأرض في المناطق المحمية، الخ. من خلال التقييم متعدد المعايير يمكن تجميع صور المعايير الممثلة لمدى الملاءمة لرسم خريطة لهذه الملاءمة يمكن الحصول منها على الاختيار النهائي.

جهاز التصوير الطيفي متوسط الدقة (Medium Resolution Imaging Spectrometer (MERIS))- جهاز مبرمج متوسط الدقة للتصوير الطيفي يعمل في المدى الطيفي الشمسي العاكس (solar reflective spectral range). يمكن اختيار 15 حزمة طيفية عن طريق الأوامر الأرضية، لكل حزمة منها عرض مبرمج وموقع مبرمج في مدى طيفي يتراوح من 390 nm إلى 1 040 nm. يقوم هذا الجهاز بمسح سطح الأرض من خلال ما يعرف بطريقة "بوشبروم" (pushbroom). تقدم الحزم الخطية (CCD) تجميعا للبيانات الفراغية في اتجاه متقاطع مع المسار، بينما تقدم حركة القمر الصناعي مسحا بطول المسار. تم تصميم جهاز التصوير الطيفي متوسط الدقة بطريقة تمكن من الحصول على البيانات في أي مكان على الأرض تكون فيه ظروف الإضاءة مناسبة. مجال هذا الجهاز هو 68,5 درجة ويغطي رقعة يبلغ عرضها 1 150 كم. يشترك في هذا المجال العرضي الواسع خمس وحدات بصرية متناظرة مرتبة في شكل مروحي.

البيانات العليا (Metadata)- هي المعلومات التي تصف محتوى، جودة، ظروف، أصل وخصائص البيانات أو المعلومات الأخرى. فيما يتعلق بالبيانات الفراغية فإن البيانات البعدية يمكن أن تصف وتوثق موضوع البيانات من حيث؛ كيف، متى، أين وبواسطة من تم جمع هذه البيانات؛ وفرة وتوزيع المعلومات؛ تكبير، مقياس، ودقة البيانات؛ ومدى مطابقتها لبعض المعايير القياسية. تتكون البيانات البعدية من خصائص وتوثيق. تشتق الخصائص من مصدر البيانات (مثل نظام إحداثيات وتكبير البيانات)، أما التوثيق فيتم إدخاله عن طريق فرد (مثل استخدام كلمات مفتاحية keywords لوصف البيانات).

البكسل (Pixels)- (عناصر الصورة)، خلايا الصورة في المصفوفة. يتم تقدير سطح الأرض المطابق للبكسل بواسطة المجال الفوري للمنظر (instantaneous field of view (IFOV)) للنظام الشمسي (مثل قياس الزاوية الممتدة من المجس إلى المنطقة المعنية على الأرض في أي لحظة). تعتبر القيم الرقمية للبكسل مقياسا لإشعاعات الطاقة الكهرومغناطيسية المنبعثة من، أو المنعكسة من، سطح الأرض المصورة في كل قناة حسية.

الإسقاط (Projection)- طريقة لعرض السطح المنحني للأرض على سطح مستوي. يتطلب هذا عادة تحويل خطوط الطول والعرض للأرض رياضيا إلى سطح مستوي. يمكن إظهار بعض المساقط على شكل كرة أرضية شفافة مع وجود بصيلة أو انتفاخ عند مركزها (على الرغم من أنه ليس كل المساقط تنبثق من مركز الكرة) مما يؤدي إلى خطوط للطول والعرض على قطعة من الورق. تكون هذه الورقة إما مستوية ومتماسة مع الكرة الأرضية (إسقاط بلانار أو أزيموثال) (a planar or azimuthal projection) أو على شكل قمع أو أسطوانة توضع

فوق هذه الكرة (الإسقاط القمعي أو الاسطواني). مسقط كل خريطة يؤدي إلى تحريف أو تشويش المسافة، المنطقة، الشكل، أو بعض تجمعات هذه الأشياء.

الاستشعار من بعد (Remote Sensing)- تجميع وتحليل البيانات من منطقة الدراسة أو الكائن التي يتم إرسالها من جهاز الاستشعار، مثل أجهزة رصد ما تحت سطح الماء، الطائرات أو الأقمار الصناعية.

الرادار التخليقي المنفذ (Synthetic Aperture Radar; SAR)- رادار التصوير هو جهاز نشيط ينقل موجات الميكروويف في اتجاه سطح الأرض، ثم يقيس مدى الإشارة التي تتشتت وتنعكس عائدة إليه. تتجمع الإشارات العائدة من أجزاء مختلفة من الأرض معا لتكون صورة. الرادار التخليقي المنفذ (SAR) هو نوع خاص من أنواع الرادارات المصورة. وهو نظام معقد يقيس مدى وحالة الإشارات العائدة؛ التي يستخدم تحليلها "تأثير دوبلر Doppler effect" الناشئ عن حركة سفينة الفضاء المتعلقة بالسطح المصور، بهدف الوصول إلى درجة عالية من الدقة والنقاء على الأرض. وحيث أن هذا النظام هو نفسه مصدر الإشعاع الكهرومغناطيسي المستخدم في استشعار الأرض فيمكن تشغيله ليلا أو نهارا. تبلغ نسبة إرسال إشارات الميكروويف الجوية التي يستخدمها الرادار التخليقي المنفذ (2 إلى 30 GHz) أكثر من 90%، حتى في وجود الثلوج والأمطار (فيما عدا العواصف الرعدية الاستوائية)؛ مما يعني أن هذا الرادار يمكن أن يحصل على بيانات في جميع الأحوال الجوية.

المقياس (Scale)- التناسب بين مسافة ما أو منطقة ما على الخريطة والمسافة أو المنطقة المناظرة على الأرض.

النقاء (Resolution)- المنطقة على الأرض المطابقة للبكسل (pixel) في الصورة الملتقطة بالقمر الصناعي.

تم تجميع قائمة المصطلحات من المصادر الآتية:

Anonymous. 1998. AQUALEX. Multilingual glossary of aquaculture terms/ Glossaire multilingue relatif aux termes utilisÈs en aquaculture. CD ROM, John Wiley & Sons Ltd. & Praxis Publ., UK.
Association for Geographic Information (AGI) GIS Dictionary (http://www.geo.ed.ac.uk/agidict/welcome.html)
BarnabÈ, G. (ed..) 1990 Aquaculture. Chichester, UK, Ellis Horwood. Vol.1, 528p. Vol.2, 584p. Transl. by L.M. Laird.
Center for Spatially Integrated Social Science (CSISS): http://www.csiss.org/cookbook/glossary.php
Choudury, K. and Jansen, L.J.M. (UNESCO/WMO) 1999. Terminology for integrated resources planning and management. Rome, FAO. 69p.
Chrisman, N. Glossary for Exploring GIS, by: http://www.wiley.com/college/chrisman/glossary.html
Earth Sciences Sector of Natural Resources Canada. Canada Center for Remote Sensing (CCRS). Glossary of remote sensing terms (http://ccrs.nrcan.gc.ca/glossary/index_e.php).
ESRI. 2001. *The ESRI Press dictionary of GIS terminology*. Environmental Systems Research Institute, Inc. Redlands, California, USA (available at: http://www.esri.com/library/glossary/a_d.html).
FAO 2006.Glossary of Aquaculture. http://www.fao.org/fi/glossary/aquaculture/
FAO Fisheries Department 2003 World Fisheries and Aquaculture Atlas. CD-ROM. Rome, FAO. 2nd ed.
Hoehn, P., and Lynette, M. Dictionary of abbreviations and acronyms in geographic information systems, cartography and remote sensing. (available at: http://www.lib.berkeley.edu/EART/abbrev.html).
Perry-Castaĕda Library Map Collection. Glossary of Cartographic Terms online at http://www.lib.utexas.edu/maps/glossary.html. The University of Texas.
Voser, S.A. Glossary of glossaries (available at http://www.geocities.com/CapeCanaveral/1224/terms/terms_txt.html)

المراجع

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, Mexico. 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/8522E00.htm).

AquaGIS. 2006. Newfoundland and Labrador Aquaculture Geographic Information System. Department of Fisheries and Aquaculture, Newfoundland and Labrador (available at 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* 15:478-318.

Arnold, W.S. & Norris, H.A. 1998. Integrated resource management using SIG: 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).

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 Holliingworth, C. eds. SIG/Spatial analyses in fishery and aquatic sciences (Vol 2.) Proceedings of the Second International Symposium on SIG/Spatial analyses in fishery and aquatic sciences. Pp. 344. Fishery-Aquatic SIG 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. SIG for the oceans and seas. ESRI Press. Redlands, California, USA. 204 pp.

Bremen, J., Wright, D. & Halpin, P.N. 2002. The inception of the ArcSIG marine data model. In Breman, J. ed. Marine geography. SIG for the oceans and seas. Pp 3-10. ESRI Press. Redlands, California, USA. 204 pp.

Bridger, C.J. & Costa-Pierce, B.A. eds. 2003. Opean 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., Strickney, 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 SIG, 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., Rehault, 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.

CINEMAR. 2005. News Release. New Hampshire Fishermen Are Mussel Bound. (available at 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 SIG-based model of particulate waste distribution from marine fish-cage sites. Aquaculture 258: 299–311.
(also available at http://www.aqua.stir.ac.uk/SIGAP/ 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 SIG potentiality for coastal zone management: preselection of submerged oyster culture areas near Marennes Oléron (France). EARSEL Workshop on Remote Sensing and SIG 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 Managament 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 SIG. INFOFISH International 5: 27-30.

Fisher, W.L. (in press). Recent trends in fisheries geographic information systems. In Nishida, T., Kailola, P. and Holliingworth, C. eds. Proceedings of the Third International Symposium on SIG/Spatial analyses in fishery and aquatic sciences. Fishery-Aquatic SIG 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 SIG for placement of rainbow trout culture in Denmark. In Nishida, T., Kailola, P. and Holliingworth, C. eds. SIG/Sparial analyses in fishery and aquatic sciences (Vol 2.) Proceedings of the Second International Symposium on SIG/Spatial analyses in fishery and aquatic sciences. pp. 543-558. Fishery-Aquatic SIG 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).

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.

Goulletquer, P., Soletchnik, P., Le Moine, O., Razet, D., Geairon, 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.

Goulletquer, 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.

Guneroglu, A., Kose ,E., Eruz, C., Basar, E., Erkebay, S. & Karsli, F. 2005. Use Of Geographic Information System (SIG) 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/SIGAP/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 SIG/ 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 deInformación Geográficade 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. SIG/Spatial analyses in fishery and aquatic sciences (Vol 2.) Proceedings of the Second International Symposium on SIG/Spatial analyses in fishery and aquatic sciences. pp. 393-404. Fishery-Aquatic SIG 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 bioeconmic 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): 96110.

Loubersac, L., Prou, J. , Kerdreux, M. & Le Moine, O. 1997. Geomatics for the management of oyster culture leases and production. CoastSIG'97. In: D. Green, and G.Massie editors. Proceedings of the Second International Symposium on SIG 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. SIG 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)

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/docaqua/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.

National Office for Harmful Algal Blooms, Woods Hole Oceanographic Institution,Woods Hole, Massachusetts, USA. 2006. (available at http://www. whoi.edu/redtide/index.html).

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 cooperation 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), 1722 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).

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).

Nath,S. S., Bolte, J. P., Ross, L. G. & Aguilar-Manjarrez, J. 2000. Applications of Geographical Information Systems (SIG) 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/aqtaskforce/aqtfwalpole.htm).

Nishida, T., Kailola, P. & Holliingworth, C. eds. 2001. Proceedings of the First International Symposium on SIG in Fishery Science. Fishery-Aquatic SIG Research Group. Kawagoe, Saitama, Japan. 486 pp.

Nishida, T., Kailola, P. & Holliingworth, C. eds. 2004. SIG/Spatial analyses in fishery and aquatic sciences (Vol 2.) Proceedings of the Second International Symposium on SIG/Spatial Analyses in Fishery and Aquatic Sciences. Fishery-Aquatic SIG Research Group. Kawagoe, Saitama, Japan. 733 pp.

Nishida, T., Kailola, P. & Holliingworth, C. eds. (in press). Proceedings of the Third International Symposium on SIG in Fishery Science. Fishery-Aquatic SIG 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 SIG-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. SIG-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 SIG for ICM, Seville (Spain). (available at http://www.gisig.it/eco-imagine/ VirtualPConference/ siviglia-proceedings/pres entations.htm).

Pérez, O.M. 2003. SIG-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/SIGAP/gis-group/dfid.php).

Pérez, O.M., Ross, L.G., Telfer, T.C. & Beveridge, M.C. 2002. Geographical information systems (SIG) 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 SIG-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. CoastSIG'97. In: D. Green, and Massie, G. eds. Proceedings of the Second International Symposium on SIG 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 SP549, 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 Iasscaigh 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. SIG 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 SIG 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. Diagnostico da cadeia aquicola 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., Kinnnucn, 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 (SIG) 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., & Goulletquer, P. 1999. Summer mortality of the oyster in the Bay Marennes-Oleron: Spatial variability of environment and biology using a geographical information system (SIG). *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).

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 Cooperation 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 SIG-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-Hsiewn. 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 SIG. 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 Hawaii using SIG. *INFOFISH International* (6): 13-16.

الغرض من هذه الوثيقة هو إيضاح الوسائل التي يمكن أن تلعب من خلالها نظم المعلومات الجغرافية، الاستشعار من بعد والتخريط دورا في تنمية وإدارة الاستزراع البحري، من منظور عالمي. والتوجه هنا هو عرض أمثلة للتطبيقات التي استهدفت لحل العديد من المشاكل في مجال الاستزراع البحري.

أما الهدف المعلن فهو تحفيز الأفراد في الحكومة، الصناعة، والقطاعات التعليمية في مجال الاستزراع البحري على استخدام هذه الأدوات بشكل أكبر. وقد سبق أمثلة التطبيقات مقدمة مختصرة عن الأدوات الفراغية واستخدامها في قطاع المصايد البحرية. كما تم اختيار أحدث التطبيقات بما يسمح للقراء بوضع تقييمهم الخاص حول فوائد ومحددات استخدام هذه الأدوات في مجالات أنشطتهم.

وقد تم تنظيم التطبيقات طبقا لموضوعات الاستزراع البحري كما يلي: استزراع الأسماك في الأقفاص، استزراع الأسماك الصدفية، واستزراع النباتات البحرية. كما عرضت دراسة حالة توضح كيفية استخدام البيانات التي يتم إنزالها مجانا من شبكة الإنترنت لتحديد إمكانية الاستزراع البحري. ونظرا لأن الهدف الأسمى من نظم المعلومات الجغرافية هو المساعدة في اتخاذ القرار، فقد تضمنت الوثيقة جزءا عن الأدوات المدعمة للقرار.

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

ISBN 978-92-5-605646-7 ISSN 1020-9174

A0906Ar/1/10.10