العلمي. الكويت.

اليماني، فايزة، وآخرون. (2004) *أطلس أوشونغرافية المياة الكويتية*. معهد الكويت للأبحاث العلمية. الكويت.

الطيب نوري وجرار بشير. (1988) *قياس التلوث البيئي*. دار المريخ. صفحة 183.

عزيز، محمد الخزامي. (2000) *نظم المعلومات الجغرافية- أساسيات وتطبيقات للجغرافيين*. جامعة الملك سعود. الرياض. السعودية.

قطاع الأحصاء والمعلومات. (2001) *المجموعة الأحصائية السنوية*. العدد 38. إدارة المطبوعات والنشر. وزارة التخطيط. الكويت.

ليلساند، توماس، و كيفر، رالف. (1994) *الإستشعار عن بعد وتفسير المرئيات*. (ترجمة خاروف، حسن حلمي). المنظمة العربية للثقافة والعلوم. المركز العربي للتعريب والترجمة والتأليف والنشر. دمشق. سوريا. صفحة 947.

معهد الكويت للأبحاث العلمية. (1989) *التلوث في البيئة البحرية الكويتية*. الكويت.

معهد الكويت للأبحاث العلمية. (2001) *تقرير عن تحليل بكتريا الستريتكوكس المتسببه بنفوق الأسماك*. الكويت.

مفرح الرويلي ، ومحمد أيت بلعيد، ونادر موسى (2004) *دراسة آثار التوسع العمراني على الأراضي الزراعية بواحة الأحساء باستخدام تقنيات الاستشعار عن بعد ونظم المعلومات الجغرافية*. مجلة الخليج العربي للبحوث العلمية 22 (2): 86-95.

ميساك، رأفت، عمر، سميره، وآخرون. (2000) *الموارد الطبيعية والسمات البيئية*. معهد الأبحاث. الكويت.

المراجع باللغة الإنجليزية

Ait Belaid, M (2004) *Operational GIS Applications in Developing Countries, Third International Conference and Exhibition (GIS 2004)*, 27-29 September, Bahrain, pp. 51-62.

Al-Ali, J, and Aziz, ME (2002) *Application of Geographical Information Systems (GIS) and Remote Sensing (RS) in Modeling the Optimum Land Use of Kuwait Bay, The second international conference & exhibition (GIS-2002)*, Kingdom of Bahrain, pp 265.

Alrifaie, K, Alyamani, F, Lennox, A and Ismail, W (2002) *Temporal Variability of Temperature and Salinity in Kuwait's water, KISR Report 6419*, Kuwait.

Gilbert, PM, Landsberg, JH, Evans, JJ, AL-Sarawi, MA, Faraj, M, AL-Jarallah, MM, Haywood, A, Ibrahim, S, Klesius, P, Powell, C, Shoemaker, C (2002 a) A fish kill of massive proportion in Kuwait Bay, Arabian Gulf, 2001: the roles of bacterial disease, Harmful algae, and eutrophication.*ELSEVIER* **1(2):** 215-231.

Gilbert, P, Evans, J, and Landsberg, J (2002 b) *The 2001 Fish Kill in Kuwait Bay: Questions, Causes, Commentary*. Environment Public Authority, Kuwait.

Heil, CA, Gilbert, PM, AL-Sarawi, MA, Faraj, M, Behbehani, M and Husain, M (2001) First record of a fish killing Gymnodinium sp. Bloom in Kuwait Bay, Arabian Sea: Chronology and potential causes. *Marine Ecology Progress Series* **214:**15-23.

Marmoush, y, Alsarawi, M, Al-Hulail, F, Al-Obaid, E, Shuhaibar, Y and **Al-Salime, K** (2000), *Integrated Coastal Zone Management, State of Kuwait*. KISR Report VH010C, Kuwait.

Roberts, RD, Waiser, MJ, Arts, MT, and Evans, MS (2005) Seasonal and diel changes of dissolved oxygen in a hypertrophic prairie lake. *Lakes & Reservoirs Research and Management* **10 (3):** 167-177.

Wright, JM (1988) Recruitment patterns and tropic relationships of fish in Sulaibikhat Bay, Kuwait. *Journal of Fisheries* **33:**671-687.

Ref. No. (2550)
Rec: 22/2/2010
In-revised form: 3/10/2010

عام 1999 (النفوق بفعل المد الأحمر) وكذلك أكتوبر عام 2001 (النفوق بفعل البكتيريا).

- وجود علاقة بين مواقع محطات الرصد وبين إرتفاع قيم بعض المتغيرات البيئية في أشهر الصيف نتيجة لأنشطة بشرية ومخرجات المنشآت الصناعية والتجارية والترفيهية بسواحل الجون. فعلى سبيل المثال فان محطات الرصد (محطة رأس عشيرج (Z3) ومحطة الشويخ (Z4) ومحطة رأس عجوزه (Z5)) بجنوب الجون قد سجلت تفاوتا أكبر نتيجة كثرة المنشآت.
- بناء قاعدة بيانات جغرافية لفهم ومراقبة ظاهرة نفوق الأسماك في جون الكويت بواسطة نتائج وبيانات الدراسة.
- وجود أربعة مناطق داخل الجون تختلف فيما بينها من حيث مصادر التلوث وكذلك من حيث الأنشطة القائمة فيها وبالتالي يمكننا ترتيب أولويتها من حيث جهود إعادة التأهيل. وهذه المناطق الأربعة هي منطقة جون الصليبخات، وميناء الدوحة، و ميناء الشويخ، ومنطقة شمال الجون. فمنطقة جون الصليبخات تكثر بها المصارف الصحية ومحطات الكهرباء وتحلية المياه في جنوب الجون وهي ذات أولوية قصوى من حيث إعادة التأهيل. أما منطقتي ميناء الدوحة وميناء الشويخ فتكثر فيها الأنشطة الترفيهية وخطوط النقل ومحطات تحلية المياه والكهرباء في جنوب الجون وهي تأتي في المركز الثاني والثالث من ناحية جهود إعادة التأهيل. أما منطقة شمال الجون فهي مشهورة بكونها منطقة حضانة للأسماك وبكونها منطقة أنشطة بترولية وتأتي بالمركز الرابع من حيث أولوية إعادة التأهيل.

التوصيات

لاعداد قائمة بأولوية المناطق المفترض إعادة تأهيلها في جون الكويت علينا التعرف جغرافياً على مصادر التلوث أولاً وهذا ما خرجت به هذه الدراسة. وبشكل بسيط فان الدراسة قد سلطت الضوء على بعض النقاط والتي من خلالها خرجنا ببعض التوصيات الخاصة، وهي كما يلي:

- ضرورة استخدام التكنولوجيا الحديثة والتقنيات الجديدة كالاستشعار عن بعد ونظم المعلومات الجغرافية لمواجهة التحديات البيئية المستمرة. ومراقبة المعايير البيئية الخاصة بمستويات تلوث البيئة البحرية الكويتية وتحديثها وفقا للبيئة المحلية بصورة منتظمة.
- زيادة محطات الرصد البحرية ومراعاة التوزيع الجغرافي والأنشطة القائمة على سواحل الجون وطبيعة المنطقة الجنوبية داخل الجون. وكذلك تطوير مستوى العاملين على عمليات الرصد لتقليل أضرار الأخطاء البشرية ولزيادة مستوى التحقق عند بداية حدوث تغير مفاجئ.
- ضرورة مراقبة السواحل البحرية بشكل منتظم وعمل خطط تحضيرية لمواجهة أية كارثة بيئية محتملة باستخدام التقنيات الحديثة. وعمل دراسات خاصة بجون الكويت لإعادة تأهيله بيئياً.

المراجع باللغة العربية

أبو شوشة، محمد، (1994) *مقدمه في تلوث الماء ومعالجاته*. الجمعية الكويتية للبيئة، الكويت.

الجمعية الكيميائية الكويتية، (1997) *التلوث النفطي في البيئة البحرية*. الكويت.

الحفار، سعيد، (1985) *نحو بيئه أفضل*. دار الثقافة، قطر.

الصرعاوي، محمد، والدعيج، صلاح، (1995) *النشاطات غير القانونية في مناطق السواحل الكويتية وتأثيراتها البيئية*. بلدية الكويت، الكويت.

العباد، علي، (1998) *التقويم المتكامل للعوامل المؤثرة على الوضع البيئي للشريط الساحلي بدولة الكويت بإستخدام تقنية نظم المعلومات الجغرافية*. رسالة ماجستير، جامعة الخليج العربي، البحرين، صفحة 168.

العنقري، خالد، (1986) *الإستشعار عن بعد وتطبيقاته في الدراسات المكانية*. دار المريخ، الرياض.

العنقري، خالد، (1990) *تطبيق نظم المعلومات الجغرافية- دراسة تحليلية، رسائل جغرافية*، الجمعية الجغرافية الكويتية، جامعة الكويت، عدد 134.

المزيني، صالح، (1997) *سمية تصريف مياه الصرف الصحي بمنطقة الشويخ*. معهد الأبحاث، الكويت.

المزيني، صالح، (1998) *وضع البيئة البحرية الكويتية*. الجمعية الكويتية لحماية البيئة، الكويت، صفحة 28.

المطر، سليمان، وآخرون، (2003) *البيئة البحرية بدولة الكويت*. مركز البحوث والدراسات الكويتية، الكويت.

المنظمة الإقليمية لحماية البيئة البحرية، (2000) *تقرير البيئة البحرية بالخليج العربي*. الكويت.

الهيئة العامة للبيئة، (1999) *تقرير حول ظاهرة نفوق الأسماك على الشواطئ الكويتية*. الكويت.

الهيئة العامة للبيئة،(2002أ) *الإستراتيجية البيئية لدولة الكويت*، الجزء الأول، الكويت.

الهيئة العامة للبيئة، (2002ب) *التقرير النهائي لفريق عمل المشاريع القائمة بجون الكويت*. الكويت.

اليماني، فايزة، وآخرون، (2001) *الخطة الإستراتيجية للتنمية المستدامة*. مؤسسة الكويت للتقدم

التحليل الإحصائي للمتغيرات البيئية

الجدول(3) يبين أدنى وأعلى قيمة ومعدلات المتغيرات المختارة لجميع محطات وأشهر الدراسة، ومنه نلاحظ تجاوز تلك المتغيرات لمعدلاتها في جون الكويت. وفي هذا الجزء سنتطرق للعلاقات بين هذه المتغيرات البيئية في المحطات والتي ثبت بالدراسات النظرية إرتباطها الوثيق إما طرديا أو عكسيا:

جدول 3. . المتوسط الشهري لدرجات حرارة سطح الماء (درجة مئوية) لجميع المحطات والأشهر في جون الكويت

المتغيرات البيئية	أدنى قيمة	أعلى قيمة	متوسط البيانات	المتوسط النظري
حرارة الماء	27	34.58	30.2854	°C 31-16
الأس الهيدروجيني	7.89	8.74	8.3577	.58-.56
الأكسجين المذاب	3.99	8.35	6.2422	mg/l(>4)
الكلورفيل	0.16	6.5	1.9167	g/lμ (9-2)
الأمونيا	0	40	4.9537	mg/l (0.2-2)
الفوسفات	5.8	72.5	17.1883	g/lμ (33.7)

× **المصدر:** الهيئة العامة للبيئة واليماني وآخرون (2004)

درجة حرارة سطح الماء:

درجة حرارة مياه الجون بشهر أغسطس للأعوام (1999-2000-2001) تجاوزت المعدل بجميع المحطات (المعدل هو 16-31 درجة مئوية (Wright *et al.* 1988).

الأس الهيدروجيني:

قيم الأس الهيدروجيني بمياه الجون تجاوزت الحد الأعلى للمعدل النظري (8.5) في جميع المحطات في شهري سبتمبر وأكتوبر عام 2001.

الأكسجين المذاب بالماء: إنخفض الأكسجين المذاب بالماء في شهر سبتمبر عام 2001 تحت المعدل (4) حيث بلغ (3.99) في محطة الشويخ (Z4).

الكلوروفيل:

إنخفضت قيم الكلورفيل عن المعدل الطبيعي (2-9) ميكروجرام/لتر في جميع المحطات. في شهر أغسطس عام 1999، محطة رأس الأرض (Z6) سجلت 5.93.

الأمونيا:

سجلت أعلى قيمة للأمونيا في شهر يوليو عام 1999 وبلغت (119) ميكروجرام/لتر في محطة مديرة (Z1) وسبقتها في شهر يونيو لنفس العام قيمة عالية أخرى بلغت (91) ميكروجرام/لتر في محطة رأس عشيرج (Z3). أما في شهر أغسطس فوصلت أعلى قيمة (35.8) ميكروجرام/لتر في محطة رأس عشيرج (Z3) وفي أكتوبر وصلت (40) ميكروجرام/لتر في محطة مديرة (Z1) وكذلك (39) في محطة رأس الأرض (Z6).

الفوسفات:

إرتفعت قيم الفوسفات عن المعدل الطبيعي (33.7) ميكروجرام/لتر في شهر أكتوبر عام 1999 لثلاثة محطات. حيث سجلت محطة الشويخ (Z4) أعلى قيمة وبلغت (72.5) ميكروجرام/لتر وسجلت محطة رأس عجوزة (Z5) قيمة عالية بلغت (70.6) ميكروجرام/لتر وكذلك محطة رأس الأرض (Z6) وسجلت (40) ميكروجرام/لتر.

النتائج والتوصيات

النتائج

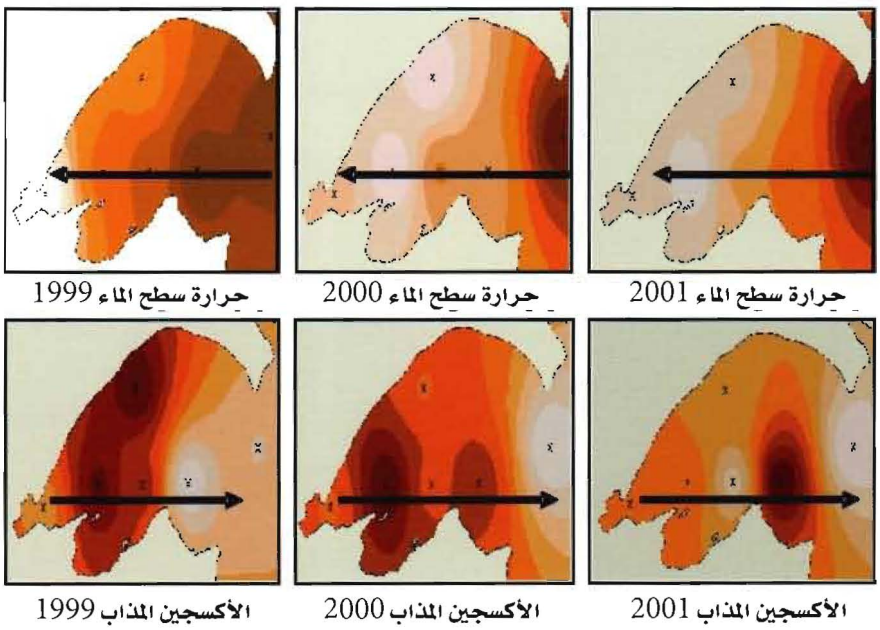
إن علاقة المتغيرات البيئية فيما بينها من جهة وعلاقة المتغيرات البيئية بالمتغيرات المناخية من جهة أخرى قد بينت صعوبة السيطرة على مخرجات تلك العلاقات المتشعبة جداً والتي تتطلب المزيد من الدراسات التفصيلية و النمذجة الرياضية. والبيانات التي تم تجميعها ونتائج التحاليل التي خرجت بها الدراسة مكنتنا من الخروج بمجموعة من الاستنتاجات الخاصة وهي كما يلي:

- وجود علاقة طردية بين درجة حرارة سطح الماء والأمونيا، حيث أن زيادة درجات حرارة سطح الماء يقابلها زيادة في الأمونيا في أشهر الصيف.
- وجود علاقة عكسية بين درجة حرارة سطح الماء والأكسجين المذاب، حيث أن زيادة درجات حرارة سطح الماء يقابلها نقصان في قيم الأكسجين المذاب بالماء خصوصا في أغسطس

دمج نتائج التصنيف مع بيانات المتغيرات البيئية باستخدام تقنيات نظم المعلومات الجغرافية

تم دمج نتائج التصنيفات المحصل عليها من المرحلة الأولى أعلاه مع طبقات بيانات المتغيرات البيئية وطبقات المواقع علي شكل (Shape Files) من خلال استخدام برنامج (ArcGIS). وأخيراً تم العمل بخطوات التفسير و كشف التغيرات بين مرئيات الدراسة وحساب المساحات ونسبة التغير ما بين سنوات الدراسة. والشكل (5) يمثل التغيرات التي حدث بين عامي 1999 و2003 (Image Difference). أما الشكل (6) فيبين عملية التحليل الجغرافي للمؤشرات البيئية، وخاصة مؤشري درجة حرارة سطح الماء والأكسجين المذاب بالماء. كما يبين اتجاهات الزيادة والنقصان في قيم هذين المؤشرين كنموذج.

شكل 5. عملية الطرح بين المرئيتين (Image Difference) 1999 و 2003
©EOSAT 19992003--KISR/Processed at AGU



شكل 6. تمثيل المتغيرات البيئية جغرافيا ومقارنتها مع بعضها البعض

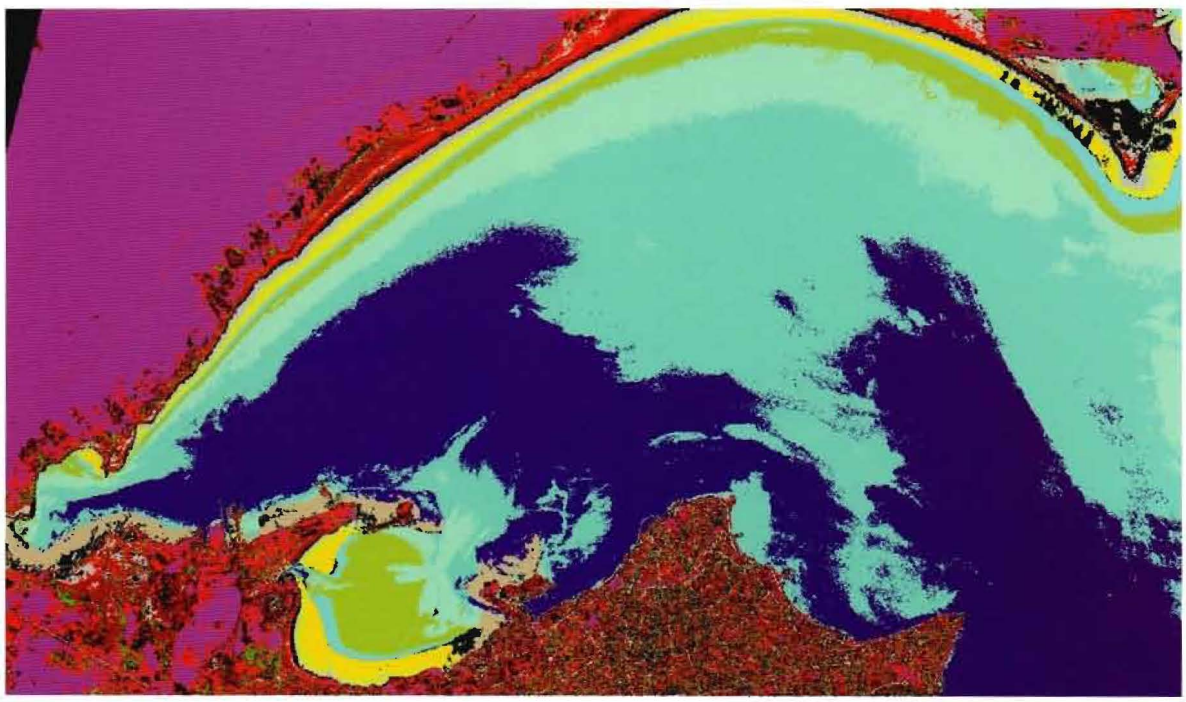
الفوسفاتية فإن ذلك يؤدي إلى أضرار بالغة من أهمها عملية الإثراء الغذائي (Eutrophication). حيث تنمو النباتات المائية بشكل كثيف على سطح الماء ومن ثم تستهلك الأكسجين المذاب عند تحللها مؤدية لإختناق الأسماك ونفوقها (الطيب وجرار، 1988). ونلاحظ إرتفاع قيم الفوسفات في شهور الصيف خصوصاً في شهر أغسطس. ونلاحظ بأن محطات الشويخ (Z4) ورأس عجوزة (Z5) ورأس الأرض (Z6) سجلت أعلى قيم بالترتيب التالي (72.5 و 70.6 و 40.6) في شهر أكتوبر عام 1999.

طريقة ومنهجية العمل

في هذه الدراسة تمت الاستعانة بتقنيات الاستشعار عن بعد، التي تعد من أفضل الوسائل لدراسة البيئة البحرية والتعرف على خصائصها، بالإضافة إلى تطبيقاتها في رصد وتتبع الظواهر والتغيرات البيئية مثل ظاهرة نفوق الأسماك من خلال استخدام برنامج (Imagine ERDAS) لتحليل ومعالجة المرئيات الفضائية لمنطقة الدراسة (العنقري، 1986؛ ليلساند وكيفر، 1994؛ العنقري، 1990). وكذلك تمت الاستعانة بتقنيات نظم المعلومات الجغرافية لإدخال وتخزين وتحليل البيانات ونتائج المرئيات باستخدام برنامج (ARC GIS) (عزيز، 2000؛ Al-Ali، 2002؛ Ait Belaid، 2004). وبصفة عامة منهجية العمل تشمل عدة مراحل وهي: 1) معالجة وتصنيف المرئيات الفضائية المختارة باستخدام تقنيات الاستشعار عن بعد؛ 2) دمج بيانات المتغيرات البيئية مع نتائج المرئيات الفضائية باستخدام تقنيات نظم المعلومات الجغرافية؛ 3) التحليل الاحصائي للمتغيرات البيئية.

معالجة وتصنيف المرئيات الفضائية باستخدام تقنيات الاستشعار عن بعد

تم اختيار مرئيتين فضائيتين وتم عمل التصحيحات الراديومترية والهندسية لها. و تم استخراج منطقة الدراسة من إجمالي المرئيات (Subset) واختيار الأصناف وعمل التصنيف البصري (Photo-interpretation). التصنيف البصري يعني تفسير المرئيات بصرياً للتعرف على الظواهر المختلفة التي يمكن تمييزها والحكم على معناها الحقيقي وما تمثله على سطح الأرض تبعا للاختلافات في درجات اللون في المرئية الفضائية (الرويلي وآخرون، 2004). وقد تم اختيار المناطق المتشابهة لتحديد الأصناف وبحسب المعلومات الميدانية وبعد ذلك تم إعطاء ألوان مختلفة لكل نوع (الطين، الرمال، التربة، مياه عميقة ومياه ضحلة...إلخ). أما التصنيف الأتوماتيكي فيشمل التصنيف الغير موجه (Unsupervised Classification) وهو لا يعتمد على معرفة الباحث بالمنطقة، والتصنيف الموجه (Supervised Classification) المعتمد على الخبرة المسبقة للباحث عن منطقة الدراسة. وأخيراً تم عمل الخطوات التالية: تبسيط الخرائط من واقع المعالجات السابقة، ربط طبقات المعلومات، كتابة بيانات وعناصر الخريطة بالمرئيات. الشكل(4) يبين التصنيف الغير موجه



شكل 4. التصنيف الغير موجه (Unsupervised Classification) للمرئية الفضائية لعام 1999.
© EOSAT 1999- KISR/ Processed at AGU

جدول 2. . المتوسط الشهري لدرجات حرارة سطح الماء (درجة مئوية) لجميع المحطات والأشهر في جون الكويت

	1999			2000			2001		
	أغسطس	سبتمبر	أكتوبر	أغسطس	سبتمبر	أكتوبر	أغسطس	سبتمبر	أكتوبر
مديرة (Z1)	32.16	29.64	27.1	33.32	28.73	27	34.18	29.5	27.55
الدوحة (Z2)	31.67	29.55	27.3	33.02	28.9	---	34.58	29.37	27.61
رأس شيرج (Z3)	32.29	29.4	27.5	33.42	28.74	---	34.18	29.81	27.29
الشويخ (Z4)	32.45	29.47	27.6	34.14	29.04	---	33.96	29.55	27.82
رأس عجوزة (Z5)	32.73	29.35	27.7	33.74	29.01	---	33.83	29.95	28.07
رأس الأرض (Z6)	32.69	29.23	27.3	33.19	29.4	26.19	34.12	31.16	28.77

المصدر: الهيئة العامة للبيئة (2002 أ)

الأكسجين المذاب بالماء

الأكسجين المذاب بالماء يتأثر بعدة عوامل طبيعية متعددة منها عمق المياه (أو ضحالتها) ودرجة حرارتها والضغط الجوي والرطوبة وحركة الأمواج والتيارات البحرية ومدى وفرة الكتلة البيولوجية النباتية من طحالب وهوائم نباتية. يجب أن تكون نسبة الأكسجين المذاب أعلى من 4 مليجرام لكل لتر بالماء لضمان استمرار حياة الأسماك (اليماني وآخرون، 2004). ومن المعروف بأن الأكسجين يذوب بالمياه الباردة بدرجة أكبر من ذوبانه بالمياه الدافئة، لذا فإن المياه في الشتاء تحتوي على تركيز أعلى من الأكسجين المذاب عنها في الصيف (Roberts، *et al.* 2005). ونلاحظ انخفاض قيم الأكسجين المذاب في معظم المحطات حيث قاربت الحد الأدنى اللازم لاستمرارية حياة الأسماك (4 مليجرام لكل لتر ماء). وفي محطة الشويخ تحديداً بلغت 3.9 مليجرام لكل لتر ماء في شهر سبتمبر عام 2001.

الأس الهيدروجيني

ويتأثر الرقم الهيدروجيني لمياه البحر بالزيادة والنقصان بسبب تصريف مخلفات صناعية أو منزلية ذات طبيعة حمضية أو قلوية، أو حتى بسبب هبوط الأمطار الحمضية. ونظراً لعدم تحمل الأسماك العيش في مياه يزيد فيها الأس الهيدروجيني عن (9) وما قد ينتج عن ذلك من زيادة في درجة السمية لبعض المواد مثل الأمونيا (أبوشوشة، 1994). ونلاحظ بصفة عامة إرتفاع قيم الأس الهيروجيني في فصول الشتاء، حيث سجلت القيمة (9.39) في محطة الدوحة (Z2) في يناير عام 2002 وسجلت القيمة (9.1) في نفس المحطة في ديسمبر عام 2001.

الكلوروفيل

الكلورفيل مادة كيميائية ذات تركيب كيميائي محدد ولها لون أخضر وتتواجد في أوراق النباتات الخضراء وهي أساسية في تفاعلات عملية البناء الضوئي. والكلوروفيل مؤشر مهم في عملية تحديد كمية نمو النباتات في المياه. وفي الكويت يبلغ مدى متوسطات الكلوروفيل ما بين 2 إلى 9 مايكروجرام لكل لتر وتبلغ أدنى قيمة 0.02 وأعلى قيمة 30 مايكروجرام لكل لتر. وفي فصل الشتاء ترتفع نسبة الكلوروفيل في المياه الإقليمية وكذلك بالجون (المزيني، 1998). ونلاحظ بأن قيم الكلورفيل تراوحت بين أدنى تركيز (0.14) سجل في محطة الشويخ (Z4) في أغسطس عام 2000 وبين أعلى قيمة (6.5) سجلت في محطة رأس عجوزة (Z5) في أكتوبر عام 2001. وإجمالاً فإن قيم الكلورفيل في أغسطس عام 2001 كانت مرتفعة في جميع المحطات مقارنة مع جميع المحطات في باقي أشهر وسنوات الدراسة.

الأمونيا

بالنسبة للأسماك فإن وجود الأمونيا وأملاحها بكميات كبيرة في الماء يسبب حدوث أعراض خارجية تتمثل في فقدان لون نهايات الزعانف ومن ثم إهترائها مع وجود إفرازات مخاطية كثيفة على الجلد ونزف الدم من الخياشيم، وكذلك أعراض داخلية تتمثل في تأثر الجهاز العصبي مما يؤدي لتشنجات وقفزات السمك مع تحلل الدم الذي يعقبه النفوق (المزيني، 1998). في عام 1999 سُجلت أعلى قيمة للأمونيا وبلغت (119) في محطة مديرة (Z1) في شهر يوليو، ثم محطة رأس عشيرج (Z3) وسجلت ثاني أعلى قيمة (91) تلتها محطة الدوحة (Z2) في شهر يونيو، وسجلت ثالث أعلى قيمة (52)، ويلاحظ بأن جميع القيم المرتفعة كانت بالصيف.

الفوسفات

تحتاج الكائنات الحية إلى الفوسفات من أجل البناء والنمو ولكن عندما تتلوث المسطحات المائية بتراكيز عالية من المواد

مئوية (الهيئة العامة للبيئة، 2002 أ). وتوجد بالكويت أيضا 3 محطات لمعالجة الصرف الصحي منها محطتين داخل منطقة جون الكويت هما محطتي الجهراء والعارضية. وقد تم تصريف حوالي 321000 م^3 باليوم أي ما يعادل 93% من المياه المعالجة (ميساك وآخرون، 2000). والسواحل الكويتية تم تقسيمها من حيث درجة التلوث بالبكتيريا القولونية نتيجة مياه الصرف الصحي إلى 3 أقسام: مواقع ملوثة بدرجة عالية وهي منطقة جون الكويت، ومواقع ملوثة بدرجة متوسطة ومناطق ملوثة بدرجة أقل (معهد الكويت للأبحاث العلمية، 1989؛ المزيني، 1997؛ المزيني، 1998). يبين الشكل (3) بعضا من هذه الأنشطة البشرية التي لها علاقة بموت الأسماك ونلاحظ عملية ربط هذه الأنشطة علي شكل طبقات في نظام المعلومات الجغرافي المستعمل (ArcGIS). في المجمل هناك 30 طبقة من أصل 84 طبقة، وتشمل هذه الطبقات موقع الدراسة ومحطات الرصد والمتغيرات البيئية (المطر وآخرون، 2003).

المتغيرات البيئية ذات العلاقة بنفوق الأسماك

تقوم الهيئة العامة للبيئة برصد 22 متغيراً بيئياً من خلال 13 محطة منتشرة بدولة الكويت ومن بينها 6 محطات تقع داخل جون الكويت. ومن بين المتغيرات البيئية المختارة للدراسة درجة حرارة سطح الماء والآس الهيدروجيني والأكسجين المذاب بالماء والكلوروفيل والأمونيا والفسفات، والفترة الزمنية المختارة هي أشهر أغسطس وسبتمبر وأكتوبر لأعوام 1999 و2000 و2001. لقد تم استنباط هذه المعطيات من قاعدة بيانات الهيئة العامة للبيئة والتي تشمل الفترة ما بين عام 1983 حتي عام 2001 (أنظر جدول (1) الذي يعطي المعدلات الشهرية لدرجة حرارة سطح الماء لمحطة نموذجية تسمي مديرة (Z1)).

جدول 1. المعدلات الشهرية لدرجات حرارة سطح الماء (درجة مئوية) لمحطة مديرة (Z1) للفترة (1983-2001).

YEAR	JAN	FEB	MAR	APR	MAY	JUN	JUL	AUG	SEP	OCT	NOV	DEC
1983	14.5	13.1	12.4	19.5	26.5	28.5	29.5	29	25.7	21.1	21.8	14.3
1984	13.2	15.6	19.5	23.8	25.5	25.4	26.7	28.5	27.7	20.9	19.2	13.2
1985	14.3	13.4	16.4	25.3	28	32.8	32.9	35.5	35.2	25.7	22.6	18.9
1986	16.4	19.4	17.5	23.4	25.7	28.9	30.4	30.5	31	27.5	17.5	16.5
1987	---	16.7	17.7	22.4	25.9	27.7	28.4	34	28.2	26.6	20.3	17.2
1988	14.1	15.6	17.7	24.4	25.7	30	29.3	30.9	28.9	27.8	17.5	17.4
1989	11.4	12.6	18.4	23.8	25	23.9	29.4	29.6	28.9	25.2	20.9	15.9
1990	12.7	15.5	16.8	23.1	26.8	---	---	---	---	---	---	---
1991	---	---	---	---	---	---	---	---	---	25.7	21.1	15.4
1992	10.9	12.9	13.8	22	27.4	28	29.8	31.9	32.2	26	22.6	16
1993	12	13.4	17.4	20.5	24.8	27.7	27.9	29	29.5	26.4	20.5	17.8
1994	16.2	16.5	16.2	21.7	23.7	27.7	29.8	29.4	30.9	29.2	21.4	18.7
1995	17.1	15.8	19.3	21.9	23.6	30.5	27.6	29.5	30.9	25.4	21.2	15
1996	16.1	14.5	18.89	22.1	28.4	29.51	---	30.65	31.97	24.83	21.66	17.86
1997	---	12.36	17.08	18.84	28.41	28.79	27.51	25.5	29.34	27.36	20.81	17.46
1998	13.86	14.2	15.8	25.74	27.8	---	30.09	32.85	31.33	24.99	21.97	18.53
1999	15.84	15.95	18.17	20.92	27.38	30.93	29.49	32.16	29.64	27.1	16.1	16.3
2000	13.5	14.2	15.2	24.4	26.5	---	31.5	33.32	28.73	---	20.09	18.3
2001	14.7	14.5	19.53	24	25.7	27.5	28.76	34.18	29.5	27.55	---	15.37

المصدر: الهيئة العامة للبيئة (2002 أ)

درجة حرارة سطح الماء

تعتبر درجة حرارة سطح الماء العامل المشترك في جميع حالات نفوق الأسماك. وفي المياه الكويتية يكون التغير في درجة حرارة سطح الماء ضئيلا جداً خلال اليوم الواحد وعادة ترتفع درجة حرارة مياه البحر في شهري أغسطس وسبتمبر من كل عام. ومن المعروف بأن الأسماك تقوم بتنظيم سلوكها الحراري بالاتجاه صوب المياه التي تكون درجة حرارتها مناسبة للتكاثر. وفي الصيف يساهم الإرهاق الحراري بزيادة حوادث أمراض الأسماك وظهور الطفيليات وقلة النضج الجنسي وقلة إنتاجية الطحالب (معهد الكويت للأبحاث العلمية، 2001؛ Alrifaie, *et al.* 2002). نلاحظ أن أعلى ارتفاع حرارة سطح الماء بلغت 34.58 درجة مئوية في شهر أغسطس عام 2001 في محطة الدوحة كما ظلت باقي المحطات مرتفعة أيضا عن المعدل. الجدول(2) يعطي المتوسط الشهري لدرجة حرارة سطح الماء لأشهر أغسطس وسبتمبر وأكتوبر للأعوام 1991 و 2000 و2001 ولجميع محطات جون الكويت.

الكيميائية الكويتية، 1997). والنفوق في عام 1999 بدءبنفوق الأسماك بالسواحل الإيرانية وسار مع حركة دوران المياه بالخليج (المنظمة الإقليمية لحماية البيئة البحرية، 2000) واستمر لفترة أسبوعين (Heil، *et al.* 2001).

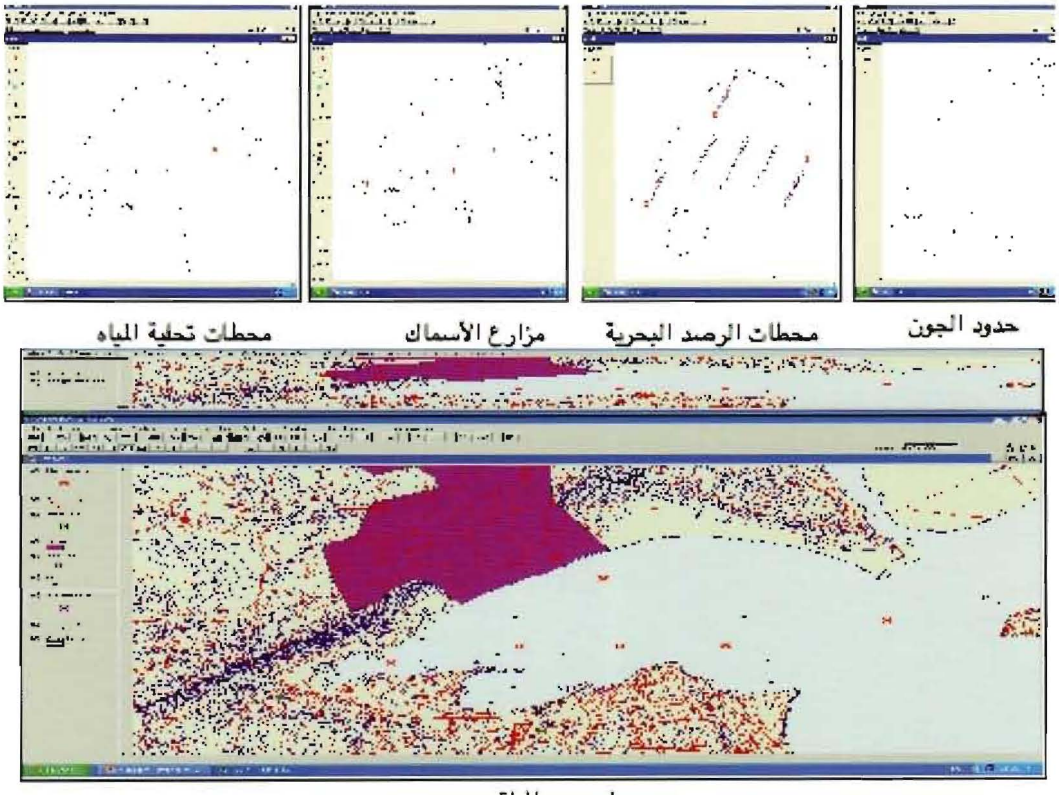
ظاهرة نفوق الأسماك لعام 2001

في شهر أغسطس عام 2001 حدثت أكبر حادثة نفوق للأسماك (سمك الميد) في دولة الكويت حيث بلغت الكمية حوالي 2600 طن وهو ما يعادل الإنتاج السمكي من سمك الميد لمدة عامين (شكل 2). وأشارت التقارير إلى أن أسباب النفوق كان تكاثر بكتيريا من نوع (Streptococcus) وعدم توازن البيئة داخل جون الكويت نتيجة تأثر بعض المؤشرات البيئية وخروجها عن معدلاتها المحتملة ونتيجة توفر ظروف مناخية قاسية كالرطوبة والحرارة المرتفعتين. وأيضا نتيجة توفر عدة عوامل ساهمت ببروز النفوق كحرارة المياه العالية وارتفاع تركيز المغذيات مما أدى لنشاط البكتيريا وبالتالي إلى نقص الأكسجين المذاب بالماء. ومع استمرارية هذا الوضع لفترة طويلة ونتيجة لرمي مخلفات صلبة بالجون أدى ذلك لازدياد الضغط على الأسماك وبدأت الأسماك ضعيفة المناعة بالنفوق واستمرت العدوى البكتيرية بالتزايد وبالتالي تزايد أعداد الأسماك النافقة (Gilbert، *et al.* 2002 a; 2002 b).

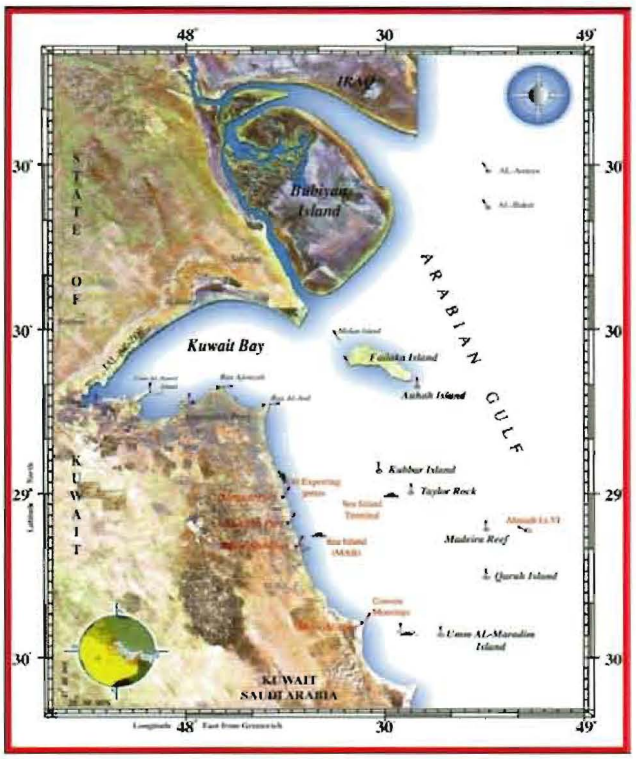
شكل 2. نفوق الأسماك في جون الكويت خلال عام ٢٠٠١.

الأنشطة البشرية ذات العلاقة بنفوق الأسماك

توجد في منطقة جون الكويت 4 محطات لتوليد الطاقة الكهربائية وتقطير المياه وهي محطتي الدوحة الشرقية والغربية ومحطة الشويخ ومحطة الصبية. وهناك طريقتين لاستخدام مياه البحر في عمليات توليد الطاقة: الأولى ويتم فيها استخدام مياه البحر في تبريد وحدات إنتاج الطاقة الكهربائية والتي تحوي بقايا الكلورين المحقون بمآخذ مياه البحر؛ والثانية باستخدام المياه المركزة الخارجة من وحدات تقطير المياه وهي مياه مالحة مركزة ويبلغ تركيزها ما بين 36000 و 70000 جزء من المليون ودرجة حرارة تتراوح ما بين 30 و 40 درجة



شكل 3. ربط الأنشطة البشرية علي شكل طبقات باستخدام تقنيات نظم المعلومات الجغرافية.



شكل 1. موقع جون الكويت.

المصدر: الهيئة العامة للبيئة (٢٠٠٢).

الخصائص المناخية

دولة الكويت ذات مناخ صحراوي جاف يمتاز بارتفاع درجة الحرارة صيفاً وانخفاضها شتاءاً. حيث تبلغ أعلى درجة حرارة 45.3 في شهر يوليو بينما تبلغ أدنى درجة حرارة 7.4 في شهر يناير. ويبلغ المعدل السنوي للحرارة ما بين 18.8و32.7 درجة مئوية للفترة (1957-2002) حسب مصادر قطاع الإحصاء والمعلومات (2001). وتهب الرياح غالبا من الشرق والجنوب الشرقي ويظهر أثرها واضحا مع ارتفاع درجة الحرارة حيث يصل متوسط سرعة الرياح إلى 5.7 متر بالثانية. وتصل الرطوبة العظمى إلى 87% في الشتاء وتنخفض الرطوبة الصغرى إلى 7% في الصيف. وتتميز دولة الكويت بقلة أمطارها وتباين كمية أمطارها من عام لآخر ومن شهر لآخر ويبلغ المعدل السنوي لسقوط الأمطار 110 ملم.

الخصائص الساحلية والبحرية

تتصف دولة الكويت بطبوغرافية بسيطة حيث يتدرج الارتفاع من الخليج العربي شرقا إلى الجنوب الغربي و يبلغ أقصى ارتفاع 276 متراً فوق سطح البحر (ميساك وآخرون، 2000). وتعتبر المياه البحرية الكويتية ضحلة نسبياً ويزداد عمقها باتجاه الجنوب الشرقي ليصل إلى 30 متراً ويبلغ طول السواحل حوالي 500 كم منها 134 كم تمثل ساحل جون الكويت (المنظمة الاقليمية لحماية البيئة البحرية، 2000).

تعتبر السواحل الكويتية نموذجا مميزا حيث تتمثل فيها كافة الظواهر الطبوغرافية، فهناك الشواطئ الرملية، و مسطحات الطمي و الشواطئ الصخرية الكلسية الصلبة، وكذلك السبخات والخيران وشواطئ الشعاب المرجانية (الصرعاوي والدعيج، 1995). وتنقسم البيئة البحرية الكويتية وفقا لدرجة حساسيتها إلى ثلاثة أقسام: مناطق شديدة الحساسية (جون الكويت) ومناطق متوسطة الحساسية ومناطق أقل حساسية (العباد، 1998؛ Marmoush، *et al.* 2000).

ظاهرة نفوق الأسماك في جون الكويت

ظاهرة نفوق الأسماك تحدث بسبب مجموعة من العوامل البيئية المتداخلة وقد بينت الدراسات السابقة أن أسباب النفوق كان إما التلوث الحراري وهو تدفق المياه الحارة من محطات تحلية المياه، أو نتيجة احتواء المياه على تركيز مرتفع من الكلور، أو نتيجة خروج بعض المتغيرات البيئية عن معدلاتها مما يتسبب بتنشيط البكتيريا التي بدورها تتسبب بنفوق الأسماك، إضافة إلى تكون طحالب أو هوائم مائية.

الإجهاد البيئي المتمثل في التغير في الخواص الفيزيائية للمياه مثل ارتفاع درجة سطح الماء وانخفاض الأكسجين المذاب بالماء وزيادة الملوثات الكيميائية والبيولوجية يؤدي إلى إضعاف نظام مناعة الأسماك التي تعيش في هذه البيئة المجهدة. وهذا الانخفاض في نظام مناعة الأسماك يختلف من نوع لآخر (الميد، والشعم) ومن مرحلة عمرية لأخرى في النوع الواحد. وكمثال فان الارتفاع المستمر في حرارة سطح الماء في منطقة جون الكويت الضحلة والانخفاض المستمر في الأكسجين المذاب بالماء يؤدي إلى فقدان الأملاح من دم السمكة وبالتالي يؤدي إلى فقدان خاصية الاحتفاظ بالماء داخل الدم ومع استمرارية نقص الأكسجين المذاب فان مستوى هرمون (الكورتيزون) بدم السمكة يرتفع وهذا بدوره يخفض من أعداد كريات الدم البيضاء المسئولة عن إنتاج الأجسام المضادة، مما يؤدي إلى انهيار النظام المناعي للأسماك وتصبح عرضة للأمراض (أبو شوشه، 1994).

ظاهرة نفوق الأسماك لعام 1999

نفوق الأسماك لعام 1999 في جون الكويت كان بسبب تكاثر الطحالب الضارة (ظاهرة المد الأحمر) ونتج عنها نفوق أكثر من 30 طن من سمك الميد. وبينت النتائج أن تكاثر الطحالب كان نتيجة إلقاء المخلفات الصناعية من مصانع قريبة حيث تعتبر هذه المخلفات غذاءاً مناسباً للطحالب. إضافة إلى إلقاء المصانع للماء المالح ذو التركيز العالي وذو حرارة بلغت 41 درجة مئوية وهي أعلى من متوسط حرارة مياه جون الكويت ما بين 16 و31 درجة مئوية (الجمعية

August, September, and October of 1999, 2000 and 2001. The methodology consists of four phases: 1) a geographical study of Kuwait Bay; 2) statistical analysis of the biophysical indicator database; 3) satellite imagery processing using RS techniques; and finally 4) Integration of RS results with biophysical indicator database using GIS techniques. The first phase revealed that Kuwait Bay has suffered from many environmental challenges. Phase two pointed out that SST has exceeded the maximum standard average, while DO at the opposite exceeded the minimum standard average. The third phase, analyzing images using ERDAS Imagine software, produced two land use/cover maps for 1999 and 2003 with statistical inventory of land use. Changes occurrINGed between 1999 and 2003 were estimated using ArcGIS software. The same process was replased using image differencing technique, proving deep water areas have decreased and shallow water areas increased in the south of Kuwait Bay. These specific areas are characterized also by high SST and low DO, and simultaneously correspond to locations of fish kill accidents happening in 1999 due to "Red Tide" and in of 2001 due to "Streptococcus Bacteria".

In conclusion, the study proved integrating GIS and RS techniques, along with biophysical indicators suitable for handling and monitoring the fish kill phenomenon in Kuwait Bay

Keywords: *Kuwait Bay, fish kill, Remote Sensing (RS), Geographic Information Systems (GIS), biophysical indicators.*

المقدمة وأهداف الدراسة

تعرضت منطقة جون الكويت لسلسلة من الضغوط البشرية، والمناخية، والبيئية جعلتها في حالة عدم استقرار على مدى الثلاثين سنة الماضية متمثلة في:

-الضغوط الإقليمية متجلية في الحروب الثلاث التي وقعت في شمال الخليج العربي أمام مدخل جون الكويت (الحرب الإيرانية- العراقية 1982-1988، حرب تحرير الكويت 1991، حرب العراق 2003).

-الضغوط البشرية متمثلة في النشاطات الصناعية والتجارية والترفيهية والاقتصادية على سواحل جون الكويت (اليماني وآخرون، 2001).

-الضغوط المناخية متمثلة في ارتفاع درجات حرارة سطح الماء والرطوبة والتغير في سرعة الرياح.

-الضغوط البيئية وهي حرجة بطبيعتها مثل ضحالة مياه جون الكويت وتأثر الأحياء الدقيقة بالرسوبيات والعوالق والطحالب ونشاط عمليات البناء الضوئي والتحلل اللاهوائي في قاع مياه جون الكويت (الهيئة العامة للبيئة، 2002 أ و 2002 ب؛ اليماني وآخرون، 2004).

اعتمدت الدراسة على استحداث قاعدة بيانات لمنطقة الدراسة تشمل بيانات المؤشرات البيئية للأشهر أغسطس وسبتمبر وأكتوبر خلال الأعوام 1999و 2000 و2001 وتحليل مرئيتين فضائيتين لعامي 1999 و2003 باستخدام تقنيات الاستشعار عن بعد وبعد ذلك تم دمج النتائج باستخدام تقنيات نظم المعلومات الجغرافية. وتسعى الدراسة للاستفادة من التقنيات الحديثة (الاستشعار عن بعد ونظم المعلومات الجغرافية) في فهم العلاقة ما بين ارتفاع درجة حرارة سطح الماء وانخفاض الأكسجين المذاب بالماء مع التغير في ضحالة مياه الجون نحو الزيادة خصوصا في منطقة جنوب جون الكويت، حيث تتمركز مناطق نفوق الأسماك وخاصة في عامي 1999 و 2001.

خصائص منطقة جون الكويت

الخصائص الجغرافية

تقع دولة الكويت على الساحل الشمالي الشرقي للجزيرة العربية بين خطي عرض ´45 °28 و ´05 °30 شمال خط الاستواء وخطي طول ´30 °46 و ´30 °48 شرق خط (Greenwich) وتبلغ مساحتها 17818 كم^2 بينما يبلغ طول حدودها حوالي 685 كم منها 195 كم حدود بحرية (شكل 1). جون الكويت يغطي مساحة 750 كم^2 (يعادل 5% من مساحة دولة الكويت) ويتميز بخصائص فريدة على اعتبار أنه نقطة التقاء بين النظام البيئي في البحر مع النظام البيئي على اليابسة وأحد أهم مصادر الترفيه في البلاد ويحوي جذور تاريخية ومناطق تراثية ومواقع انطلاق سفن صيد اللؤلؤ وسفن التجارة ويعتبر المصدر الوحيد لثروة الكويت بالماضي. إضافة لأهميته الكبرى من النواحي الجيولوجية والبيولوجية ووفرة الكائنات الحية فيه (الهيئة العامة للبيئة، 2002 أ). ويعتبر كذلك منطقة حضانة لبعض الأسماك الزعنفية مثل سمك الميد وسمك الشعم والطحالب البحرية والربيان وسرطان البحر (الهيئة العامة للبيئة، 1999).

Research Paper Ref. No 2550

دراسة العلاقة بين ظاهرة نفوق الأسماك والمؤشرات البيئية بمنطقة جون الكويت باستخدام تقنيات الاستشعار عن بعد ونظم المعلومات الجغرافية

Studying the Relationship between Fish Kill Phenomenon and Biophysical Indicators in Kuwait Bay Using RS and GIS Techniques

محمد الحربي [1] و محمد أيت بلعيد [2]

Mohamed Al-Harbi and Mohamed Ait Belaid

[1] معهد الكويت للأبحاث العلمية. ص.ب 24885. الصفاة 13109. الكويت

[2] جامعة الخليج العربي، ص.ب 26671، المنامة، مملكة البحرين

E-mail: belaid@agu.edu.bh

المستخلص: تهدف هذه الدراسة إلى استخدام تقنيات الاستشعار عن بعد ونظم المعلومات الجغرافية في دراسة العلاقة بين ظاهرة نفوق الأسماك في منطقة جون الكويت والمؤشرات البيئية: حرارة سطح الماء والأس الهيدروجيني والأكسجين المذاب والكلوروفيل والأمونيا والفوسفات. واعتمدت الدراسة على تحليل مرئيتين فضائيتين في عامي 1999 و2003 لمنطقة جون الكويت أخذت من القمر الصناعي) (Landsat-TM وعلى التحليل الاحصائي للبيانات الخاصة بمحطات الرصد البحرية، التابعة للهيئة العامة للبيئة، داخل جون الكويت وتحديداً بيانات المؤشرات البيئية لأشهر أغسطس وسبتمبر وأكتوبر من السنوات 1999 و2000 و 2001. وشملت المنهجية المتبعة في الدراسة أربع مراحل وهي: 1) دراسة جغرافية منطقة الدراسة؛ 2) دراسة بيانات المؤشرات البيئية لجميع محطات الرصد الواقعة داخل جون الكويت؛ 3) تجميع واختيار ومعالجة وتحليل المرئيات الفضائية الخاصة بمنطقة الدراسة باستخدام تقنية الاستشعار عن بعد؛ 4) تجميع وتحليل نتائج المرئيات وبيانات المحطات باستخدام تقنية نظم المعلومات الجغرافية. واتضح من الدراسة الجغرافية تعرض منطقة الدراسة لمجموعة ضغوط بيئية قاسية، كما تبين من دراسة بيانات المتغيرات البيئية وجود ارتفاع لدرجات حرارة سطح الماء عن معدلاتها وكذلك انخفاض لنسب الأكسجين المذاب بالماء قريبة جدا من الحد الأدنى اللازم لحياة الأسماك في منطقة الدراسة. وأيضا تمكنا عن طريق معالجات وتحاليل كثيرة للمرئيات الفضائية باستخدام برنامج (ERDAS Imagine) الخاص بتقنية الاستشعار عن بعد من انتاج خرائط استخدامات الأراضي لعامي 1999 و2003 ومعرفة مساحة كل نوع وكذلك قياس نسبة التغير ما بين الفترتين. وفي المرحلة الأخيرة تمكنا من دمج هذه النتائج باستخدام برنامج (ArcGIS) الخاص بتقنية نظم المعلومات الجغرافية وتم التوصل لكشف التغيرات ما بين سنوات الدراسة وانتاج خرائط توضحها. وقد ثبت وجود نقص في المناطق العميقة وزيادة في ضحالة المياه في منطقة جنوب جون الكويت والتي شهدت أيضا ارتفاعا في درجات حرارة سطح الماء عن معدلاتها وكذلك انخفاضا في نسب الاكسجين المذاب، وهي نفس مناطق نفوق الأسماك في عامي 1999 و2001. وفي الختام تبين الدراسة ان استخدام تقنيات الاستشعار عن بعد ونظم المعلومات الجغرافية مع توفر المؤشرات البيئية يساعد على ايجاد حلول مناسبة للتصدي ومراقبة ظاهرة نفوق الأسماك في منطقة جون الكويت.

كلمات مدخلية: *جون الكويت، نفوق الأسماك، الاستشعار عن بعد، نظم المعلومات الجغرافية، المؤشرات البيئية.*

Abstract: The study focuses on examining Fish kill Phenomenon using Geographic Information Systems (GIS) and Remote Sensing (RS) techniques to investigating relationships between biophysical indicators (SST, PH, DO, chlorophyll, ammonia, phosphate) in Kuwait Bay. The study was based on analyzing two satellite images Landsat-TM, taken in 1999 and 2003 and the database composed by the Environmental Protection Authority (EPA) marine data/observations taken in