البحوث والدراسات

تحليل التغيرات المكانية للبيئات البحرية في خليج الكويت باستخدام تقنية الاستشعار عن بعد

د. جاسم محمد علي العلي*

ملخص:

تهدف هذه الدراسة إلى تحليل الموقع الجغرافي المتاخم للنطاق العمراني الرئيسي لخليج الكويت، وتحديد خصائص الخليج الطبوغرافية أو الباثمترية. وتركز بشكل خاص على تحليل سلسلة من مرئيات القمر الأمريكي لاندسات لسنوات متباعدة تغطي الفترة من ١٩٨٩م إلى ٢٠٠٣م وتحليل المتغيرات المكانية التي طرأت على البيئات البحرية في الفترات الزمنية المختلفة لتوضيح مدى وجود علاقات مكانية مع طبيعة الأنشطة البشرية على ساحل الخليج.

وتعتمد الدراسة على المنهج الوصفي إلى جانب منهج التحليل المكاني، هذا بالإضافة إلى تطبيق أسلوب تحليل المرئيات الفضائية لاستخلاص التغيرات البيئية البحرية، ومن ثم استخلاص المسببات المكانية التي تقف وراء المتغيرات البيئية.

مقدمة:

يمثل خليج الكويت أهمية كبيرة بالنسبة لدولة الكويت؛ حيث أدى دوراً تاريخياً بوصفه معبراً مائياً يصل بين طرق التجارة البحرية القادمة من الشرق الأقصى وطرق التجارة البرية المتجهة نحو الشواطىء الشرقية للبحر المتوسط.

لذلك تجمعت حول خليج الكويت – وبخاصة الساحل الجنوبي منه - قرى عديدة للصيادين بالقرب من الحصن الذي أنشأته قبائل بني خالد في بداية القرن الثامن عشر الميلادي، واستمر الوضع إلى عام ١٧٦٥م حيث جاءت عائلة آل

* دكتوراه في الجغرافيا البيئية ونظم المعلومات الجغرافية، جامعة مانشستر، بريطانيا، عام ١٩٩٦م، مدرس بقسم الجغرافيا، كلية العلوم الاجتماعية، جامعة الكويت.

صباح لتأسيس الكويت إمارة صغيرة تعتمد على خليج الكويت بصفته مصدراً أساسياً لأنشطة الصيد والغوص.

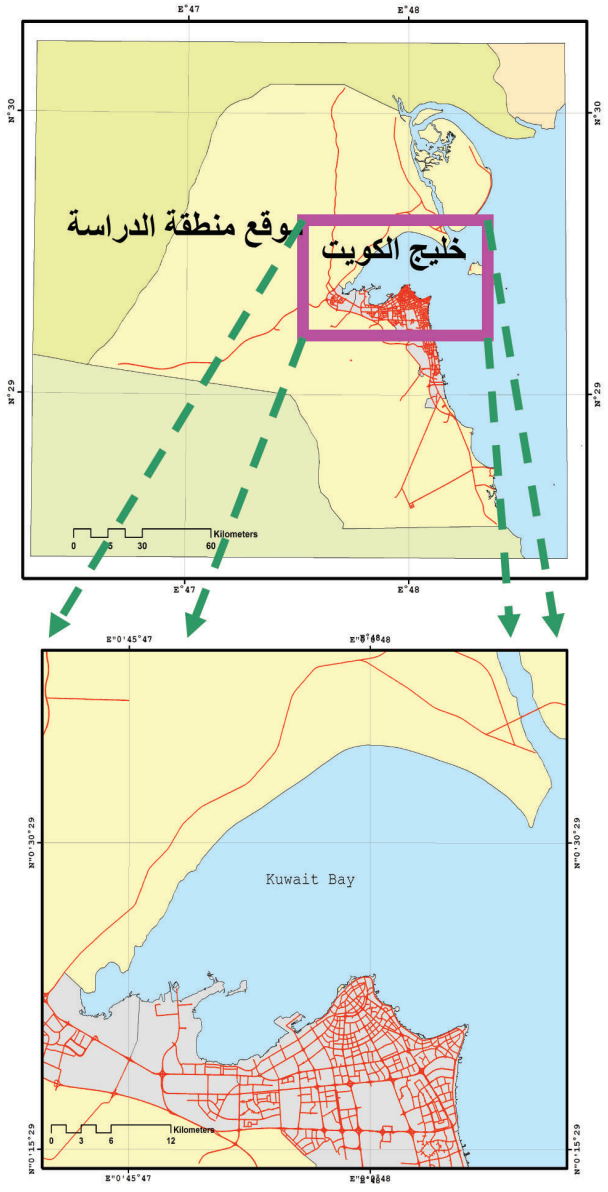
ومنذ ذلك التاريخ ازدادت أهمية خليج الكويت؛ حيث انتشرت عليه أنشطة بشرية كثيرة مثل الصناعات، وأهمها محطات تحلية المياه وتوليد الكهرباء في الشويخ والدوحة، ومراكز الخدمات الحضرية المختلفة إلى جانب النمو العمراني والحضري الكبير، وبخاصة عقب النهضة النفطية في السبعينيات والثمانينيات من القرن العشرين.

وما لبثت أن شكلت الحياة الحضرية على الساحل الجنوبي لخليج الكويت تهديداً بيئياً مباشراً، ظهرت نتائجه في تكرار ظاهرة نفوق الأسماك في عامي ١٩٩٩م، ٢٠٠١م؛ مما ترتب عليه إنشاء عدة محطات لقياس نوعية المياه ومراقبة تغيير الخصائص الأوشيونوغرافية (خصائص مياه البحر)، وسوف تعتمد الدراسة الحالية على سلسلة من مرئيات لاندسات الأمريكي في إظهار أنواع البيئات البحرية في خليج الكويت لسنوات مختلفة.

منطقة الدراسة:

يقع خليج الكويت في منتصف الساحل الشرقي لدولة الكويت بين دائرتي عرض ٢٩ْ ١٨َ و ٢٩ْ ٣٥َ شمالاً، وبين خطي طول ٤٧ْ ٤٢َ و ٤٨ْ ١٠َ شرقاً، على هيئة تجويف مقعر في اليابس في نصفه الشمالي، أما في الجنوب فمتعرج بألسنة صخرية وخلجان صغيرة مثل خليج كاظمة، وخليج الصليبخات، وخليج الدوحة، حيث يوجد ميناء الشويخ، وهو الميناء التجاري الرئيسي في البلاد، إلى جانب ميناء الدوحة في وسط الساحل الجنوبي لخليج الكويت (شكل رقم ١).

وتتركز في الساحل الجنوبي لخليج الكويت جميع الأنشطة البشرية المختلفة التي يعتمد عليها النطاق الحضري المتاخم للخليج مثل محطات تحلية المياه وتوليد الكهرباء، ومراكز خدمات حضرية كالمستشفيات، والأسواق التجارية، ومحطات تحلية المياه، ومحطة توليد الكهرباء، إلى جانب عدد من الأنشطة ونقاط تصريف المياه العادمة Waste Water.



شكل رقم (١) – منطقة الدراسة، جون الكويت (خليج الكويت)

موضوع الدراسة:

تتركز الدراسة على البيئة البحرية لخليج الكويت من حيث الخصائص الباثمترية، والأوشيونوغرافية، ومدى تأثير الأنشطة البشرية في التفاوت المكاني للبيئات البحرية في خليج الكويت، وذلك بالاعتماد على بيانات القمر الصناعي الأمريكي لاندسات الخامس للسنوات ١٩٩٩م و ٢٠٠١م و ٢٠٠٣م.

أهداف الدراسة:

تهدف الدراسة إلى ما يأتي:

١ – دراسة الخصائص الباثمترية لخليج الكويت.

٢ – تصنيف نوعي للأنشطة البشرية على ساحل خليج الكويت وأثرها البيئي.

٣ – تصنيف البيئات البحرية الرئيسة في خليج الكويت.

٤ – دراسة تحليلية للمرئيات الفضائية لاستخلاص التغيرات المكانية للبيئات البحرية في خليج الكويت.

٥ – استخلاص نتائج وتوصيات للدراسة.

تساؤلات الدراسة:

تطرح الدراسة التساؤلات التالية:

- هل هناك تغيرات مكانية على انتشار البيئات البحرية الشاطئية في خليج الكويت على أساس البعد الزمني؟
- هل هناك نمط معين للتغيير المكاني؟
- هل هناك تأثير واضح للعوامل سالفة الذكر في إحداث التغيير المكاني؟
- هل للأنشطة البشرية على ساحل خليج الكويت أثر واضح في هذا التغيير؟
- هل هناك علاقة مكانية بين التباين الباثمتري والمتغيرات المكانية للبيئات البحرية؟

منهج الدراسة وأسلوبها:

تعتمد الدراسة على المنهج الوصفي للموضوعات الجغرافية المتعلقة بمنطقة الدراسة وأنواع الأنشطة البشرية حول خليج الكويت ومنهج التحليل المكاني للمرئيات الفضائية التي تم اختيارها لهدف الدراسة، هذا إلى جانب أسلوب النمذجة الكارتوجرافية للبيئات البحرية.

ويمكن توضيح مراحل أسلوب الدراسة على النحو التالي:

١ – جمع بيانات مكتبية وميدانية عن منطقة الدراسة.

٢ – الحصول على مرئيات فضائية من القمر الأمريكي لاندسات الخامس لسلسلة من السنوات، وهي ١٩٨٩م، ٢٠٠١م، ٢٠٠٣م، وبخاصة في شهر أغسطس حيث يتم تثبيت الظروف المناخية لجميع المرئيات، وتثبيت نوع القمر مع اختلاف سنة المرئيات، مما يتيح لنا إمكانية إجراء التحليل نفسه على المرئيات الفضائية مع استبعاد أثر الاختلافات المناخية في قيم الانعكاسات الطيفية في المرئية؛ وذلك لأن المناخ في شهر أغسطس متشابه تماماً في السنوات السابقة، كما أن حالات المد لمياه الخليج تتزامن مع موعد مرور القمر الصناعي على المنطقة في نحو السادسة والنصف صباحاً. كما أن هناك مسوغاً آخر من تثبيت شهر أغسطس؛ حيث حدثت في هذا الشهر من عامي ١٩٩٩م و ٢٠٠١م، ظاهرة نفوق الأسماك، لذا من الضروري إبراز أنواع البيئات البحرية في السنتين المذكورتين والسنوات الأخرى أيضاً في الظروف المناخية نفسها.

٣ – تحليل المرئيات المختلفة وترسيم البيئات البحرية Marine Environment Types للسنوات المختلفة، وذلك بالاعتماد على برنامج معالجة المرئيات الفضائية Image Analysis الذي يعمل تحت بيئة برنامج نظم المعلومات الجغرافية المعروف باسم آركفيو، إصدار Arc/View GIS 3.2a. 3.2.

٤ – إنتاج النموذج الطبوغرافي لمنطقة خليج الكويت Digital Elevation Model (DEM) بالاعتماد على خريطة طبوغرافية للأعماق بمقياس رسم ١: ٥٠٠٠٠.

٥ – إسقاط مكاني للأنشطة البشرية المختلفة التي تحيط بخليج الكويت.
٦ – إسقاط مكاني للبيئات البحرية على النموذج الطبوغرافي لتفسير العلاقات المكانية المختلفة بين التباين التضاريسي في أعماق خليج الكويت ونوعية الأنشطة البشرية من ناحية، وبين طبيعة توزيع البيئات البحرية من ناحية أخرى.
٧ – استخلاص العلاقات المكانية.

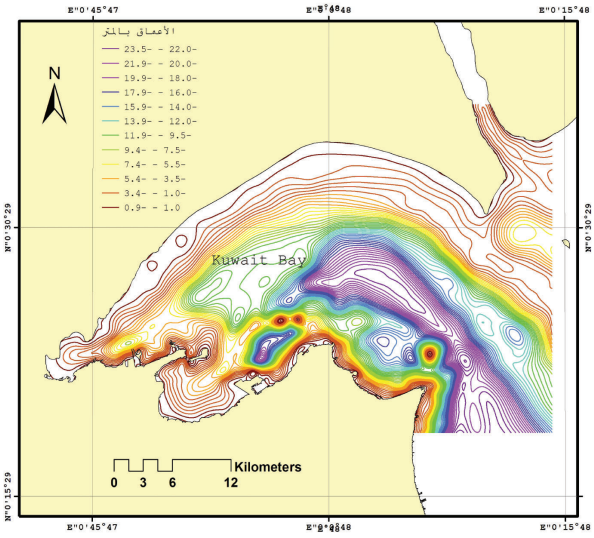
أولاً – المبحث الوصفي لمنطقة الدراسة:

١ – الخصائص الباثمترية لخليج الكويت:

يعتبر خليج الكويت بشكل عام ضحلاً (شكل رقم ٢)، باستثناء المناطق الجنوبية الشرقية منه التي لا يزيد عمقها على ٢٢ متراً. ويمكن القول: إن نسبة ٣٠ ٪ من قاع خليج الكويت ينحصر بين متر واحد ومترين، وبخاصة النطاق الشمالي، حيث تزيد المرسبات العالقة إلى جانب الامتداد الطبيعي لاتجاه العواصف الرملية التي تنتهي عند السواحل. وتنحصر مساحة تزيد على ٤٠٪ من أعماق الخليج بين مترين وعشرة أمتار وبخاصة في الوسط والنطاق الجنوبي، يتخللها بعض المنخفضات التي لاتزيد على ١٥ متراً. أما بقية المساحة – وهي ٣٠٪ – فتتباين أعماقها بين ١٥ متراً و٢٢ متراً، وهي في الغالب صناعية لغرض الملاحة إلى ميناء الشويخ، وخط الإبحار الرئيسي إلى الجزر الكويتية بدءاً من رأس الأرض في اتجاه الشرق.

ويوجد في خليج الكويت ثلاثة خلجان صغيرة تمتد من الغرب إلى الشرق، هي خليج كاظمة، وخليج الصليبخات، وخليج الشويخ، وتقع عند الأطراف الجنوبية الغربية لخليج الكويت. كما يوجد لسان صخري متميز ينتهي عند رأس عشيرج، ويقابله الجزيرة الوحيدة في الخليج، وهي جزيرة أم النمل غير المأهولة.

ويمتد داخل الخليج لسان صخري آخر، يمثل مرسى الميناء التجاري الرئيسي المعروف باسم ميناء الشويخ.



شكل رقم (٢) – الخصائص الباثمترية لجون الكويت

شكل رقم (٣) – الأنشطة البشرية على جون الكويت

٢ – الأنشطة البشرية على ساحل الجون:

توزع الأنشطة البشرية التي تتركز في الساحل الجنوبي لخليج الكويت على الأنماط التالية: (شكل رقم ٣):

١ – **محطة توليد الكهرباء في الدوحة:** وهي المحطة الوحيدة التي تنتج الطاقة الكهربائية للدولة، وتعتمد على الطاقة النفطية في الدرجة الأولى، وتقذف بجميع مخلفاتها – وبخاصة مياه التبريد – في خليج الكويت.

٢ – **محطات تحلية مياه البحر:** ويقع على خليج الكويت محطتان، هما: محطة الدوحة، ومحطة الشويخ، وتعتمدان على الطاقة النفطية وتقذفان بمياه التبريد في جون الكويت.

٣ – **المستشفيات والمراكز الصحية:** يتركز في خليج الكويت أكثر من عشرة مستشفيات رئيسة في منطقة واحدة، وهي منطقة الشويخ الصحية، إلى جانب المستشفى الأميري على ساحل منطقة شرق، وبقيت المستشفيات تقذف بجميع مخلفاتها في مياه الخليج حتى عام ١٩٩٨م، ثم حولت إلى شبكة الصرف الصحي العامة التي يتم معالجتها لاستخدامها في ري الحدائق العامة.

٤ – **المقاهي والمطاعم العامة:** يتركز في خليج الكويت أكثر من ٦٠ مقهى شعبياً ومطعماً، كان معظمها يصب المخلفات في جون الكويت قبل أن ترتبط بشبكة الصرف الصحي.

٥ – **المراكز التجارية الكبرى:** يقع على خليج الكويت مركزان كبيران، هما سوق شرق وسوق مارينا مول، وقد تم إنشاؤهما على مساحة تم ردمها من المياه البحرية، مما أثر في طبيعة البيئة البحرية المتاخمة للسوق.

٦ – **الأندية الرياضية والترفيهية:** يتركز على ساحل خليج الكويت أكثر من عشرة أندية رياضية وترفيهية، وكانت تقذف بمخلفاتها في الخليج منذ إنشائها، حتى تم تحويلها إلى شبكة الصرف الصحي عام ١٩٩٨م.

٧ – **معسكر الجيش:** يطل على خليج الكويت معسكر القوات الأمريكية الذي

يتركز على لسان صخري يمتد داخل الخليج في منطقة الدوحة، والمعسكر يقذف بكل المخلفات في خليج الكويت، وبخاصة أن المعسكر غير مرتبط بشبكة الصرف الصحي حتى تاريخ إنجاز الدراسة الحالية.

٨ – **النطاق السكني:** يمتد النطاق السكني الأساسي لمدينة الكويت على الساحل الجنوبي لخليج الكويت، حيث تظهر مخارج مياه الصرف الصحي بكثرة قبل تحويلها إلى محطات المعالجة مؤخراً.

٩ – **أنشطة صيد الأسماك:** هي الأنشطة التي تتركز في النطاق الشمالي لخليج الكويت على هيئة حظرات تزيد على عشرين حظرة، يتركز كل منها مقابل استراحة خاصة ليس لديها من وسيلة للتخلص من النفايات سوى مياه الخليج.

١٠– **سوق السمك الرئيسي:** يقع سوق السمك الرئيسي بجوار سوق شرق على الساحل الجنوبي لخليج الكويت، ومازال يعتمد على الصرف المباشر في مياه الخليج المجاورة.

٣ – تصنيف البيئات البحرية الرئيسة في خليج الكويت:

هناك عوامل عديدة تؤدي إلى تكوين بيئات بحرية متنوعة في خليج الكويت على النحو التالي:

١ – التلوث المائي الناتج عن الأنشطة البشرية المتنوعة سالفة الذكر، وبخاصة مياه الصرف الصحي التي تحتوي على عضويات وبكتيريا من شأنها أن تتحلل، وتكون العديد من البيئات البحرية والطحالب.

٢ – هجرة أنواع مختلفة من الكائنات البحرية الموجودة في المحيط الهندي إلى الخليج العربي، وتتجمع عادة في الخلجان الضيقة مثل طحلب سرجاسم Sergassum.

٣ – تأثير مياه شط العرب في البيئة البحرية على شواطىء الكويت يؤدي إلى تكوين حياة بحرية متنوعة، حيث لاتزيد المسافة بين شط العرب وخليج الكويت على ٥٠ كم.

٤ – التخلص من مياه الموازنة لناقلات النفط في مياه الخليج العربي أدى إلى انتقال كائنات دقيقة آتية من مناطق بعيدة وتتأقلم في مياه الخليج العربي؛ مثل طحلب الفيوسايتس Phaeocystis المعروف في البحار الشمالية المعتدلة والباردة، وهو يظهر في مياه الخليج، وقد تم رصد الطحلب في دراسات مختبرية متخصصة بواسطة فريق عمل من معهد الكويت للأبحاث العلمية، منها دراسات الحسن، حسن (١٩٩٥م)، واليماني وآخرون (١٩٩٦م).

٥ – تسرب بقع النفط من الناقلات في مياه الخليج العربي التي يتفرع منها خليج الكويت وبالطبع يتأثر بها.

٦ – حركة المد والجزر، وكذلك عوامل فيزيائية وبيولوجية أخرى.

وقد أسهمت دراسة **(علي، لولوة ناصر وآخرين، ٢٠٠١م)** في تصنيف البيئات البحرية[١] في خليج الكويت بحسب البعد عن حدود المد والجزر على النحو التالي:

١ – منطقة الحافات الساحلية (Littoral Zone)، وهي المنطقة التي تضم النباتات البحرية والكائنات الرخوية (Littorina Neritoides).

٢ – المنطقة الشاطئية الوسطى (Eulittoral Zone) التي تعيش فيها الكائنات القشرية من رتبة هدبيات الأرجل، وهي تتعلق بالصخور، والطحالب البنية (Fucoid Algae)، وتمتد هذه المنطقة إلى داخل البحر.

٣ – منطقة ماتحت المائية (Sublittroral Zone)، وهي طحالب الكلب واللافاريا البنية.

وتؤكد الدراسة السابقة أن هناك عوامل أخرى غير المد والجزر تسهم في تمنطق البيئات البحرية سالفة الذكر على النحو التالي:

- عوامل فيزيائية كالظلال، والتضاريس، واتجاه التيارات المائية.
- عوامل بيولوجية مثل التنافس والافتراس.

---

(١) لولوة ناصر علي وآخرون، ٢٠٠١م، ص ٣٤.

ثانياً – المبحث التحليلي للمرئيات الفضائية:

التحليل المكاني للتغيرات في أنماط البيئات البحرية في خليج الكويت:

تعتمد منهجية التحليل على الجوانب التالية:

١ – الإعداد الأولي للمرئيات الفضائية.

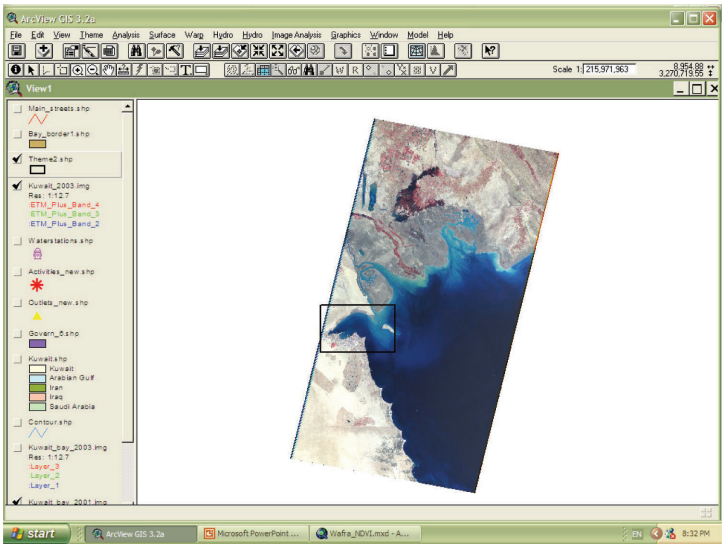
٢ – تطبيق مؤشر الكتل المائية لتحديد البيئات البحرية.

٣ – تطبيق مؤشر البيئات البحرية في منطقة جون الكويت.

٤ – تحليل التغيرات المكانية في نتيجة تطبيق المؤشرين المذكورين، ويتم عرضه خلال تحليل نتيجة تطبيق المؤشرين.

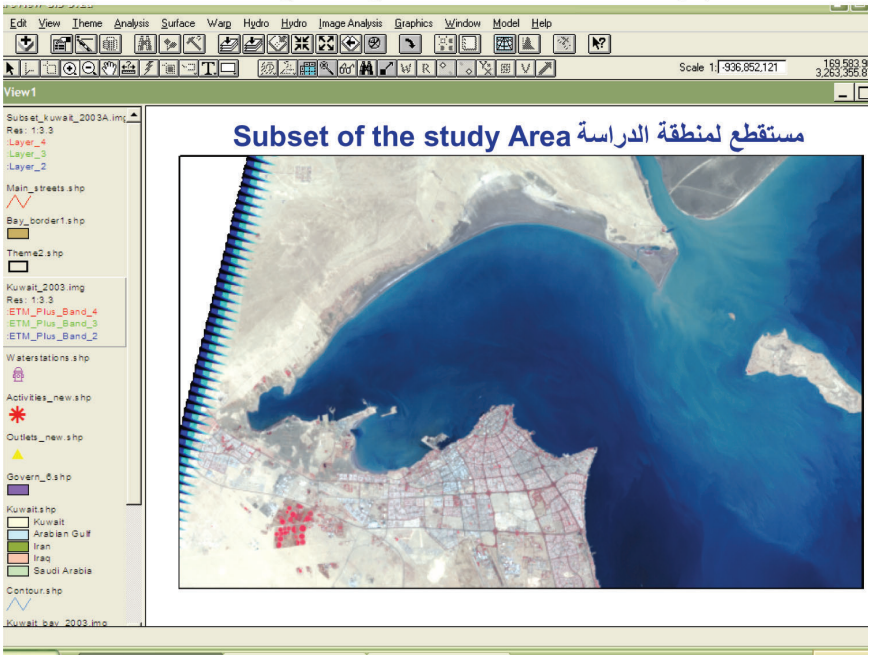
١ – **الإعداد الأولي للمرئيات الفضائية:** تعتمد هذه المرحلة على الخطوات التالية:

– استقراء المرئيات الفضائية من القمر الصناعي الأمريكي لاندسات الخامس لعامي ١٩٨٩م، و٢٠٠١م، والسابع لعام ٢٠٠٣م، ويوضح شكل رقم (٤) نموذجاً للمرئية الفضائية من القمر لاندسات السابع وموقع منطقة الدراسة عليها.



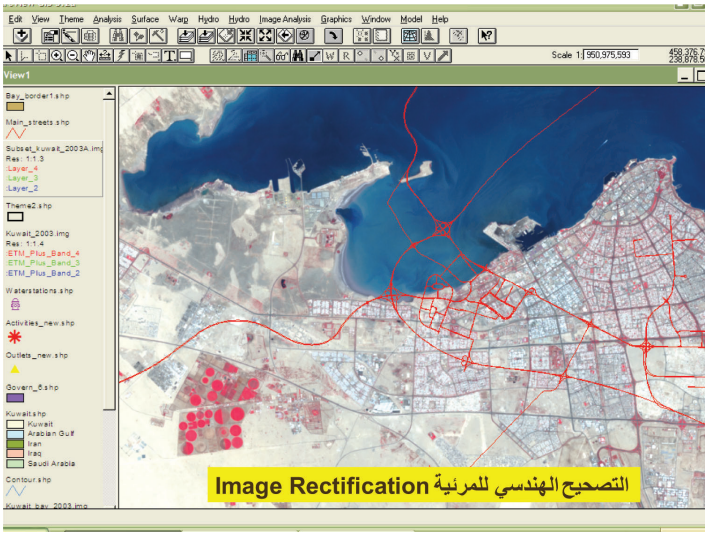
شكل رقم (٤) – مرئية لاندسات السابع وموقع منطقة الدراسة

- استقطاع منطقة الدراسة من المرئيات المذكورة بأسلوب Subset بوصفه إحدى الوسائل المتاحة في برنامج تحليل المرئيات الفضائية المستخدم في الدراسة والمعروف باسم Image Analysis الذي يعمل تحت بيئة آركفيو Arc/View GIS (شكل رقم ٥).

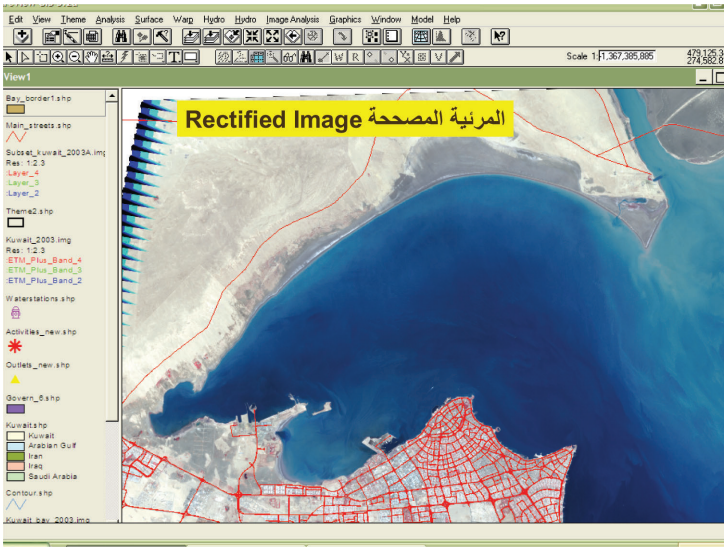


شكل رقم (٥) – مستقطع منطقة الدراسة من المرئية شكل رقم (٤)

- إجراء التصحيح الهندسي Geometric Correction المعروف باسم Image Rectification, وذلك بالاعتماد على خريطة خطية vector Map لشبكة الطرق الرئيسة في الكويت، حيث يتم استخدام أسلوب الربط بين المرئية والخريطة عملاً بالأسلوب المعروف باسم Alignment (شكل رقم ٦) والنتيجة (شكل رقم ٧).

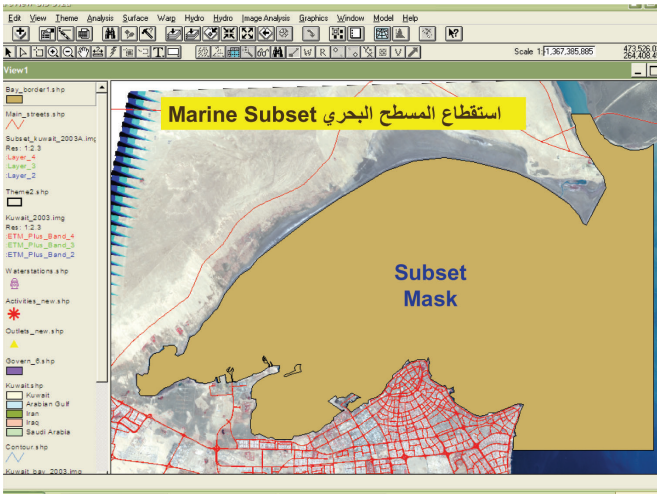


شكل رقم (٦) – التصحيح الهندسي للمرئية
بالاعتماد على خريطة شبكة الطرق الرئيسية وذلك بوسيلة Image Alignment

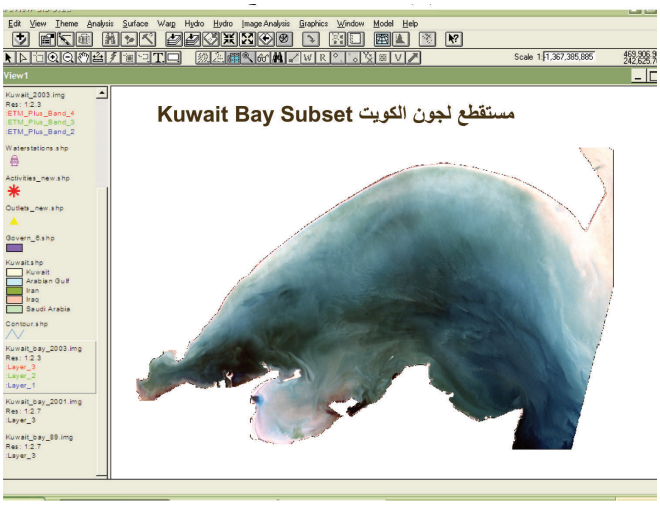


شكل رقم (٧) – المرئية الفضائية المصححة هندسياً نتيجة شكل رقم (٦)

- استقطاع المسطح المائي لجون الكويت لتركيز التحليل على البيئة البحرية (شكل رقم ٨، والنتيجة شكل رقم ٩).



شكل رقم (٨) – طبقة استقطاع للمرئية



شكل رقم (٩) – مستقطع للمسطح البحري في جون الكويت

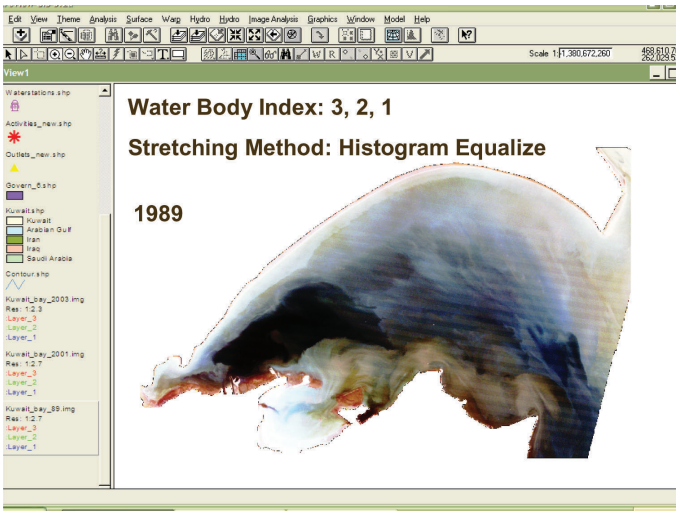
٢ – تطبيق مؤشر الكتل المائية Water Body Index في منطقة جون الكويت:

هناك عوامل عديدة تتدخل في مدى إمكانية تفسير المرئيات الفضائية بالعين المجردة، يمكن توضيحها على النحو التالي:

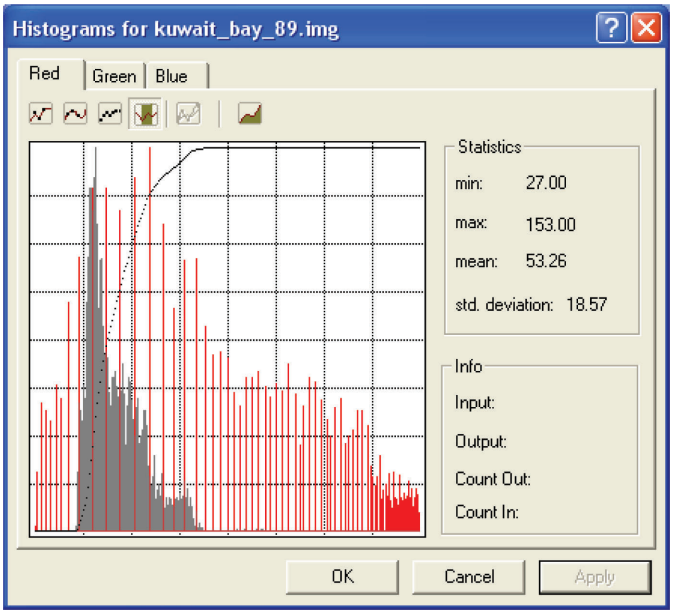
- نوع التركيب الطيفي Band Combination لمكونات المرئية، فمنها الذي يستخدم في توضيح الغطاءات النباتية على اليابس، والمعروف باسم مؤشر دليل النبات Vegetative Index، ومنها الذي يمكن أن يستخدم في دراسة أعماق المسطحات البحرية الضحلة بالاعتماد على مؤشر اختراق المياه Water Penetration Index الذي تتفاوت استخداماته بحسب أعماق المياه التي يجب ألا تتعدى ٢٠ متراً (Van Hengel, and Spitzer, 1991)، ودراسة الخصائص الساحلية (Ahmed, M. et al, 2005).
- نوع المرئيات الفضائية بحسب دقة الوضوح الأرضي، حيث تتفاوت المرئيات فيما بينها من حيث الوضوح الأرضي Ground Resolution؛ فمنها ماتصل دقة الوضوح الأرضي لديه إلى ٥٠ × ٥٠ سم، مثل مرئيات القمر الأمريكي إيكانوس Ikanos، وإلى ٣٠ × ٣٠ متراً، كما هو الحال في لاندسات الأمريكي، وإلى ١٥ × ١٥ متراً، كما هو في القمر الفرنسي سبوت، وعليه، فإن كل درجة دقة يفضل استخدامها في مجال يتوافق معها؛ فكلما كانت التطبيقات تتعلق بمساحات صغيرة كان من الأفضل الاعتماد على الدقة الأرضية العالية، والعكس.
- طريقة التحليل والبرنامج المستخدم في تحسين المرئيات الفضائية.

وقد تم تطوير مؤشر لدراسة الكتل المائية Body Water في المسطحات البحرية الضحلة المتمثلة في بيئة جون الكويت، الذي يمكن توضيح مكوناته على النحو التالي:

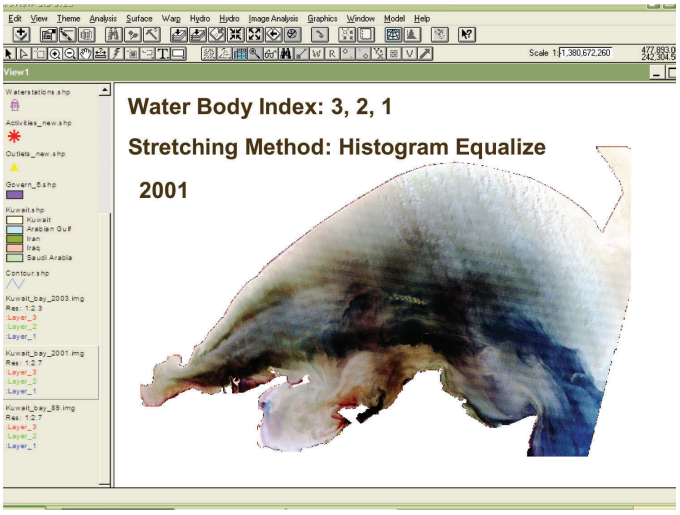
- تكوين المركب الطيفي للمجالات ١، ٢، ٣.
- إجراء المط الطيفي لقيم الانعكاسات الطيفية بأسلوب Histogram Equalize؛ أي التوزيع الهستوجرامي المتساوي لتوضيح الفروق بين القيم المتقاربة للتفريق فيما بينها (أشكال أرقام ١٠، ١١، ١٢ للسنوات ١٩٨٩م، ٢٠٠١م، ٢٠٠٣م).



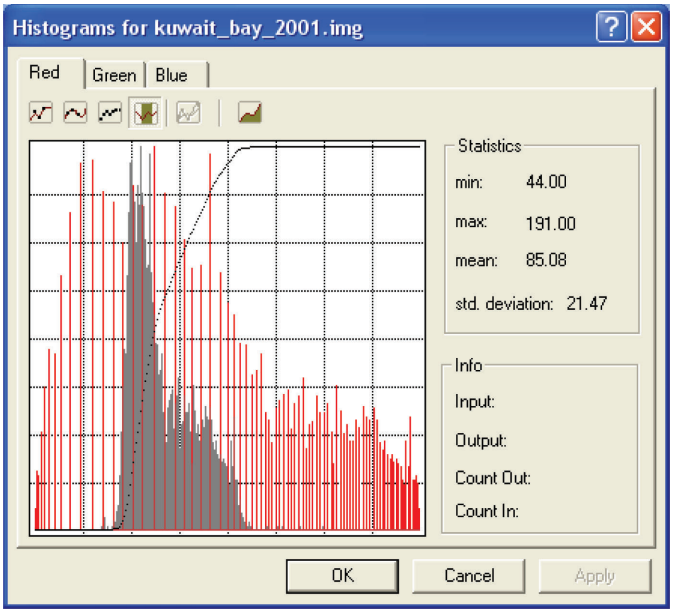
شكل رقم (١٠أ) – نتيجة تطبيق مؤشر الكتل المائية لعام ١٩٨٩م



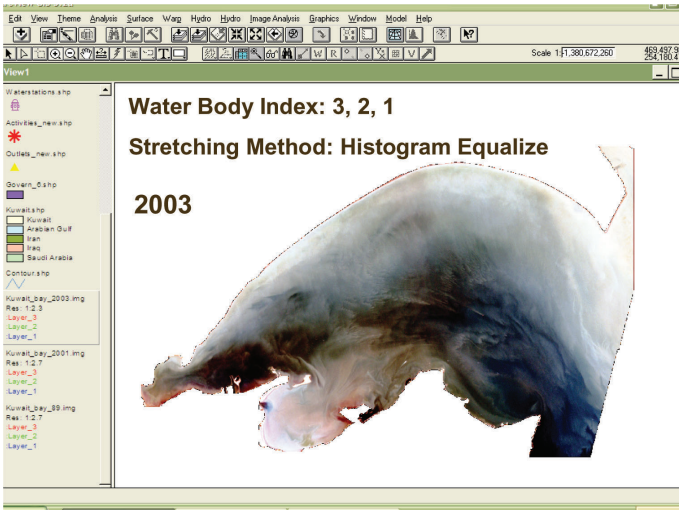
شكل رقم (١٠ب) – التوزيع الهستوجرامي المتساوي على مرئية عام ١٩٨٩م



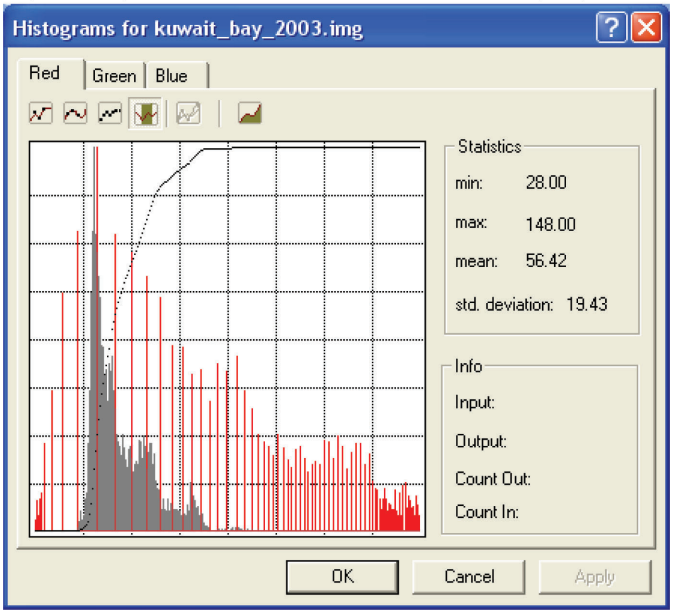
شكل رقم (١١أ) – نتيجة تطبيق مؤشر الكتل المائية لعام ٢٠٠١م



شكل رقم (١١ب) – التوزيع الهستوجرامي المتساوي على مرئية عام ٢٠٠١م



شكل رقم (١٢أ) – نتيجة تطبيق مؤشر الكتل المائية لعام ٢٠٠٣م



شكل رقم (١٢ب) – التوزيع الهستوجرامي المتساوي على مرئية عام ٢٠٠٣م

وبدراسة الأشكال أرقام (١٠أ، ب، ١١أ، ب، ١٢أ، ب) يمكن استخلاص التالي:

- يظهر شكل رقم (١٠أ) وضوحاً أكبر لانتشار بيئة الطحالب البحرية من نوع سرجاسم الكثيف Dense Sergassum، وبخاصة قرب ميناء الشويخ؛ حيث تزيد كثافة حركة سفن النقل التجاري ونقل الركاب التي تلقي بمخلفاتها وزيوت المحركات إلى جانب تأثير مياه الصرف الصحي، حيث تنتشر نقاط التصريف بالقرب من الميناء الرئيسي.
- تنتشر الطحالب الخضراء green algae عند الساحل الجنوبي الغربي لخليج الكويت (شكل رقم ١٠أ)؛ مما يؤكد وجود علاقة مكانية بينها وبين تركز محطة توليد الكهرباء وتحلية المياه بالدوحة، حيث يتم تصريف مياه التبريد أو مياه الصرف الصناعي التي تسبب التلوث الحراري الذي يؤدي بدوره إلى تكوين طحالب بسبب تسرب الأكسجين من المياه الملوثة حرارياً.
- عدم وضوح البيئات البحرية في الشكلين رقمي (١١أ، ١٢أ) بمقارنتهما مع شكل رقم (١٠أ) بسبب العوامل المناخية وقت مرور القمر الصناعي مثل الأتربة والغبار التي تسود في شهر أغسطس، حيث تم التأكد من التقارير المناخية المتعلقة بالعواصف الترابية المعروفة محلياً باسم "الطوز" قد سادت لمدة أربعة أيام متواصلة عام ٢٠٠١م، وثلاثة أيام عام ٢٠٠٣م، حيث يتكدس الغبار على سطح الماء؛ مما يؤثر في وضوح المرئيات، ويتضح اتجاه العواصف الترابية في شكل رقم (١١أ) على هيئة خطوط طولية تمتد في اتجاه شمال غربي ـ جنوب شرقي.
- تؤكد الأشكال أرقام (١٠ب، ١١ب، ١٢ب) وجود التأثير المكاني للملوثات سالفة الذكر التي تتفاوت حدتها من سنة إلى أخرى؛ مما ترتب عليه اختلاف واضح في التوزيع الهستوجرامي المتساوي لقيم الانعكاسات الطيفية على المرئيات الثلاثة.
- الحاجة إلى إجراء مؤشر آخر للحصول على نتيجة أفضل، وهو مؤشر البيئات البحرية في الفقرة التالية.

٣ – تطبيق مؤشر البيئات البحرية Marine Habitats Index في منطقة جون الكويت:

لقد لوحظ من الفقرة السابقة إمكانية الاعتماد على مؤشر الكتل المائية في التمييز المكاني بين البيئات البحرية، لذلك تم تطوير مؤشر البيئات البحرية على أساس المعايير الطيفية التي تتفق مع إمكانية تعرف الخصائص الانعكاسية للطحالب البحرية التي ثبت من التجربة في الدراسة الحالية وضوحها في المجال الطيفي تحت الأحمر القريب Near Infrared Band 4 وبخاصة تركيبه مع المجالين الثاني والأول اللذين يتسمان بالقدرة على اختراق المياه الضحلة (Ahmed et al, 2002)، وعليه، فإن مؤشر البيئات البحرية الذي تم تطويره وأثبت فعاليته في الدراسة الحالية – كما يظهر في الأشكال أرقام (١٣، ١٤، ١٥) – يعتمد على الجوانب التالية:

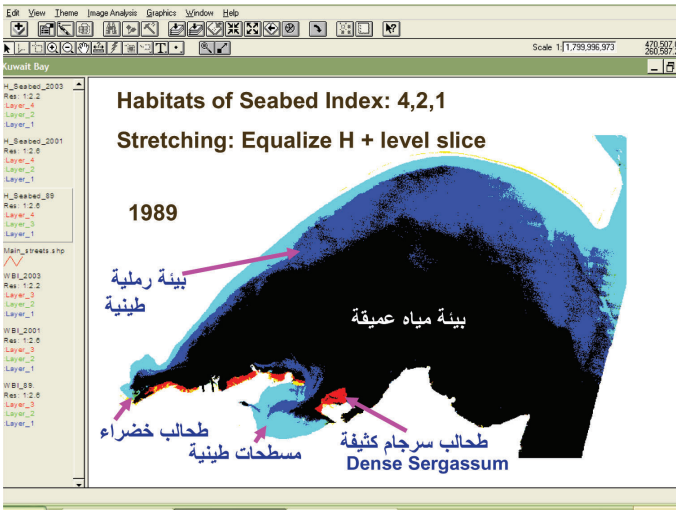
- التركيب اللوني للنطاقات الطيفية ١، ٢، ٤، أي تحت الأحمر القريب، والأخضر، والأزرق. على التوالي.
- تطبيق أسلوب المط الهستوجرامي المتساوي Equalize Histogram Stretching لقيم الانعكاسات الطيفية؛ لتحقيق التمييز المكاني فيما بين البيئات البحرية.
- تطبيق أسلوب التقسيم النطاقي Level Slice نتيجة المط الهستوجرامي المتساوي بهدف التمييز اللوني الحقيقي للبيئات البحرية.

وبدراسة النتيجة الكلية لتطبيق مؤشر البيئات البحرية المتمثلة في الأشكال أرقام (١٣، ١٤، ١٥) يمكن استخلاص التالي:

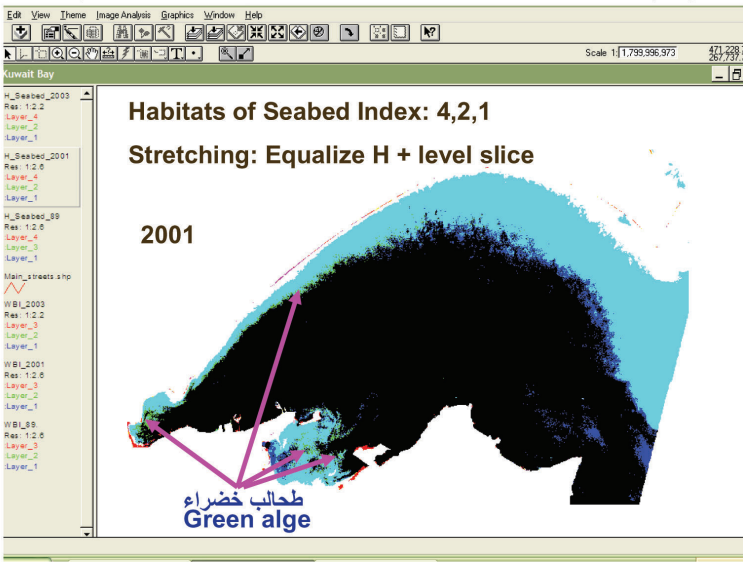
- يظهر شكل رقم (١٣) وضوحاً كبيراً للانتشار المكاني لطحالب السرجاسم الكثيفة Dense Sergassum باللون الأحمر حول ميناء الشويخ، وعلى الساحل الجنوبي الغربي لجون الكويت، وهذه النتيجة تتفق مع نتيجة شكل رقم (١٠) إلى حد كبير من حيث التوزيع المكاني والنوعي والارتباط المكاني مع نوع الأنشطة البشرية على الساحل.
- من الأشكال الثلاثة يمكن التمييز بين أربع بيئات بحرية مختلفة تماماً وهي: بيئة طحالب السرجاسم الكثيفة Dense Sergassum، وبيئة الطحالب

الخضراء وبيئة المسطحات الطينية، وبيئة الرمال الطينية، هذا إلى جانب المياه العميقة التي تراوح أعماقها بين ٨–٢٢ متراً.

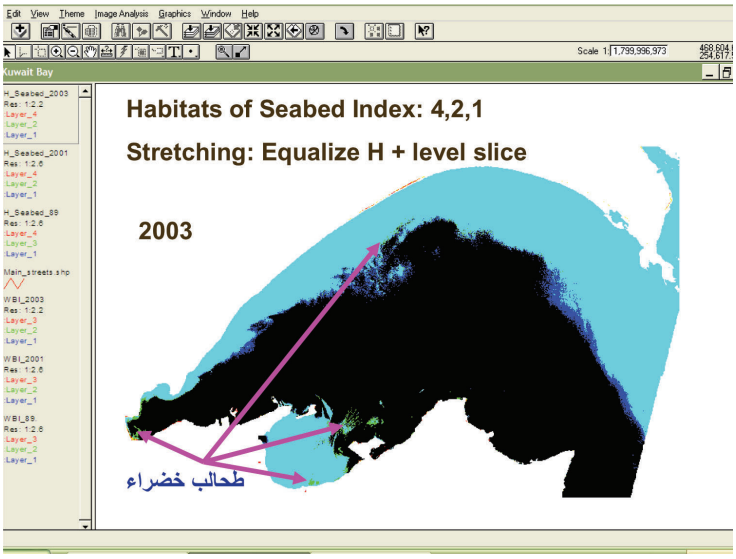
- يلاحظ على شكل رقم (١٤) تراجع كبير لبيئات طحالب السرجاسم الحمراء، وعلى العكس تنتشر بيئة الطحالب الخضراء؛ التي شكلت عام ٢٠٠١م أحد عوامل نفوق الأسماك وقتئذ؛ حيث انتشرت في أنحاء خليج الكويت القريبة من الأنشطة البشرية، مما يؤكد وجود علاقة مكانية بين تركز الأنشطة البشرية على الساحل، وانتشار الطحالب الخضراء.
- يلاحظ تراجع شبه كامل لطحالب السرجاسم الحمراء ويقابله انتشار واسع لبيئة الطحالب الخضراء مما يعكس أثر المكونات العضوية المتزايدة التي تحتويها مخلفات الأنشطة البشرية، على امتداد الساحل الجنوبي لخليج الكويت، إلى جانب تأثير مياه الصرف الصناعي من محطة الدوحة الصناعية لتحلية المياه وتوليد الطاقة، ويؤكد ذلك تجمع الطحالب الخضراء في المسطح المائي المتاخم للمحطة والمعروف باسم جون الصليبخات، الأشكال أرقام (١٣،١٤،١٥).



شكل رقم (١٣) – نتيجة تطبيق مؤشر البيئات البحرية على مرئية عام ١٩٨٩م



شكل رقم (١٤) – نتيجة تطبيق مؤشر البيئات البحرية على مرئية عام ٢٠٠١م



شكل رقم (١٥) – نتيجة تطبيق مؤشر البيئات البحرية على مرئية عام ٢٠٠٣م

النتائج والتوصيات Findings and Recommendations:

يمثل خليج الكويت أهمية حيوية وبيئية، وبخاصة للمجتمع الكويتي القديم والمعاصر، لذلك تركزت جميع الأنشطة البشرية في الساحل الجنوبي للخليج؛ بسبب تركز النطاق الحضري والتنوع الخدمي الكبير، ومن أخطر الأنشطة البشرية التي أثرت بيئياً في خليج الكويت الصناعات ومياه الصرف الصحي لفترات طويلة قبل أن يتم حصرها مؤخراً، لذلك اختلفت طبيعة البيئة البحرية في خليج الكويت؛ مما ترتب عليه تغير كبير في الكائنات الحية، ومن أهمها حادثتا نفوق الأسماك في عامي ١٩٩٩م، ٢٠٠١م، وقد أكدت الفحوصات والدراسات المتخصصة الدور الكبير للأنشطة البشرية في حدوث هذه الظاهرة.

وقد طبقت تقنية الاستشعار عن بعد في دراسة التغيرات البيئية البحرية في خليج الكويت، حيث تم تطوير مؤشر الكتل المائية Water Body Index، وكذلك مؤشر البيئات البحرية Marine Habitats Index، وقد ثبت نجاح الأخير في القدرة على التمييز المكاني لأربعة أنواع من البيئات البحرية المختلفة في جون الكويت، وهي: بيئة طحالب السرجاسم الحمراء الكثيفة، وبيئة الطحالب الخضراء، والبيئة الساحلية الطينية، والبيئة الرملية الطينية.

كما تبين أن الطحالب الخضراء قد انتشرت في مرئية عامي ٢٠٠١م، ٢٠٠٣م بشكل كبير على العكس في مرئية عام ١٩٨٩م، مما يؤكد أسباب حدوث ظاهرة نفوق الأسماك عام ٢٠٠١م، التي تكمن في مخلفات الأنشطة البشرية.

وتوصي الدراسة بما يأتي:

- إجراء دراسات ميدانية متخصصة تسهم في تحديد أكثر للبيئات المذكورة.
- إجراء دراسة كيميائية لمخرجات الأنشطة البشرية للوقوف عند مدى تفاعلها مع المياه الضحلة مكونة البيئات البحرية الضارة.
- تشجيع الدراسات البحرية التي تعتمد على تقنيات الاستشعار عن بعد للحصول على نتائج بحثية أكثر دقة.

- التنسيق بين الجهات المعنية بالبيئة البحرية في منطقة الخليج العربي لإعداد بنك معلوماتي حول الخصائص البيئية البحرية ونمذجتها على أساس البعدين المكاني والزمني بهدف التنبؤ بالمؤثرات الديناميكية التي يمكن أن تترتب على وجود بيئات بحرية تنشأ من الأنشطة البشرية.

المراجـــع

أولاً – المراجع العربية:

- الباز، فاروق والصرعاوي، محمد، (٢٠٠٠م)، أطلس دولة الكويت للصور الفضائية، مؤسسة الكويت للتقدم العلمي، الكويت، بالتعاون مع مركز الاستشعار عن بعد بجامعة بوسطن بأمريكا.
- الحسن، رضا حسن، (١٩٩٥م)، تأثير الهيدروكربونات النفطية على البيكوفيتوبلانكتون "سينيكوكس" في مياه الخليج العربي، مؤسسة الكويت للتقدم العلمي، الكويت، مشروع تطبيقي.
- المزيني، صالح، (١٩٩٨م)، وضع البيئة البحرية الكويتية، مجلة جمعية حماية البيئة الكويتية، الكويت.
- اليماني، فايزة وآخرون، (١٩٩٦م)، التقييم الإيكولوجي الناجم عن التغيير في مياه شط العرب على بيئة شمال الخليج العربي، معهد الكويت للأبحاث العلمية والتطبيقية، مشروع تطبيقي.
- صباريني، محمد سعيد، (١٩٨٧م)، بيئتنا البحرية، المنظمة الإقليمية لحماية البيئة البحرية، الكويت.
- علي، لولوة ناصر وآخرون، (٢٠٠١م)، التلوث النفطي في البيئة البحرية بدولة الكويت، مطبوعات مركز البحوث والدراسات الكويتية، الكويت.

ثانياً – المراجع الأجنبية:

- Ahmed, M. et. al. (2002), Updating Shoreline and sea Bed Changes of el-Dabaa Area Using Satellite Data, Final report for Nuclear Power Plants authority, Cairo, Egypt.
- Ahmed, M. et. al. (2005), Using Remote Sensing Data for Assessing the Optical Characteristics of Alexandria Coastal Water, Egypt, www.clicktoconvert.com.

- Hashim, M. et. al. (1997), Integration of Remote Sensing - GIS Techniques for Mapping Seagrass and Ocean Color off Malaysian Coasts, Journal GIS@development, Delhi, India.
- Hashim, M. et al. (2001), Spectral Characteristics of seagrass with TM in northern Sabah Coastline, Malaysia, 22nd Asian Conference on remote sensing, Singapore.
- Kwarteng, A. and Al-Ajmi, D. (1997), Satellite Remote Sensing in the state of Kuwait, Kuwait Institute for Scientific Reasearch, Kuwait.
- Pirazzoli, P.A. (1985), Bathymetry mapping of coral reefs and atolls from satellite, proceedings of the 5th International coral Reef Congress, Tahiti, 6, pp. 539-545.
- Van Hengel, W. and Spitzer D. (1991), Multi-temporal water depth mapping by means of Landsat TM, International Journal of remote Sensing, 12, pp. 703-712.