Assessing and Analyzing the Driving Forces and Pressures of Land-use and Land- cover Changes in the Kingdom of Bahrain using GIS and DPSIR Framework 1998-2012

Sabah Aljenaid; Ghadeer Mohamed Redhah Kathem; and **Nadir Abdulhamed**

College of Graduate Studies, Arabian Gulf University, Kingdom of Bahrain

ID # (2767)
Received: 07/08/2013
In-revised: 16/08/2014
Correspondent Author:
Sabah Aljenaid
E-mail: sabah@agu.edu.bh

KEYWORDS

GIS, DPSIR, Driving Forces, Pressure, LULC.

ABSTRACT

This study aims to map, examine and analyze the changes in Land Use/Land Cover (LULC) in the main islands of the Kingdom of Bahrain (Bahrain, Muharraq, Sitra) during the period from 1998 to 2012.DPSIR was used as a qualitative approach to analyze driving Forces-Pressures that are mainly affect the LULC changes. While the quantitative analysis of the driving forces and landuse change was done using GIS analysis. Four LULC categories were recognized (Built up, Agriculture, Barren and Wet land).The results revealed that the total area of the main islands has increased from 709.5 km^2 in 1998, to more than 767 km^2 in 2012.Consequently, Built up areas were increased from 126.3 km^2 to 266.9 km^2, while the Agriculture areas were decreased from 72.5 km^2 in 1998 to 66.1 km^2 in 2012 as a result of the expansion of cities and residential areas establishment. The Barren areas were decreased from 409.6 km^2 in 1998 to 326.4 km^2 in 2012. DPSIR (Driving forces - Pressures - State - Impact -Responses)framework analyses indicated that the social (increase in population) and economic (increase in GDP) in the country were the main driving forces that exert different pressures on the environment and, as a consequence lead to impacts on LULC, and changed the state of the environment.

تقييم وتحليل الدوافع والضغوط المؤدية إلى تغيرات استخدامات الأراضي والغطاء الأرضي في مملكة البحرين باستخدام نظم المعلومات الجغرافية و إطار DPSIR (1998 - 2012)

صباح الجنيد، غدير محمد رضا كاظم، و نادر عبدالحميد

كلية الدراسات العليا، جامعة الخليج العربي، مملكة البحرين

رقم المسودة (2767)
تاريخ إستلام المسودة: 2013/08/07
تاريخ إستلام النسخة المُعَدَلة: 2014/08/16
الباحث المُرَاسِل: صباح الجنيد
البريد الإلكتروني: sabah@agu.edu.bh

الكلمات الدالة

نظم المعلومات الجغرافية، إطار DPSIR، القوى الدافعة، الضغوط، استخدامات الأراضي والغطاء الأرضي

المُستلخص

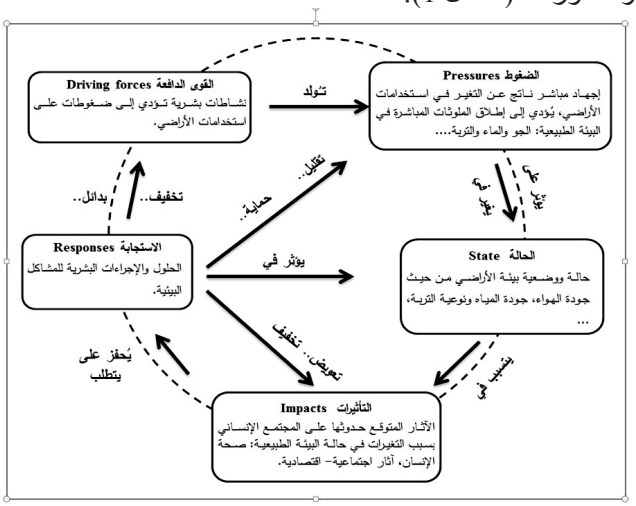
تهدف هذه الدراسة إلى رسم، ودراسة وتحليل التغيرات في استخدامات الأراضي والغطاء الأرضي في الجزر الرئيسة في مملكة البحرين (البحرين، المحرق، سترة) خلال الفترة 1998-2012. استخدم إطار DPSIR كمقاربة نوعية لتحليل القوى الدافعة والضغوط التي تؤثر في تغييرات استخدامات الأراضي والغطاء الأرضي. واستخدمتنظم المعلومات الجغرافية في لإجراء التحاليل الكمية للقوى الدافعة وتغير استخدامات الأراضي. حُددت أربع فئات تصنيفية للأراضي (المبنية، الزراعية، الجرداء، والرطبة). وأوضحت النتائج أن المساحة الإجمالية لمنطقة الدراسة قد ازدادت من 709.5 كم^2 في 1998، إلى أكثر من 767 كم^2 في 2012. ونتيجة لذلك، ازدادت مساحة المناطق المبنية من 126.3 إلى 266.9 كم^2، بينما تناقصت مساحة الأراضي الزراعية من 72.5 كم^2 في 1998 إلى 66.1 كم^2 في 2012، نتيجة لتوسع المدن والمناطق السكنية. وقد تناقصت مساحة المناطق الجرداء من 409.6 كم^2 في 1998 إلى 326.4 كم^2 في 2012. وأظهرت تحاليل إطار DPSIR (القوى المحركة، الضغوط، الحالة، الآثار، الاستجابة) أن التغيرات الاجتماعية والاقتصادية في المملكة متمثلتاً في زيادة أعداد السكان وزيادة نصيب الفرد من الناتج المحلي الإجمالي هي الدوافع الرئيس لإطلاق مجموعة من الضغوط على استخدامات الأراضي والغطاء الأرضي خلال فترة الدراسة، فأدت إلى تغيرات في حالة البيئة.

المقدمة

دفع التطور المتسارع في استغلال الموارد الطبيعية إلى الاهتمام بالتكامل والترابط بين سياسات قطاعات الأنشطة المختلفة على جميع المستويات الجغرافية لتتوافق مع التنمية المستدامة وحماية البيئة (Getimis *et al.,* 1999)، وازدادت أهمية النظر إلى الأراضي كمورد اقتصادي، حيث يضاعف استخدامها على النحو الأمثل من فرص اعتبارها أحد أسباب المعيشة المستدامة وضمان الأمن البشري. وتقوم السياسات والإجراءات الرامية إلى توفير حوافز لاستخدام الأراضي على نحو مستدام بدور فعال ومركزي في تغيير أنماط استخدامها (غنيم وأبو زنط، 2010) و (زريقات، 2005). ومن منظور التنمية المستدامة، تتأثر الموارد الأرضية في معظم الدول بعدة وعوامل ومؤشرات Indicators كازدياد الضغط السكان، ومساحة الأرض المحدودة، وتحويل الأراضي إلى استخدامات بديلة، وإنجراف التربة، وانخفاض خصوبتها، وفقدان التنوع البيولوجي، وتأثير السياحة المكثفة وغيرها (لجنة التنمية المستدامة، 1999). وتوفر هذه المؤشرات وسيلة مفيدة لتحسين الاتصال والشفافية والفعالية والمسائلة في إدارة الموارد الطبيعية (ومنها الأراضي)؛ وهي عبارة عن أدوات تسهم في وصف الحالة الراهنة للأرض كمورد لتسهيل إدارتها وإجراء عمليات التقييم والمقارنات المطلوبة لتحقيق أهداف التنمية المستدامة (UNESCO, 2006; 2003) ; (Edward, 2007).

استخدمت لجنة التنمية المستدامة في الأمم المتحدة مجموعة من المؤشرات التي تعكس التطور في مجال التنمية المستدامة، وسميت بمؤشرات الضغط، الحالة، الاستجابة (Burkhard & Muller 2008); (OECD 1999); (Rapport and Friend1979) وطورتها الوكالة الأوروبية للبيئة EEA بعد ذلك إلى مؤشرات القوى الدافعة، الضغط، الحالة، التأثير، الاستجابة (EEA,1995) (Andersen *et al.,*1995)، (Snickars and Pitkanen, 2007) وعرفت مجموعة المؤشرات هذه باسم مصفوفة أو إطارDPSIR، وتم تبنيه على نطاق واسع بوصفة أسلوباً للتقييم البيئي المتكامل (Athins *et al.,* 2011);(Snickars and Pitkanen, 2007) ; (Kristensen,2004) ووضع سياسات بيئية أو قوانين أو برامج محفزة تعمل على تقليل الآثار السلبية أو التخفيف من تأثير القوى الدافعة ومعالجة الضغوط المختلفة لتحسين حالة البيئة (UNEP, 2005). ويفترض عند اختيار هذه المؤشرات أن تكون: قابلة للقياس، وذات قدرة على التوقع، ومرتبطة بالسياسات (Hanne *et al.,*2008) ومتسمة بالبساطة والصلاحية، ومتسلسلة زمانياً، وذات حساسية، وأن تكون حديثة ودقيقة (Abido, 2002) ; (Pinter and Cressman, 2000) (Pinter *et al.,*2005); ويعتبراستخدام المؤشرات البيئية أحد ركائز التقييم البيئي المتكامل؛ والذي يهدف إلى التعرف على حالة البيئة واتجاهها استناداً إلى بيانات ومؤشرات مناسبة، والعمل على تحليل العلاقة المتكاملة بين الأنشطة الإنمائية، والنظم البيئية، والاستجابات المجتمعية، بالإضافة إلى تحليل السياسات البيئية وانعكاساتها على حالة البيئة، والتنبؤ بالاتجاهات المستقبلية، وتأثيرها على الخطط والبرامج التنموية، وفق نهج تشاركي (أباحسين وعبده، 2008).

يستخدم إطار DPSIR لتحليل العلاقة بين السبب والمسبب وربط التنمية ورفاهية الإنسان بالبيئة، وتحديد التفاعل بين مكوناتها، وهو إطار مقبول على نطاق واسع، ويتم تضمينه الأسباب والآثار في شكل تسلسلي مترابط، ويمكن أن يتكيف مع التغيرات والتطورات (الشكل 1).



الشكل 1: إطارمؤشرات DPSIR

ويشمل هذا التكيف التغيرات البيئية المحتملة فضلاً عن تغيرات في النظام الاجتماعي والاقتصادي، كما أنه أيضاً مفيد في النمذجة المفاهيمية وتحليل أسباب وآثارالأنشطة البشرية,EEA) (Walmsley, 2005) , (OECD, 2003) ; (UNEP, 2002) (2002. هذا ويتم استخدام إطار DPSIR بصورة متزايدة لتنظيم دراسات الحالة فيما يتعلق بقضايا الآثارالإنسانية على استخدامات وإدارة الأراضي (Holman *et al.,*2005); (Odermatt, 2004); (Scheren*et al.*2004); (La Jeunesse*et al.,*2003) ; (Elliott, 2002 فضلاً عن مشاكل إدارة الموارد البيئية والطبيعية (EEA, 1995) (Bowen and Riley, 2003); (Giupponi, 2002).

يُوصف مصطلح الغطاء الأرضي Land Cover (LC) الظواهر الطبيعية والبشرية على سطح الأرض (Olson, 2004) (Gregorio, 2005)؛ أما مصطلح استخدام الأرض Land Use (LU) فيشير إلى تأثير الأنشطة البشرية على الغطاء الأرضي. وتوفر تعاريف استخدامات الأراضي حلقة وصل مهمة بين الغطاء الأرضي والأنشطة البشرية وتأثيراتها المختلفة على البيئة (Di Gregorio, 2005). ويعكس التغير في الغطاء الأرضي التحولات المختلفة الكامنة في استخداماتها وآثاره على إنتاجيتها وسلامتها البيولوجية (Biggs and Scholes, 2002) ولهذا فإن فهم الأنماط والعمليات المؤثرة في تغير الغطاء الأرضي غالباً ما يربط باستدامة التنمية الاجتماعية والاقتصادية.

التنمية المستدامة عملية متصلة زمانا ومكانياً بحكم جغرافيتها حيث يمكن تمثيلها مكانياً بخرائط باستخدام إحداثياتها وخواصها. ولم يتم التركيز على البعد المكاني في معظم الدراسات المرتبطة بالمؤشرات التي استعملتها المجموعة المكلفة من قبل الأمم المتحدة لإعداد مؤشرات التنمية المستدامة البيئية في الفترة الماضية؛حيث ركزت مجموعات العمل على مؤشرات الحالة، ولم تُعطى

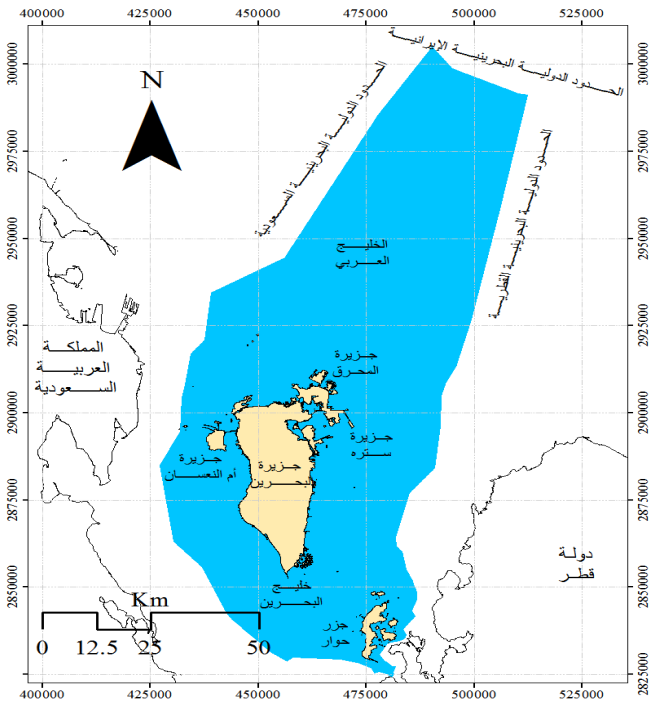
مؤشرات القوى الدافعة Driving Forces أو الضغوط Pressure والمؤشرات المرتبطة بالأنشطة البشرية وتأثيراتها في مجال الاقتصاد والمؤسسات الاهتمام نفسه. هذا وأكدت الدراسات المتعددة التي قد أُجريت خلال تلك الفترة على إمكانية الاستفادة من نظم المعلومات الجغرافية في دراسة المؤشرات، واستخدامها في جمع البيانات وتحليلها في إدارة قواعد البيانات وفي التبصير بنتائجها (Langaas, 1997). كما يمكن أن تُرصد وتنظم وتحلل معظم مؤشرات التنمية المستدامة؛ سواء كانت اجتماعية أم اقتصادية أم بيئية أم مؤسسية، وتقييم باستخدام الخرائط، وتُخزن كمؤشرات قابلة للقياس. وتستخدم نظم المعلومات الجغرافية في وقتنا الحاضر كأداة رئيسة عند بناء إطارDPSIR عبر البيانات الكمية المقاسة (William and Lyon 1997); (Bowen and Riley 2003)، ويمكن الاعتماد على هذا الإطار لدعم اتخاذ القرار حيث يُبرز ويُحدد العوامل المسببة للتغيرات وآثارها ويُعطي طرقاً منوعة للتخفيف أو معالجة المشاكل المدروسة (Fassio *et al.*,2005).

تهدف هذه الدراسة إلى رصد وتحليل وتقيم التغيرات التي قد طرأت على استخدامات الأراضي والغطاء الأرضي كمياً في الجزر الرئيسة من مملكة البحرين على مدى 15 عاماً (1998-2012) وذلك باستخدام نظم المعلومات الجغرافية وبيانات الاستشعار عن بعد ذات الدقة العالية، وإطارDPSIR ، لتحديد الدوافع المختلفة الناجمة عن المتغيرات السكانية والاقتصادية وما نتج عنهما من ضغوط على النظم البيئية؛ المؤدية إلى تغيرات في حالة الأراضي ووضعها، وكانت لها آثار متعددة على استخداماتها.

منطقة الدراسة

منطقة الدراسة (مملكة البحرين) عبارة عن أرخبيل مكون من 36 جزيرة تقع في منتصف الجزء الجنوبي من ساحل الخليج العربي بين خطي طول ′17 °50 و′8 °51 شرقاً، وخطي عرض ′32 °25 و′10 °27 شمالاً؛ محاطة بمياه ضحلة لا يتعدى عمقها 20 متراً، وتقدر مساحة مياهها الإقليمية بحوالي 7,500 كم^2، وتشكل الجزر الرئيسة منها 90% من المساحة الكلية للمملكة؛ التي هي خمس جزر رئيسية أكبرها جزر البحرين، والمحرق، وسترة، وأم النعسان، ومجموعة جزر حوار. بلغت مساحتها الإجمالية في 2012 ما يزيد عن 767 كم^2، جزء منها عبارة عن مناطق مياه ضحلة محيطة بالجزر ومناطق ساحلية مدفونة (الشكل 2) (الجهاز المركزي للمعلومات،2012)؛ (الهيئة العامة لحماية الثروة البحرية والبيئة والحياة الفطرية، 2005).

يتركز معظم سكان مملكة البحرين (>95 %) وبكثافة مرتفعة جداً في الأراضي المتاخمة للبحر(المدني والسيد،2001)؛ (مصيقروالزياني، 2008). لقد تزايدت أعداد السكان بمتوسط يعادل 2.7%سنوياً منذ خمسينيات القرن الماضي لتصل إلى ما يزيد عن (1280620 نسمة) في 2012 (الجهاز المركزي للمعلومات 2012) وترتب على ذلك ازدياد في الطلب على الأراضي؛ خصوصاً لأغراض التوسع العمراني وإقامة المدن الجديدة والمنشآت السكنية، وزيادة وتوسع في شبكات البنية التحتية؛ فتزايدت الضغوط على الأراضي واستخداماتها المختلفة، وتأثرت حالة البيئة فأدت إلى تغيرات وتداخلات في استخدامات الأراضي؛ حيث ازدادت مساحة الأرض من خلال دفن المناطق البحرية الضحلة المحيطة بالجزر الرئيسة لاستخدامها في المشاريع الإسكانية والصناعية والخدمية والسياحية وغيرها (المدني والسيد،2001)؛ (مصيقروالزياني، 2008).



شكل2: جزر مملكة البحرين وامتدادها الجغرافي

تتواصل مسيرة التطور الاقتصادي والتنموي في المملكة؛ ويتم تبني العديد من الخطط الاقتصادية والمشاريع التنموية إلى جانب الاهتمام بمشروعات البنية الأساسية على النحو الذي يساعد على استدامة التنمية؛ حيث يعد تحقيق التنمية المستدامة عاملاً أساسياً تلتزم به مملكة البحرين عن طريق إيجاد التوازن بين تحقيق التنمية والحفاظ على الموارد الطبيعية والبيئية. إلا أن المملكة تواجه مجموعة من التحديات الناتجة عن هذه التغيرات كزيادة المخلفات وتغير في أنماط الاستهلاك، وتدهور في الأراضي الزراعية، وتراجع في البيئة البرية والبحرية، وازدياد في تلوث التربة والماء والهواء، إضافة إلى ندرة موارد المياه العذبة (الحسن،2005).

منهج وطرق البحث

1. بيانات ومنهجية الدراسة

وظفت تقنيات نظم المعلومات الجغرافية كأداة رئيسة لجمع وتنظيم وتحليل ونمذجة مجموعة من البيانات عالية الدقة (0.6X0.6 متر) المستمدة من الصور الجوية المصححة Orthophoto 1998 وبيانات القمرين الاصطناعيين QuickBird 2004/2002 و IKONOS 2008 المخزنة بصيغة Tagged Image File TIF وQuickBird 2012 جمعت من على موقع Google Earth، بالإضافة إلى بيانات إحصائية ونتائج دراسات سابقة. واستخدمت بعض فئات تصنيف

أندرسون (Anderson *et al.*, 1976) لاستخدامات الأراضي والغطاء الأرضي؛ حيث يراعي هذا التصنيف إمكانية استخدام بيانات مأخوذة في فترات زمنية مختلفة خاصة بيانات الاستشعار عن بعد. وتم تحديد أربعة أنواع من الاستخدامات المختلفة تغطي الأرض في منطقة الدراسة وتتناسب مع أهدافها وهي الأراضي العمرانية، الأراضي الجرداء، الأراضي الزراعية، والأراضي الرطبة، الجدول (1).

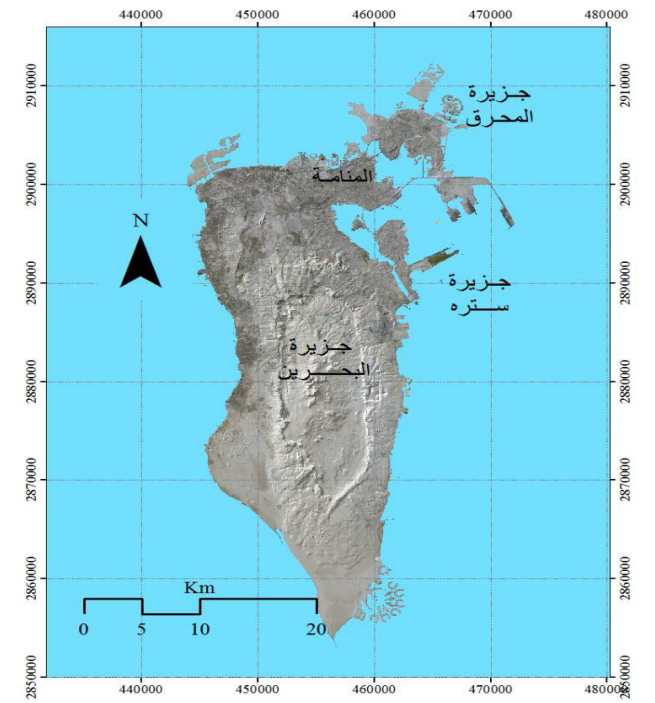
الجدول 1: تصنيف استخدامات الأراضي والغطاء الأرضي المعد لغرض الدراسة وتعريف كل فئة

تصنيف الأراضي	تعريف الفئة
الأراضي الرطبة	تشتمل على المستنقعات والسهول الطينية والسبخات الواقعة على الهوامش الضحلة في الخلجان.
الأراضي العمرانية	تشتمل على المناطق المستخدمة بشكل مكثف حيث تتغطى بالإنشاءات. من ضمن هذه الفئة كل من المدن والقرى والمناطق المطورة المحاذية للطرق العامة والنقل والكهرباء ووسائل الاتصال والبنية التحتية، مراكز التسوق والمجمعات التجارية والصناعية والمؤسسات وغيرها مما له صلة بالصناعات البشرية غير الزراعية.
الأراضي الزراعية	الأراضي التي تم زراعتها من قبل الإنسان بشتى أنواع المزروعات وسواء كانت الزراعة موسمية أو دائمة وكانت نباتات خشبية أو غير خشبية.
الأراضي الجرداء	الأراضي التي تحتوي على الغطاء النباتي أو أي تغطية أخرى بأقل من ثلث المنطقة أي أن النباتات الطبيعية متناثرة في هذه الأراضي ولا تغطيها بشكل منتظم. وهي بصفة عامة غالبا ما تحتوي على مساحات من التربة الرقيقة والتربة العارية، والرمل أو الصخور.

2. تنظيم منهجية العمل

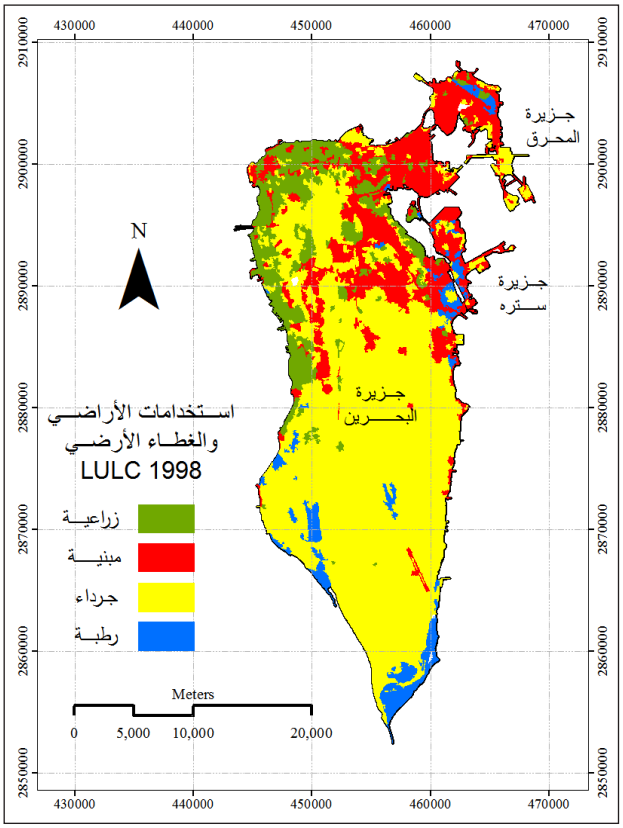
1.2. استخدم برنامج ArcGIS لبناء قاعدة بيانات جيومكانية Geospatial Database وذلك لجمع وتنظيم وإجراء عمليات التحاليل المكانية SpatialAnalysis. وأسندت مساقط جميع خرائط الدراسة بنظام الإحداثيات العالمي الجيوديسي_WGS_1984 UTM_Zone_39N والمرجع الأرضي Datum Ain el Abd 1970 المُحدد لموقع البحرين ضمن النظام الجغرافي العالمي. خُزنت نسخة ملف أخرى بالنظام العالمي لاستخدامها في عملية التحديث من على موقع Google Earth. صُححت المرئيات وروعي عند عمل التصحيح أن يكون متوسط الجذر المربع للخطأ Root mean square Error RMSE بين 0.5 و1.0 لضمان أفضل مستوى دقة عند عمل الترقيم المباشر. يبين الشكل (3) الصورة الجوية المصححة Orthophoto 1998، والشكل (4) المرئية الفضائية IKONOS 2002 والشكل (5) التقاط وتحديث بيانات المرئية الفضائية QuickBird 2004 إلى سنة 2012 من بيانات QuickBird2012.

الشكل 3: الصورة الجوية المصححة Orthophoto 1998

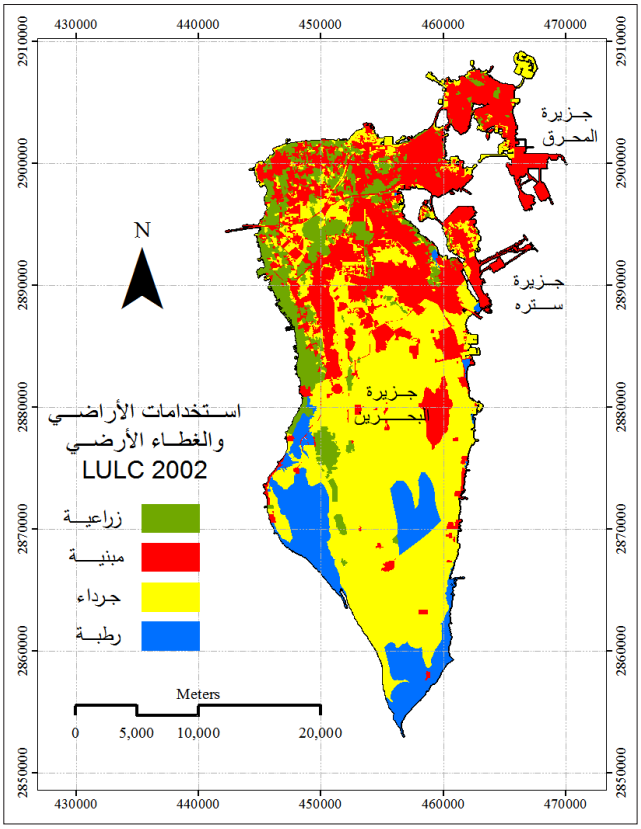


الشكل4: المرئية الفضائيةIKONOS 2002

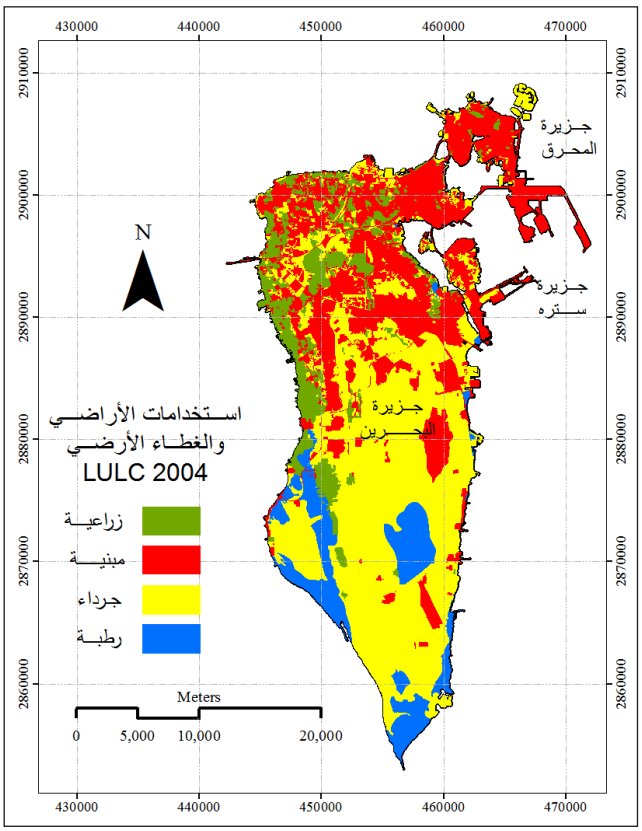
2.2. إجراء عملية تفسير بصري Visual Interpretation مباشر لجميع البيانات وإعداد الخرائط المطلوبة اعتماداً على بنية وشكل وحجم وأنماط البيانات الظاهرة للتعرف على مظاهر استخدامات الأراضي والغطاء الأرضي(Im and Jensen, 2005). واستخدمت عملية الترقيم النقطي Digitizing من على سطح المكتب لإعداد خرائط 1998، و2002، و2004، و2008 والتي تتمثل في الحدود الساحلية وخريطة استخدامات الأراضي والغطاء الأرضي، الأشكال (6 إلى 9).



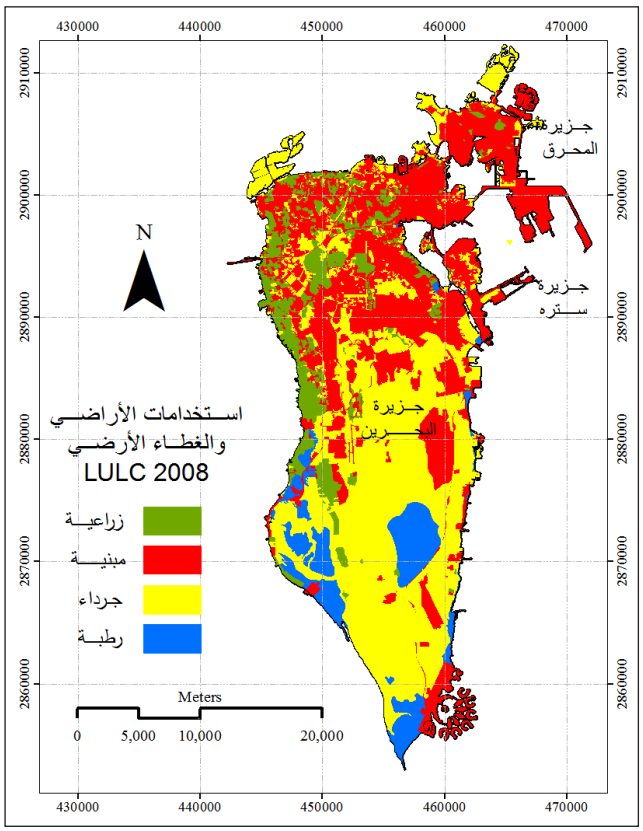
الشكل 6: استخدامات الأراضي والغطاء الأرضي 1998



الشكل 7: استخدامات الأراضي والغطاء الأرضي 2002

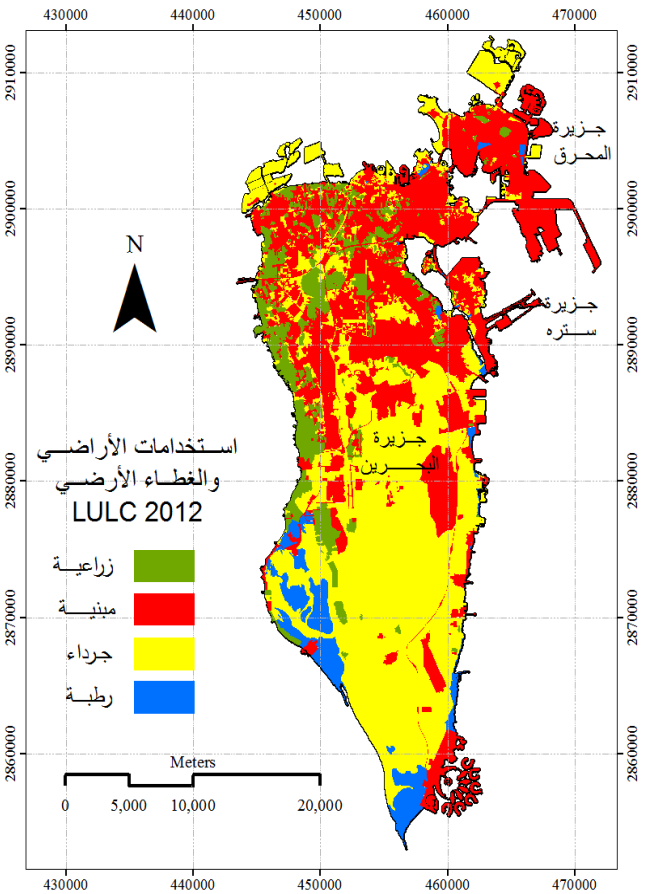


الشكل 8: استخدامات الأراضي والغطاء الأرضي 2004



الشكل 9: استخدامات الأراضي والغطاء الأرضي 2008

(3.2) تحديث خريطة استخدامات الأراضي والغطاء الأرضي لسنة QuickBird 2004 من خلال بيانات GoogleEarth Pro، وتحديثها إلى خريطة لسنة 2012 باستخدام عملية الترقيم اليدوي Digitizing من صورة المرئية الفضائية QuickBird 2012 المخزنة على الموقع، وذلك بعد أن يتم تحويل خريطة 2004 وتخزينها إلى شريحة Layer ثم تُخزن مرة أُخرى إلى شريحة بصيغة Keyhole Markup Language، وتصديرها إلى برنامج Google Earth، وإجراء عملية التحديث المطلوبة للمناطق المتغيرة من خلال عملية الترقيم المباشر من على سطح المكتب، مع مراعاة الدقة في عملية مطابقة الخريطة المنقولة على منطقة الدراسة، وبعد الانتهاء من عملية تحديث جميع المناطق المتغيرة يتم تخزينها وتحويلها مرة أخرى إلى صيغة Keyhole Markup Language KML، ومن ثم إلى Layer وإعادة عرضها في برنامج ArcGIS، الشكل(10)، وأُجريت عمليات التصحيح الطوبولوجي للتخلص من الفراغات والتقاطعات التي تبرز كأخطاء في عملية الترقيم.

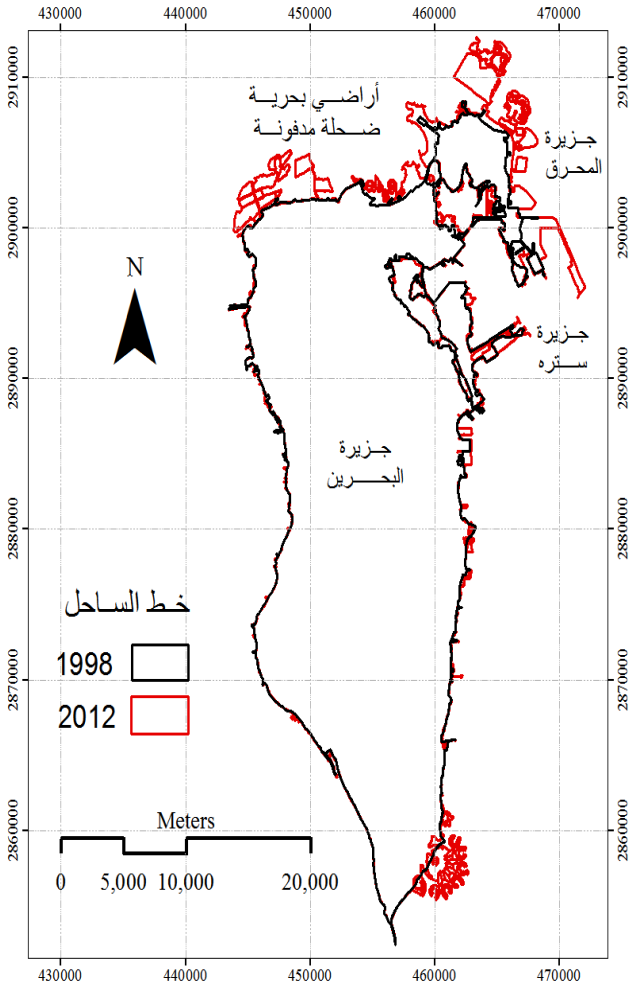


الشكل 10: استخدامات الأراضي والغطاء الأرضي 2012

2.4. استخدام إطار مؤشرات DPSIR لتحليل وتقييم أبرز الدوافع والضغوط التي أدت إلى التغيرات في استخدامات الأراضي والغطاء الأرضي في مملكة البحرين من 1998 إلى 2012.

النتائج والتحاليل

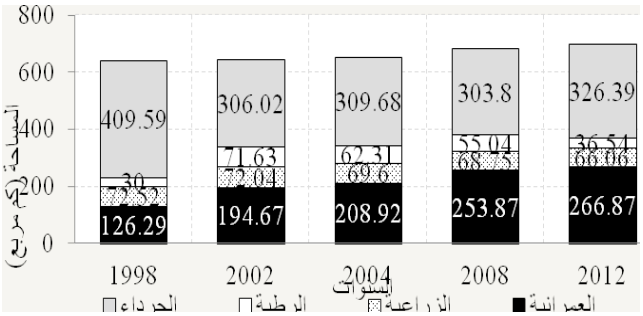
نتج عن تصنيف وتحليل بيانات الدراسة خمس خرائط لاستخدامات الأراضي والغطاء الأرضي للسنوات 1998، 2002، و 2004، و2008، و2012، (انظر الأشكال من 6 إلى 10)، كذلك انظر خريطة توضح تغير خط الساحل خلال فترة الدراسة 1998- 2012 بسبب أعمال التجريف والدفن، الشكل (11).



الشكل 11: تغير خط الساحل 1998- 2012

1. حساب وتحليل التغيرات في استخدامات الأراضي والغطاء الأرضي

تم حساب مساحات فئات تصنيف استخدامات الأراضي والغطاء الأرضي المختلفة، الشكل (12)، ونسب التغيرات في فترات الدراسة لكل نوع من الاستخدامات، ونمط تغيراتها في كل سنة من سنوات الدراسة بالكيلومتر المربع، الجداول (من 2 إلى 4)ونمط تغير استخدامات الأراضي لكل فئة تصنيف للسنوات 1998،2002، 2008 و 2012 الشكل (13).



الشكل 12: مساحات فئات التصنيف المختلفة ونسبها في كل سنة من سنوات الدراسة بالكيلومترالمربع (كلم^2)

الجدول 2: مصفوفة التغير في استخدامات الأراضي 1998-2002

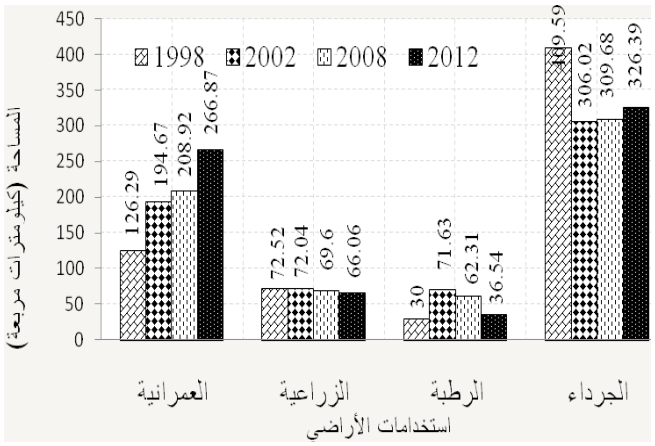
استخدامات الأراضي	1998	2002	2002-1998	%	متوسط التغير السنوي
الأراضي العمرانية	126.29	194.67	68.38	54.15	13.54
الأراضي الزراعية	72.52	72.04	0.48	0.66	0.17-
الأراضي الرطبة	30	71.63	41.63	138.77	34.69
الأراضي الجرداء	409.59	306.02	103.57	25.29	6.32-

الجدول 3: مصفوفة التغير في استخدامات الأراضي 2002-2008

استخدامات الأراضي	2002	2008	2008-2002	%	متوسط التغير السنوي
الأراضي العمرانية	194.67	253.87	59.2	30.41	7.60
الأراضي الزراعية	72.04	68.75	3.29	4.67	1.14-
الأراضي الرطبة	71.63	55.04	16.59	23.20	5.79-
الأراضي الجرداء	306.02	303.8	2.22	0.73	0.18-

الجدول 4: مصفوفة التغير في استخدامات الأراضي 2008-2012

استخدامات الأراضي	2008	2012	2012-2008	%	متوسط التغير السنوي
الأراضي العمرانية	253.87	266.87	13	5.12	1.28
الأراضي الزراعية	68.75	66.06	2.69	3.91	0.98-
الأراضي الرطبة	55.04	36.54	18.5	33.61	8.40-
الأراضي الجرداء	303.8	326.39	22.59	7.44	1.86



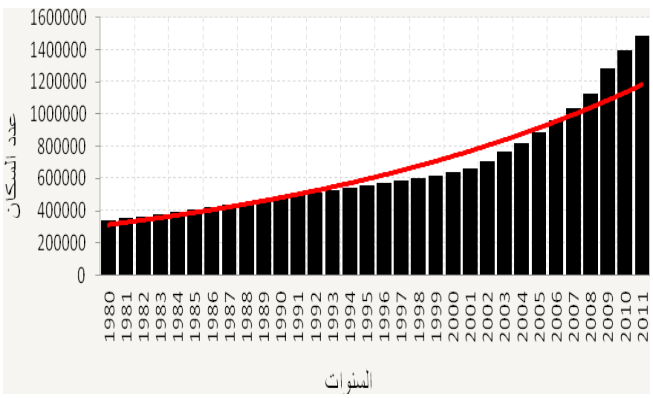
الشكل 13: نمط تغير استخدامات الأراضي 1202-2008-2002-1998

ووفقاً لإطار مؤشراتDPSIR فإن التطورات الاجتماعية والديموغرافية والاقتصادية تشكل تحدى واضح لطبيعة استخدامات الموارد الأرضية في مملكة البحرين فتزايدت الضغوط عليها من خلال دفن مساحات واسعة من الأراضي البحرية الضحلة حول السواحل لتوفير مساحات إضافية مما أدى إلى تزايد المساحة الكلية للمملكة بما يربوعن 90 كم^2، من 709.5 كم^2 في 1998، إلى 767كم^2 في 2012. ويتضح ذلك من تذبذب مساحة الأراضي الرطبة (المسطحات المائية والسبخات) بسبب أعمال الدفن حول السواحل والتي تضيف مساحات مائية مفتوحة تترك للتجفيف، ومن ثم تستغل في عملية الإنشاءات المختلفة. وتكثر أراضي السبخات في الأجزاء الجنوبية من المملكة وهي المناطق المنخفضة السطح، وقد تزايدت مساحتها من 30 كم^2 في 1998 إلى 62.31 كم^2 في 2004 ثم تناقصت مرة أخرى إلى أن وصلت في 2012 إلى 36.54 كم^2. أما الأراضي العمرانية (تصنف إلى مناطق سكنية وصناعية وتتخللها شبكة الطرق الرئيسة)، والتي تغطي معظم أجزاء الجزر الرئيسة الثلاث؛ فقد تزايدت مساحتها بأكثر من 140.6 كم^2 خلال فترة الدراسة من 126.3 كم^2 في 1998إلى 266.9 كم^2 في 2012، بنسبة تغير تعادل 111.32%، ناتجة عن عملية التوسع العمراني في مناطق الردم والدفن البحري، بالإضافة إلى التوسع باتجاه المناطق الزراعية والأراضي الجرداء. كما تناقصت مساحة الأراضي الزراعية التي كانت تتركز في الجزء الشمالي والشمالي الغربي من جزيرة البحرين من 72.5 كم^2 في 1998 إلى66.1 كم^2 في 2012 بنسبة تغير تعادل 8.8% وذلك نتيجة للتوسع في إنشاء المدن والمناطق السكنية على هذه الأراضي. وتناقصت مساحة الأراضي الجرداء في الأجزاء الجنوبية من جزيرة البحرين من 409.6 كم^2 في 1998 إلى 326.4 كم^2 في 2012، بنسبة تغير تعادل 20.3%.

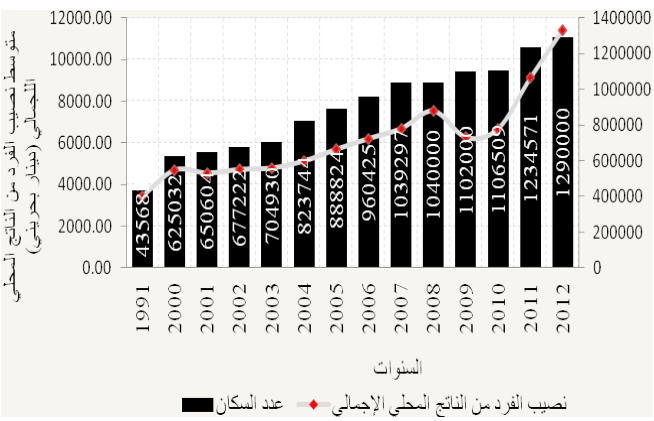
يتضح أن معظم التغيرات في حالة الأراضي والغطاء الأرضي خلال فترة الدراسة كانت في الأجزاء الشمالية من جزيرة البحرين بالإضافة إلى السواحل الشمالية و السواحل حول جزيرة المحرق والسواحل حول جزيرة سترة، وفي وضع الأراضي في مناطق السبخات في الأجزاء الجنوبية والمناطق الزراعية في الأجزاء الشمالية والشمالية الغربية من الجزيرة.

2. تحليل الدوافع والضغوط المؤثرة على التغيرات في استخدامات الأراضي والغطاء الأرضي

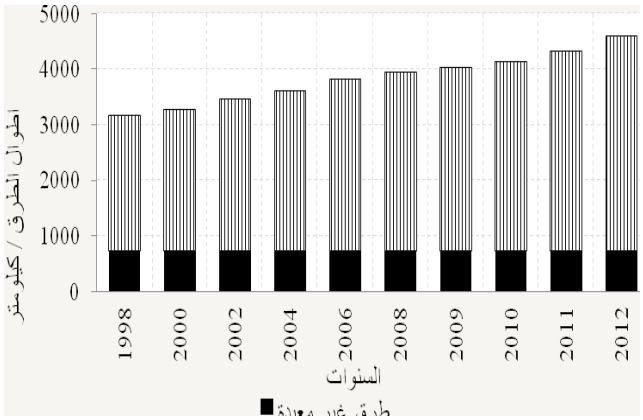
شهدت مملكة البحرين تسارع في التنمية الاجتماعية والاقتصادية خلال 15 سنة الماضية (1998-2012) وتضافرت مجموعة من القوى الدافعة والتي من أهمها ازدياد أعداد السكان من 350,798 نسمة في 1998 إلى 1,234,571 نسمة في 2012 (الشكل 14) فازدادت بذلك الكثافة السكانية في 1998 إلى ما يربو عن 900 نسمة/كم^2، وتزايدت في 2012 لتصل إلى أكثر من 1668 نسمة/كم^2 (الجهاز المركزي للمعلومات، 2012). وترافق مع هذه الزيادة السكانية زيادة في متوسط نصيب الفرد من الناتج الإجمالي المحلي، (الشكل15). تعتبر الكثافة السكانية من أهم القوى الدافعة غير المباشرة التي تؤثر وتؤدي إلى ضغوط متعددة على استخدامات الأراضي والغطاء الأرضي؛ حيث تدفع الأنشطة البشرية المكثفة الناتجة عن زيادة أعداد السكان وكثافتهم في مساحات محدودة إلى تدهور نوعية الهواء والأراضي والمياه. ويترتب على هذه الزيادة في أعداد السكان وتغير في أنماط المعيشة وتغير عادات وطبيعة الاستهلاك إلى زيادة في كمية النفايات الصلبة المتولدة بشكل كبير، والتي قد تزايدت كمياتها من423935 طن في 2000 لتصل إلى نحو 1432030 طن في عام 2012 (الشكل 16)، (وزارة شئون البلديات والزراعة، 2012).



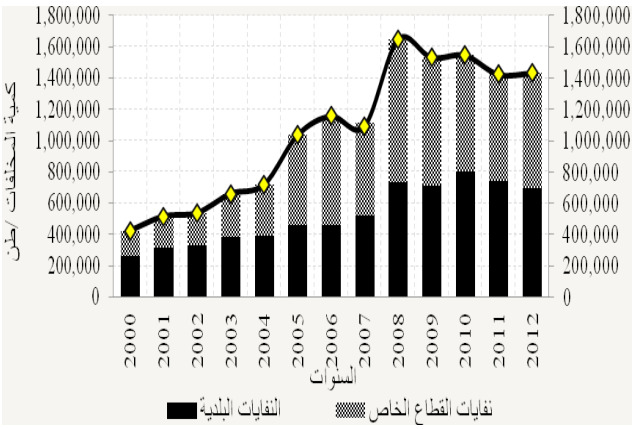
الشكل 14: تزايد أعداد السكان في مملكة البحرين 1986- 2011



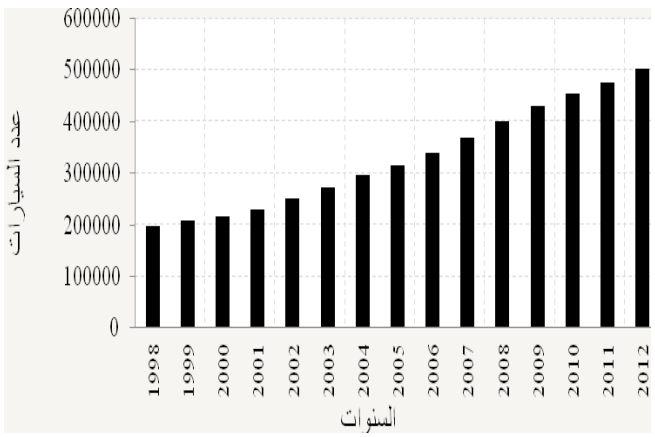
الشكل 15: تزايد متوسط نصيب الفرد من الناتج المحلي الإجمالي في مملكة البحرين 1991-2010



الشكل 16: تزايد كميات النفايات البلدية الصلبة بالطن المتري في مملكة البحرين 2000 -2012



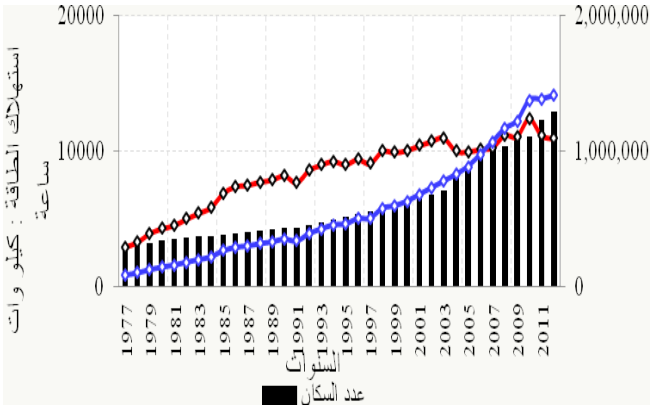
الشكل 17: تزايد أطوال الطرق 1998-2012



الشكل 18: تزايد أعداد السيارات 1998-2012

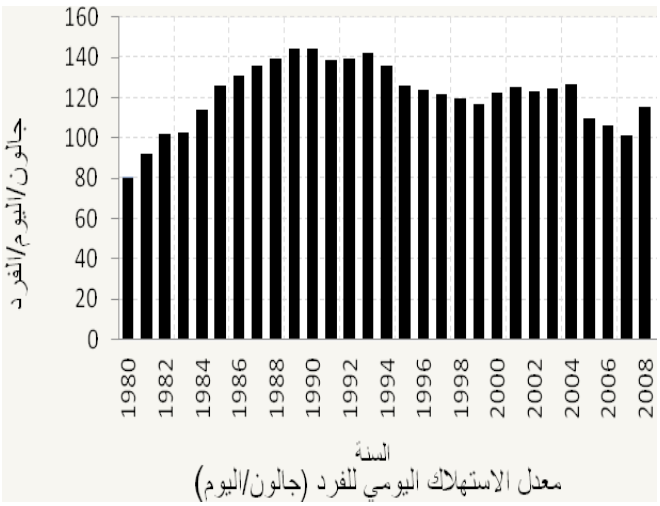
تزايد الاهتمام بربط المدن والجزر بشبكة من الطرق البرية المعبدة؛ التي تزايدت أطوالها باستمرار من 3224 كم في 1998 إلى 4122 كم في2012، (الشكل 17). وتزايدت أعداد السيارات من 198617 في 1998 إلى 501481 في 2012، (الشكل 18). وكان للزيادة المستمرة في أعداد السكان دوراً كبيراً في تزايد الطلب على الكهرباء وبالتالي تزايد الطاقة المستهلكة حيث ارتفع

الطلب الإجمالي من الطاقة الكهربائية من 5773.4 (مليون كيلو وات ساعة) في 1998 إلى 14104 (مليون كيلو وات ساعة) في 2012؛في حين ارتفع الاستهلاك السنوي للفرد من الطاقة الكهربائية المولدة من 10008 كيلو وات/ ساعة في 1998 إلى 10933.5 كيلو وات/ ساعة في 2012، كما يوضحه (الشكل 19) (الجهاز المركزي للمعلومات 1998- 2012) ؛ (هيئة الكهرباء والماء، 2012).



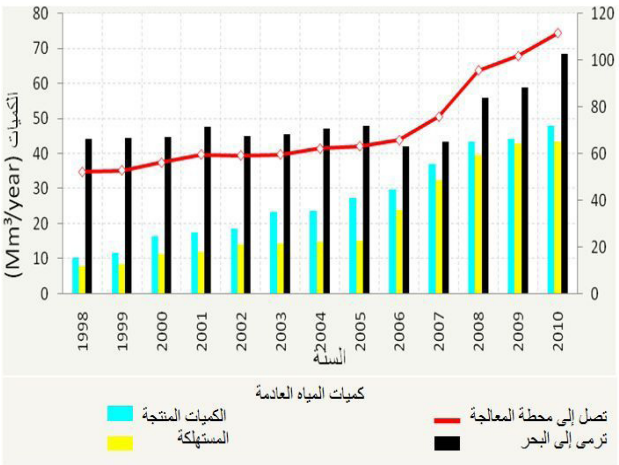
الشكل 19: تزايد معدل الاستهلاك السنوي للفرد من الطاقة الكهربائية المولدة (كيلو وات/ ساعة) 1998-2012

أدى تزايد الطلب على المياه، إلى ارتفاع معدل الاستهلاك اليومي للفرد من 80 جالون/اليوم في 1998 إلى 120 جالون/اليوم في2012، (الشكل 20)، علماً بان المعدل العالمي لاستهلاك الفرد اليومي من المياه 70 جالون يوميا. وهذا يشكل ضغطاً على المياه الجوفية والمياه المُحَلاة للأغراض البلدية؛ حيث ارتفع إنتاج المياه من 44.03 مليون متر^3 في 1998 إلى 246.76 مليون متر^3 في 2012، (الشكل 21). وترافق مع هذه الزيادات زيادة في كميات مياه الصرف العادمة، (الشكل 22).



الشكل 20: معدل الاستهلاك اليومي من المياه للفرد (جالون/اليوم) 1998 -2009

الشكل 21: تزايدت كميات المياه المستهلكة من المياه الجوفية والمحلاة للأغراض البلدية 1998- 2012



الشكل 22: تزايد كميات مياه الصرف العادمة

لقد أدت الدوافع بسبب زيادة أعداد السكان والتغير في الإمكانيات والقدرات المالية الشرائية لشريحة واسعة منهم إلى بروز ضغوط متصلة على البيئة، فتغيرت طبيعة استخدامات الأراضي والغطاء الأرضي خلال فترة الدراسة. ويتضح من تحليل إطارDPSIR أن مؤشرات القوى الدافعة الاجتماعية، والتطورات الديموغرافية والاقتصادية في المجتمع البحريني تعكس تغيرات في أنماط الحياة، ومن أهمها المستويات العامة للاستهلاك. يعتبر مؤشر النمو السكاني من أهم القوى الدافعة الرئيسة التي أثرت في عملية النمو والتطورات المرتبطة بها من احتياجات وأنشطة أفراد المجتمع؛ حيث رفعت هذه القوى إلى تغيرات في المستويات العامة للإنتاج والاستهلاك المرتبط بالكهرباء والماء وتوليد النفايات الصلبة، وأطوال الشوارع وأعداد السيارات فأدت إلى ضغوط على البيئة خاصة على طبيعة استخدام الأراضي والغطاء الأرضي وما تبعه من تجريف وردم للأراضي الساحلية، الجدول (5).

الجدول 5: مصفوفة إطار مؤشرات (DPSIR)

الأنشطة البشرية المتواصلة التي أدت إلى ضغوط على استخدام الأراضي والغطاء الأرضي في مملكة البحرين.		**إجهاد مباشر ناتج عن التغير في استخدامات الأراضي والغطاء الأرضي يؤدي إلى إطلاق الملوثات**		**حالة ووضعية تغير استخدامات الأراضي والغطاء الأرضي في مملكة البحرين خلال الفترة 1998– 2012 وتأثيرها على المناخ المحلي، وعلى صحة الإنسان وصحة البيئة الطبيعية.**		**الآثار المتوقع حدوثها على المجتمع الإنساني بسبب التغيرات في حالة البيئة الطبيعية.**
(الدوافع الاقتصادية والتنموية) (i) إيرادات نفطية عالية، وطفرة اقتصادية، وزيادة الأنشطة المالية وزيادة الناتج المحلي. (ii) ظهور عمليات ونشاطات بشرية متنوعة. (iii) زيادة الطلب على الأراضي للأغراض السكنية، والتجارية، والترفيهية، والصناعية؛ والسياحية (iv) تغير استخدامات الأراضي والغطاء الأرضي. (v) تغير العرض والطلب على المنتجات والنشاطات الاقتصادية والأراضي. (vi) زيادة وتوسع في شبكات الطرق والبنية التحتية. (vii) التطور التكنولوجي والتقني.		(i) توسع في المناطق السكنية والخدماتية والمؤسسية والترفيهية. (ii) تزايد في المشاريع السياحية متنوعة. (iii) تواصل التشييد في البنية التحتية: بناء المدن/ وشبكات الطرق والكهرباء والصرف الصحي. (iv) تواصل في عمليات تجريف الشواطئ ردم مساحات واسعة من الأراضي الرطبة والسبخات. (v) تغير وتحول و تداخل أنواع استخدامات الأراضي و تغير توزيعها. (vi) توسع في النشاطات البشرية السكنية، والتجارية، والترفيهية، والصناعية. (vii) استنزاف الموارد الطبيعية بشكل اكبر.			(i) تدهور صحة الإنسان وعدم القدرة على توفير الخدمات الصحية الملائمة. (ii) أثار اجتماعية / اقتصادية مثل تردي الوضع الاقتصادي وتراجع بعض الأنشطة وتزايد أنشطة أخرى على حساب الأولى. (iii) تضارب ثقافي واجتماعي في المناطق ذات الكثافات السكانية المرتفعة وتزايد المشاكل الاجتماعية وتزايد الفقر والتخلف. (iv) إختلالات هيكلية ناجمة عن الفجوة في توزيع استخدامات الأراضي. (v) عدم التوازن التنموي من خلال توزيع السكان وتمركزه في بعض المناطق. (vi) تدهور الغطاء النباتي والتربة (الموارد الطبيعية) وتدهور التنوع الحيوي. (vii) زيادة الضغط على البنية التحتية كشبكات المياه والكهرباء زيادة شبكات الصرف الصحي والطرق
(الدوافع الديموغرافية والثقافية والاجتماعية) (i) نمو وزيادة سكانية. (ii) نمو وتطور التعليم و زيادة الدخل ونصيب الفرد من الناتج المحلي. (iii) زيادة نصيب الفرد من استهلاك الطاقة. (iv) زيادة نصيب الفرد من استهلاك الماء.						
(الدوافع السياسية والإدارية) (i) الهيكل السياسي والإداري وظهور المؤسسات والوزارات وغيرها. (ii) القرارات والسياسات والقوانين الإدارية وخاصة تلك المتعلقة بقوانين الملكية وحيازة الأرض. (iii) السماح بالاستثمارات الأجنبية.						
(الدوافع البيئية) (i) تغير المناخ. (ii) تدهور الغطاء النباتي والتنوع الحيوي. (iii) تدهور واستنزاف التربة. (iv) تدهور واستنزاف الموارد المائية						

الاستجابة Response

الحلول والإجراءات المتعلقة باستخدامات الأراضي والغطاء الأرضي

(i) استراتجيات وطنية لتنظيم استخدامات الأراضي والغطاء الأرضي

(ii) استراتيجيات وطنية لرصد التغيرات في الغطاء الأرضي

(iii) بناء قواعد بيانات جيومكانية لتخزين وتحليل وتقييم التغيرات في استخدامات الأراضي والغطاء الأرضي

(iv) وضع خطوط توجيهية للتشريعات والقوانين الوطنية وتحديد التدابير الوطنية للمتابعة والتوجيه؛

(v) إعداد دراسات تقييم الأثر البيئي لاستقراء التغيرات المستقبلية.

(vi) إعداد النشرات التوجيهية والتعليمية للمجتمع حول طبيعة استهلاك الموارد الأرضية بجميع أنواعها.

الخلاصة والتوصيات

أدى النشاط البشري في مملكة البحرين خلال فترة الدراسة 2012- 1998 إلى تغييرات واسعة في الغطاء الأرضي واستخداماته بسبب عدم وجود خطط إستراتيجية وطنية تحدد وتنظم استخدامات الأراضي. فبرزت مجموعة من المشاكل المرتبطة بالاستخدام غير المستدام Unsustainable use للأراضي، وتقلصت مساحة الرقعة الخضراء والأراضي الزراعية، كما ازدادت المساحات المبنية والمجمعات والمدن السكنية بالإضافة إلى زيادة المساحات المدفونة حول السواحل لأغراض التنمية الحضرية من خلال عمليات التجريف واستصلاح الأراضي البحرية الضحلة المحيطة بالسواحل لتوسيع المناطق الساحلية في البحرين لاستيعاب مناطق سكنية وتجارية جديدة وكذلك لبناء الجزرالاصطناعية الترفيهية والموانئ والجسور، ومحطات توليد الطاقة وتحلية المياه. هذه التغيرات لابد وأن يكون لها تأثيرات مباشرة وغير مباشرة على النظم والموارد الطبيعية البيئية في مملكة البحرين في الوقت الحاضر أو المستقبل.

تزايد الطلب على الأراضي في مملكة البحرين، بسبب تسارع وتيرة النمو والتنمية في المجال السياحي والإسكاني في معظم المناطق، وازدادت أسعار الأراضي، وتزايدت الضغوط عليها وعلى بيئاتها الطبيعية. وشكلت الزيادة المتسارعة في أعداد السكان أحد أهم الدوافع Driving Forces الرئيسة، بالإضافة إلى وفرة المداخيل النقدية بسبب تزايد نصيب الفرد من الدخل القومي التي دفعت إلى زيادة الضغوط Pressures المباشرة والمتواصلة لاستغلال الأراضي بجميع أنواعها المختلفة لازالت هنالك حاجة وضرورة ماسة لتطوير مجموعة من البيانات الأساسية التي توفر معلومات كمية وبيانات جغرافية/مكانية Quantitative and Spatialعن التغيرفي استخدامات الأراضي والغطاء الأرضي في مملكة البحرين. وعلاوة على ذلك يبدو أن هنالك فجوة في المعلومات المتاحة، والدراسات المنهجية على الصعيد الوطني المحلي Local scales والتي من الممكن أن تستخدم في صنع القرار والتخطيط الوطني في استخدامات الأراضي.

المراجع

المراجع باللغة العربية

أباحسين، أسماء علي، وعبده، أنور شيخ الدين (2008) المؤشرات البيئية والتقييم البيئي المتكامل. *مجلة العلوم الاجتماعية، جامعة الكويت*، **36** (1): 139- 159.

الجهاز المركزي للمعلومات (1986-2012) مملكة البحرين
Available at: http://www.cio.gov.bh/cio_ara

الحمامي،عاهد ذنون، والعزاوي، علي عبد عباس (2007) *استخدام تقنيات الاستشعارعن بعد ونظم المعلومات الجغرافية في تقديرالمساحة وكثافة مشاجرالغابات الاصطناعية في مدينة الموصل.*

المدني، إسماعيل محمد، والسيد، هاشم أحمد (2001) *بيئة البحرين البحرية، سلسلة كتب حول الحياة الفطرية رقم (7)*، الهيئة الوطنية لحماية الحياة الفطرية، المنامة، البحرين.

برنامج الأمم المتحدة للبيئة (2002) كتيب تدريب *تقييم التأثير البيئي.*

مصيقر، عبدالرحمن عبيد؛ والزياني، عادل خليفة (2008) *البيئة في مملكة البحرين الواقع والتحديات*. مركز البحرين للدراسات والبحوث، الطبعة الأولى، المنامة، البحرين. ص ص 1- 469.

الهيئة العامة لحماية الثروة البحرية والبيئة والحياة الفطرية (2005) *تقرير موجز حول الوضع البيئي في مملكة البحرين*،، المنامة، مملكة البحرين.

غنيم، عثمان محمد، أبوزنط، ماجدة (2010) *التنمية المستديمة فلسفتها وأساليب تخطيطها وأدوات قياسها*. دار صفاء للنشر والتوزيع، عمان، ص ص 334-1.

زريقات، دلال (2005) *أنماط الغطاء الأرضي في حوض وادي جرش باستخدام نظم المعلومات الجغرافية*. كلية التربية، الرياض، المملكة العربية السعودية، ص ص 10-1.

وزارة شئون البلديات والزراعة (2012) *مملكة البحرين*.
Available at: http://www.municipality.gov.bh/mun/pages/Statistics_ar.jsp

لجنة التنمية المستدامة (1999) *التقدم المحرز في تنفيذ برنامج العمل من أجل التنمية المستدامة للدول الجزرية الصغيرة النامية*. لجنة التنمية المستدامة المجلس الاقتصادي والاجتماعي، الأمم المتحدة، الدورة السابعة

هيئة الكهرباء والماء، (2012) *مملكة البحرين*
Available at: http://www.mew.gov.bh

المراجع باللغة الإنجايزية

Anderson J; Hardy E; Roach J; and **Witmer. R** (1976) *A Land use and Land cover Classification System for use with Remote Sensor Data.* Geological Survey Professional Paper 964, A revision of the land use classification system as presented in U.S. Geological Survey Circular 671.
Available at: http://landcover.usgs.gov/pdf/anderson.pdf

Abido SM; Mohamed SA (2002) The Mangrove Ecosystem in Tubli Bay of Bahrain: Opportunities for Survival. *In:* **Salim Javed;** and **Amrtia G deSoyza** (eds), *Proceedings of the 2nd International Symposium and workshop on Arid Zone Environment: Research and Management Options for Mangrove and Salt March Ecosystems. ERWD,* Abu Dhabi, UAE, pp50-57.

Athins J; Burdon D; and **Gergory A** (2011) Management of the Marine Environment: Integrated Ecosystem Services and Social Benefits with the DPSIR Framework in a System Approach.

Getimis P; Spanidis N; Van den Born GJ; and **Kroon HJJ (1999**) *Land use Pressure Indicators*. European Commission, ESPON.

Giupponi C (2002) From the DPSIR Reporting Framework to a System for a Dynamic and Integrated Decision Making Process. *In:* MULINO *Conference on European Policy and Tools for Sustainable Water Management,* Venice.

Hanne S; Lars KP; Dale R; Henk S; and **Frank W** (2008) Discursive Biases of the Environmental Research Framework DPSIR. *Land Use Policy*, **25:** 116–125.

Holman IP; Rounsevell MDA; Shackley S; Harrison PA; Nicholls RJ; Berry PM; and **Audsley E** (2005) A Regional, Multi-sectorial and Integrated Assessment of the Impacts of Climate and Socio-economic Change in the UK. *Climate Change*, **71** (1): 9–41.

Holten-Andersen J; Paalby H; Christensen N; Wier M; and **Andersen FM** (1995) *Recommendations on Strategies for Integrated Assessment of Broad Environmental Problems*. Report Submitted to the European Environment Agency (EEA) by the National Environmental Research Institute (NERI), Denmark.

Im J; and **Jensen JR** (2005) A Change Detection Model Based on Neighborhood Correlation Image Analysis and Decision Tree Classification. *Remote Sensing of Environment,* **99:** 326-340.

Kristensen P (2004) *The DPSIR Framework*. National Environmental Research Institute, Denmark. Department of Policy Analysis. European Topic Centre on Water, European Environment Agency.
Available at: http://enviro.lclark.edu:8002/rid=1145949501662_742777852_522/DPSIR%20Overview.pdf

La Jeunesse I; Rounsevell M; and **Vanclooster M** (2003) Delivering a Decision Support System Tool to a River Contract: a Way to Implement the Participatory Approach Principle at the Catchment Scale? *Physics and Chemistry of the Earth*, **28** (12/13): 547-554.

Langaas S; (1997) *The Spatial Dimension of Indications of Sustainable Development: The Role Marin Pollution Bulletin*, **62:** 215-226.

Biggs R; and **Scholes RJ** (2002) Land-cover Changes in South Africa 1911-1993. *South African Journal of Science,* **98:** 420-424.
Available at: http://researchspace.csir.co.za/dspace/bitstream/10204/1943/3/Biggs_2002.pdf

Bowen RE; Riley C (2003) Socio-economic Indicators and Integrated Coastal Management. *Ocean and Coastal Management,* **46:** 299-312.

Burkhard B; and **Muller F** (2008) *Ecological Indicators Driver–Pressure–State–Impact*. Elsevier BV

Di Gregorio A (2005) *Land Cover Classification System, Classification Concepts and User Manual*. Food and Agriculture Organization of the United Nations FAO, Rome, Italy.
Available at: http://www.fao.org/gtos/doc/ecvs/t09/ecv-t9-landcover-ref25-lccs.pdf

Edward R Carr; Philip M Wingard; Sara C Yorty; Mary C Thompson; Natalie K Jensen; and **Justin Roberson** (2007) Applying DPSIR to Sustainable Development. *International Journal of Sustainable Development & World Ecology,* **14**: 543-555.
Available at: http://www.edwardrcarr.com/Publications_files/Carr%20et%20al%20Applying%20DPSIR%20to%20Sustainable%20Development.pdf

EEA (1995) *Europe's Environment: the Dobris Assessment*. European Environment Agency, Copenhagen.

EEA (2005) *European Environmental Outlook*. European Environment Agency, Copenhagen.

Elliott M (2002) The Role of the DPSIR Approach and Conceptual Models in Marine Environmental Management: an Example for Offshore Wind power. *Marine Pollution Bulletin* **44** (6): iii–vii.

Fassio A; Giupponi, C; Hiederer R; and **Simota C** (2005) A Decision Support Tool for Simulating the Effects of Alternative Policies Affecting Water Resources: an Application at the European Scale. *Journal of Hydrology,* **304:** 462-476.
Available at: http:// www.elsevier.com/locate/jhydrol

Scheren PAGM; Kroeze C; Janssen JJJG; Hordijk L; and **Ptasinski KJ** (2004) Integrated Water Pollution Assessment of the Ebrie´ Lagoon, Ivory Coast, West Africa. *Journal of Marine Systems,* **44** (1/2): 1-17.

Snickars Martin; Pitkanen T (2007) *GIS Tools for Marine Spatial Planning and Management. Balance Interim Report No. 28. (PDF).*
Available at: http://balance-eu.org/xpdf/balance-interim-report-no-28.pdf

UNEP (2005) *Working Document on Priority Environmental Indicators in West Asia, Arab Africa Reigns, 13-15 October, 2003*.United Nations Environment Program, Bahrain.

UNEP (2002) Global Environmental Outlook 3. Earth Scan. United Nations Environment Program, London.
Available at: http://www.grid.unep.ch/geo/geo3/english/index.htm

UNESCO (2003) *A Reference Guide on the Use of Indicators for Integrated Coastal Management - ICAM Dossier 1, IOC Manuals and Guides No.45*. UNESCO, Paris, France.
Available at: http://unesdoc.unesco.org/images/0013/001305/130584e.pdf

UNESCO (2006) *A Handbook for Measuring the Progress and Outcomes of Integrated Coastal and Ocean Management. Intergovernmental Oceanographic Commission*. Manuals and Guides, 46; ICAM Dossier, 2. UNESCO, Paris, France.
Available at: http://unesdoc.unesco.org/images/0014/001473/147313e.pdf

Walmsley JJ (2002) Framework for Measuring Sustainable Development in Catchment Systems. *Environmental Management*, **29** (2): 195-206.

Williams D; and **Lyon J** (1997) Historical Aerial Photographs and a Geographic Information System (GIS) to Determine Effects of Long Term Water Level Fluctuations on Wetlands along the St. Marys River, Michigan, USA. *Aquatic Botany,* **58:** 363-378.

of Geographic Information Systems (GIS), Sustainability Indicators Report of the project on Indicators of Sustainable Development. Edited by Bedrich Moldan. John Wiley & Sons Ltd, Baffins Lane, Chichester, West Sussex P019 1UD, England. pp 33-38.

Odermatt S)2004(Evaluation of Mountain Case Studies by Means of Sustainability Variables. a DPSIR Model as an Evaluation Tool in the Context of the North–South Discussion. *Mountain Research and Development,* **24** (4): 336-341.

OECD (1999) *Environmental Indicators for Agriculture: Concepts and Frameworks, vol. 1*. Organization for Economic Co-operation and Development, Paris.
Available at: http://www.oecd.org/greengrowth/sustainable-agriculture/40680795.pdf

OECD (2003) *OECD Environmental Indicators: Development, Measurement and Use.* OECD, Paris.

OECD)1993(*OECD Core Set of Indicators for Environmental Performance Reviews: A Synthesis Report by the Group on the State of the Environment.* Organization for Economic Co-operation and Development, Paris. Report No. 83, pp1-39.

Olson J; Misana S; Campbell D; Mbonile M; and **Mugisha S** (2004) *A Research Framework to Identify the Root Causes of Land Use Change Leading to Land Degradation and Changing Biodiversity*. LUCID Project Working Paper 48.
Available at: http://www.lucideastafrica.org/publications/Olson_LUCID_WP48.pdf

Pinter L; Swanson D; Abdel-Jelil I; Nagatani-Yoshida K; Rohman A; and **Koke M** (2005) *Module_5, Integrated Analysis of Environmental Trends and Policies*.

Pinter L; Zahedi K; and **Cressman D** (2000) *Capacity Building for Integrated Environmental Assessment and Reporting: Training Manual*. UNEP and IISD.

Rapport D; Friend A (1979) *Towards a Comprehensive Framework for Environmental Statistics: a Stress–response Approach. Statistics Canada Catalogue 11-510*. Minister of Supply and Services Canada, Ottawa.