

## Assessment of Land Consumption Rate of the Main Island of the Kingdom of Bahrain 1986-2012 using GIS and Remote Sensing

Sabah Saleh Al-Jnied; Nadir Abdulhamed; and Ghadeer Mohamed Redhah Kathem

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

### ABSTRACT

ID# (2761)

Received: 17/07/2013

In-revised: 15/08/2013

Corresponding Author;

Sabah Salih Al-Jnied

E-mail: sabah@agu.edu.bh

### KEYWORDS

Cooling load, Conditioning system, Programmable thermostat, Lighting systems, Infusion rate.

This study aims to analyze and evaluate the change in urban landuse area in the main islands of the Kingdom of Bahrain (Bahrain, Muharraq and Sitra) during the period 1986 - 2012 using Landsat 1986-1998 satellite data and QuickBird 2002 and Google Earth data. The methodology focused on using Supervised Classification and visual image interpretation and overlay analysis. Four thematic maps were produced and used to evaluate and to measure Land Consumption Rate –LCR and Land Absorption Coefficient –LAC. The results indicate increase in Urban area and Land Consumption Rate –LCR.

### تقييم مُعدل استهلاك الأراضي للتوسع العمراني في مملكة البحرين 1986-2012

باستخدام نظم المعلومات الجغرافية والاستشعار عن بعد

صباح صالح الجنيدي، نادر عبد الحميد، و غدير محمد رضا كاظم

كلية الدراسات العليا، جامعة الخليج العربي،  
المنامة، مملكة البحرين

### المُستخلص

تهدف هذه الدراسة إلى تحليل وتقييم التغير في زيادة مساحة الأراضي في جزر مملكة البحرين الرئيسية (البحرين، المحرق وستره) خلال الفترة من 1986 إلى 2012 باستخدام بيانات القمر الاصطناعي لاند سات 1986-1998 Land sat، وبيانات القمر الاصطناعي كويك بيرد 2002 Quick Bird، وبيانات غوغل إيرث 2012 Google Earth، وإجراء تقييم كمي للتغيرات بحساب معدل استهلاك الأرض Land Consumption Rate LCR ومعدل امتصاص الأرض Land Absorption Coefficient LAC. ركزت المنهجية على استخدام التصنيف المراقب Supervised Classification والتحليل البصري Visual Interpretation، ونتج عن الدراسة أربع خرائط موضوعية Thematic maps تعكس التغيرات على مدى الفترة الزمنية للدراسة، واستخدمت لحساب معدل استهلاك الأرض ومعامل امتصاص الأرض. وتشير النتائج إلى زيادة في التوسع العمراني وفي معدل استهلاك الأرض.

رقم المسودة: (2761)

استلام المسودة: 2013/07/17

استلام المعدلة: 2013/08/15

الباحث المرسل:

صباح صالح الجنيدي

بريد الكتروني:

sabah@agu.edu.bh

### الكلمات الدالة

نظم المعلومات الجغرافية، الاستشعار عن بعد، غوغل إيرث، معدل استهلاك الأرض، معامل امتصاص الأرض.

## المقدمة ومنطقة الدراسة

## (1) المقدمة

أدى تسارع وتيرة النمو والتنمية في مملكة البحرين خلال الخمس والعشرين سنة الماضية (1986-2012) إلى زيادة الطلب على الأراضي خصوصاً في المناطق الساحلية منها، واستهلكت مساحات شاسعة من الأراضي البرية والبحرية من خلال تجريف ودفن المناطق البحرية الضحلة المحيطة بالجزر الرئيسية لاستخدامها في المشاريع الإسكانية والصناعية والخدمية والسياحية والترفيهية وغيرها (المدني والسيد، 2001؛ مصيقر والزياني، 2008؛ السيد، 2009) فتغيرت وتداخلت طبيعة استعمالات الأراضي خصوصاً في التوسع العمراني وبناء المدن لاستيعاب الزيادة في أعداد السكان. تتطلب عمليات الإدارة المستدامة للموارد الأرضية ووضع السياسات المتعلقة بها معلومات وإحصاءات متنوعة حول استخدامات الأراضي والغطاء الأرضي لرصد التغيرات فيها ونمذجتها وتحديثها باستمرار. وتلعب علوم وتقنيات الاستشعار عن بعد دوراً مهماً وفعالاً لإنتاج معلومات مكانية وبيانات أولية مفصلة عن الظواهر الأرضية باستخدام المنصات المحمولة في الفضاء (Louisa and Antonio, 2004) هذه البيانات عن المواقع الجغرافية المتعددة زمنياً Temporal تساعد على توصيف وتقييم التغيرات فيها (Yuan, et al., 2005). ويتم الاستفادة من الخصائص المكانية والزمانية والطيفية لبيانات الاستشعار عن بعد لرسم خرائط تغير استخدامات الأراضي والغطاء الأرضي للمساهمة في اتخاذ القرارات للإدارة المستدامة للموارد الأرضية (Berlanga-Robles and Ruiz-Luna, 2002). ولقد أدى ظهور صور الأقمار الصناعية إلى تطوير أدوات الرصد المنهجي للغطاء الأرضي من الفضاء (Skole and Tucker, 1993; Chomentowski, et al, 1994; Mollicone, et al, 2003). وتستخدم بياناتها في رصد التغيرات على سطح الأرض من خلال جمعها البيانات المطلوبة لمساحات شاسعة من الأراضي على فترات زمنية مختلفة (Jensen, 2005) مما يساعد في تقييم استخدامات الأراضي والغطاء الأرضي للسنوات المختلفة وتحليل التغيرات وفهم أنماط استخدامات الأرض والعوامل المؤثرة فيها وخصوصاً عندما يتم دمجها مع بيانات نظم المعلومات الجغرافية والأدوات التحليلية الإحصائية المتنوعة، وبناء قواعد بيانات لإدارة عمليات الرصد على المدى الطويل (Sabins, 1997; Drury, 2001; Gottfried, 2003; Gupta, 2003; Jensen, 2005;). لقد استخدمت بيانات الاستشعار عن بعد ونظم المعلومات الجغرافية لرسم خرائط استخدامات الأراضي والغطاء الأرضي واكتشاف التغيرات في الكثير من الدراسات خلال الفترة الماضية. ووظفت هذه البيانات لدراسات التمدد والزحف العمراني وتحديد التغيرات كمياً في الأراضي ودراسة آثار التغيرات المترتبة عنها بطرق أسهل وأسرع من الأساليب التقليدية في دراسات المسوحات البيئية والحضرية (Da Costa and Cintra, 1999).

أصبحت صور القمر Landsat، ذات الدقة المكانية 30 متر متعددة الأطياف، العمود الفقري لدراسات تغير الغطاء الأرضي على نطاق واسع بسبب الفترة الزمنية الطويلة التي تغطيها بيانات

هذه الأقمار والتي تزيد عن 35 سنة (Dengsheng Lu, et al, 2010; Wulder, et al, 2008; Cohen & Goward, 2004) وبالإضافة إلى صور Landsat هناك العديد من صور الأقمار الصناعية التي يتم استخدامها لرصد ودراسة تغيرات الغطاء الأرضي ودراسات التمدد والزحف العمراني مثل صور الأقمار (SPOT و IKONOS و QuickBird و World View 2 و MODIS و ASTER و IRS و Allen, et al, 2013; Lu and Weng, 2009; Wang, et al, 2004; Malik and Husain, 2003; Goetz, et al, 2003; Xu, et al, 2003).

وتعتبر عملية استخراج المعلومات عن الغطاء الأرضي من بيانات الاستشعار عن بعد جزء أساسي وضروري لمجموعة متنوعة من التطبيقات بما في ذلك رسم خرائط استخدامات الأراضي ورصد التغيرات (Townshed, 1992) ولقد تم تطوير مجموعة واسعة من تطبيقات بيانات الغطاء الأرضي المستمدة من الأقمار الصناعية، ومن أهمها تحليل ديناميكيات الغطاء الأرضي والتي تلعب دوراً مهماً في التأثير على البيئات الطبيعية Ecosystems (Yuan, et al, 2005) وكذلك إنتاج خرائط الغطاء الأرضي باستخدام طرق تصنيف متعددة، مع ربطها بإحصاءات مباشرة لتقدير دقة التصنيف ونسبة الخطأ. وتعتمد نتائج تحليل وتصنيف الغطاء الأرضي على أربع خصائص أساسية: الدقة المكانية Spatial extent، والدقة الراديومترية Radiometric Resolution، والدقة الطيفية Spectral Resolution، والدقة الزمانية Temporal Resolution (Allen, et al 2013). (Macleod and Congalton, 1998) وعدد أربعة مظاهر للكشف عن التغيرات في استخدامات الأراضي عند دراسة الموارد الأرضية، وهي الكشف عن التغيرات changes التي تحدث، وتحديد طبيعة nature التغيير، وقياس المدى المساحي areal extent للتغيير، وتقييم النمط المكاني spatial pattern للتغيير.

يعرض برنامج Google Earth الصور المتوفرة من جميع الأقمار الصناعية السابقة، وتستخدم صور القمر الاصطناعي IKONOS و Quick Bird المتاحة للمناطق الحضرية (Monkkonen, 2008). بيانات الاستشعار عن بعد التي يوفرها الموقع مفيدة للتخطيط العمراني واستخدامات الأراضي، وخاصة عندما يتعدى الحصول على بيانات عالية الدقة من مصادر أخرى. وأضيف إلى الموقع مجالات وتطبيقات إضافية أكثر دقة من خلال الملحق Google Earth Pro. استخدمت البيانات المتوفرة على الموقع بشكل واسع في الكثير من الدراسات لمراجعة وتقييم استخدامات الأراضي والغطاء الأرضي والتغيرات فيها، والدراسات ذات الصلة برصد وتقييم وتحليل التغيرات في منطقتي التوسع العمراني. وتترافق مع البيانات المتوفرة بعض العيوب التي تتعلق بالفترة الزمانية لالتقاط الصور وخصوصاً للمناطق الشاسعة خصوصاً، وبعض تواريخ التقاط الصور (Monkkonen, 2008) ولا تعاني الصور الملتقطة لمناطق دراسية محددة من هذه العيوب لأنها تجمع من مشهد scene واحد من بيانات Quick Bird والتي تتراوح دقتها إلى 0.61 متر وتساعد عمليات التصغير والتكبير في الموقع على تحديد دقة المشهد الملتقط. وكذلك يوفر الموقع بيانات لسنوات متتالية تتيح عمليات المقارنة والتحليل. يعترف

27° شمالاً، محاطة بمياه ضحلة لا يتعدى عمقها 20 متراً، وتقدر مساحة مياهها الإقليمية بحوالي 7500 كم<sup>2</sup>، وتشكل 90 % من المساحة الكلية. تتكون المملكة من خمس جزر رئيسية أكبرها جزر البحرين، والمحرق، وستره، وأم النعسان، ومجموعة جزر حوار. بلغت مساحتها الإجمالية في سنة 2010-2011 ما يزيد عن 767 كم<sup>2</sup>، جزء منها عبارة عن المناطق الضحلة المحيطة بالجزر وكذلك المناطق الساحلية المدفونة (الشكل 1) (الجهاز المركزي للمعلومات، 2013).

يتركز معظم سكان هذا الأرخيبيل (<95%) وبكثافة مرتفعة جداً في الأراضي الساحلية (المدني والسيد، 2001)؛ (مصيقر والزياني 2008). تزايدت أعداد السكان بمتوسط يعادل 2.7 % سنوياً منذ خمسينات القرن الماضي إلى عام 2007 لتصل إلى نحو 441735 نسمة في 1986، وبلغت في 1998 ما يزيد عن 623969 نسمة، وقفزت إلى نحو 710554 نسمة في 2002 وبلغت ما يزيد عن 1280620 نسمة في 2011، (الجهاز المركزي للمعلومات 2013-1986). ولقد ترتب عن هذه الزيادة في أعداد السكان زيادة الطلب على الأراضي وخصوصاً للتوسع العمراني وإقامة المدن الجديدة والمنشآت السكنية.

### منهج وطرق الدراسة

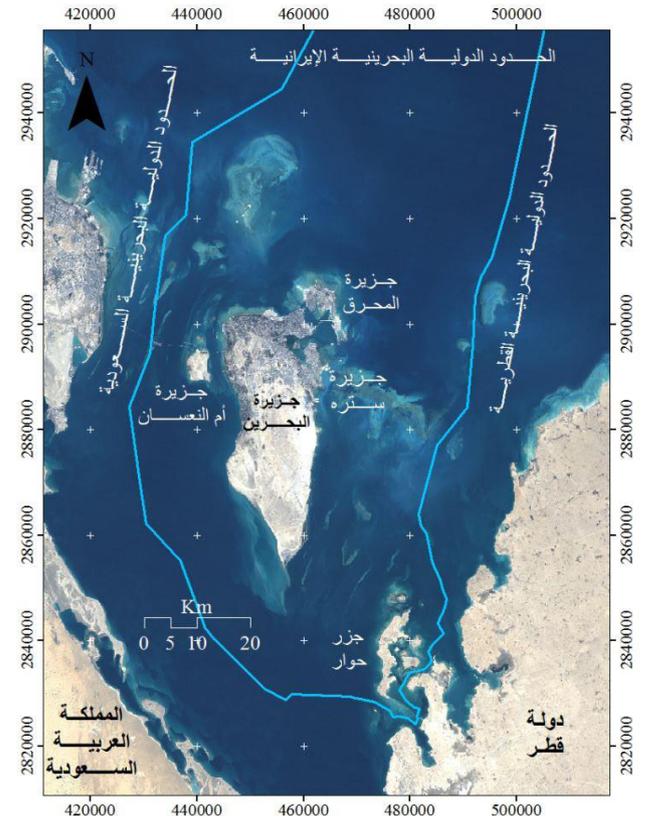
يعتبر توافر البيانات التفصيلية حول استخدامات الأراضي للتوسع العمراني أمراً ضرورياً وهام جداً لعمليات التخطيط (Jensen and Cowen, 1999). ولقد استخدمت لسنوات طويلة بيانات الصور الجوية Aerial Photography (Donnay, et al, 2001) ومع توافر بيانات الاستشعار عن بعد أصبحت هي الركيزة الأساسية لدراسات التغيرات في التوسع العمراني ورسم خرائطه وأنماطه المختلفة (Stefanov et al., 2001); (Stuckens et al., 2000); (Herold et al, 2000); (Masket et al, 2000); (Ward et al, 2000); (al, 2003) وأصبح استخدام بيانات صور الأقمار الصناعية عالية الدقة شائع حالياً وأكثر استخداماً لرصد التغيرات في استخدامات الأراضي العمرانية (Barnsley, et al, 2001).

لتحقيق أهداف هذه الدراسة وظفت تقنيات نظم المعلومات الجغرافية والاستشعار عن بعد كأدوات رئيسة لجمع وتنظيم وتحليل ونمذجة البيانات المطلوبة، ودمجت معطيات بيانات المرئيات الفضائية المتوسطة الدقة (Landsat, 1986-1998) والعالية الدقة للقمر الاصطناعي (Quick Bird, 2002)، وبيانات

(Quick Bird, 2002) التي جمعت من على موقع Google Earth Pro وبيانات إحصائية ودراسات سابقة. واستخدم برنامج Erdas Imagine لمعالجة الصور الفضائية وبرنامج ArcGIS لبناء قاعدة البيانات الجيومكانية Geospatial Database ولإجراء التحليل المكاني Spatial Analysis، وأسندت مساقط جميع خرائط الدراسة بنظام الإحداثيات العالمي الجيوديسي WGS\_1984 Datum\_UTM\_Zone\_39N واعتماداً على المرجع الأرضي Ain el Abd 1970 والمحدد لموقع البحرين ضمن النظام الجغرافي العالمي. صححت Image Rectification المرئيات في برنامج ArcGIS واستخدمت أداة المرجعية Georeferencing لإرجاعها

للموقع حالياً وعلى مستوى عالمي بالإمكانات المتعددة التي يقدمها للمستخدمين والتطبيقات المرفقة الأخرى التي تساعد على إجراء البحوث والدراسات والتقصي حول التغيرات على سطح الأرض والتشارك بالمعلومات ونقلها وعرضها والتبصير بها. (Google, 2007); (Butler 2006); (Google2006) Guralnick et al, 2007); (Compieta et al, 2007);

تهدف هذه الدراسة إلى رسم وتحليل وتقييم التغير في زيادة وتوسع الأراضي العمرانية Urban landuse change في مملكة البحرين خلال الفترة من 1986 إلى 2012 باستخدام بيانات القمر الاصطناعي (Landsat7,19861998) وبيانات القمر الاصطناعي (Quick Bird, 2002) وبيانات (Google 2012) Earth Pro, وإجراء تقييم كمي للتغيرات بحساب معدل استهلاك الأرض "Land Consumption Rate LCR"، ومعدل امتصاص الأرض Land Absorption Coefficient LAC من خلال ربطه بالتزايد في أعداد السكان خلال فترة الدراسة. وسترکز هذه الدراسة على الجزر المأهولة بالسكان، وهي جزر البحرين والمحرق وستره لتقييم وتحليل التوسع العمراني فيها فقط.



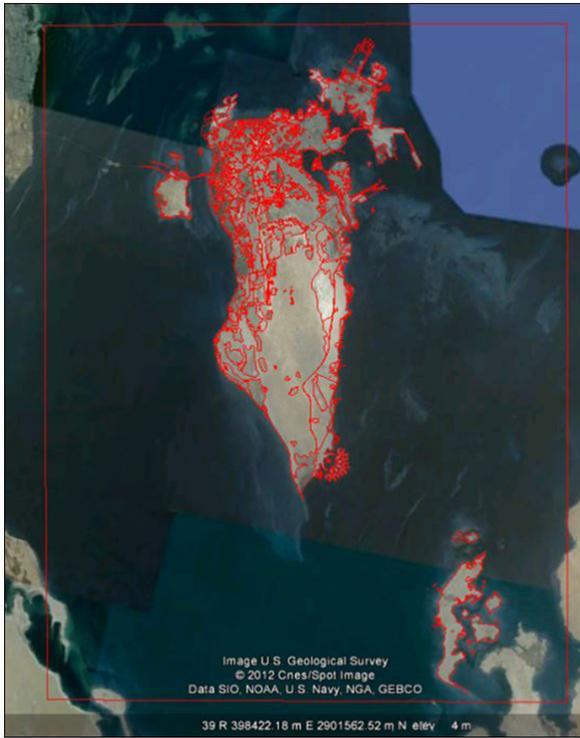
شكل 1: موقع جزر مملكة البحرين الرئيسية من المرئية الفضائية Landsat, 1998

### (2) منطقة الدراسة

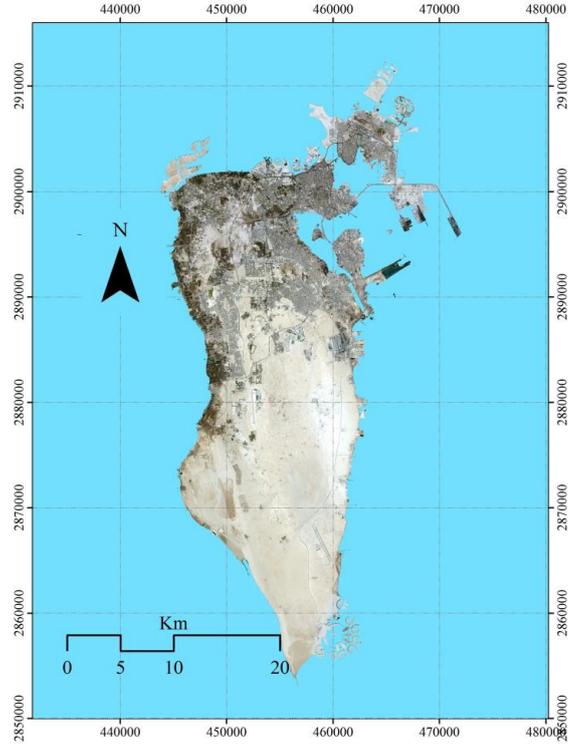
مملكة البحرين عبارة عن أرخبيل مكون من 36 جزيرة تقع في منتصف الجزء الجنوبي لساحل الخليج العربي بين خطي طول 17°: 50' و 8°: 51' شرقاً، وبين خطي عرض 25°: 10' و 17°: 50'.

تم استخدام بعض فئات تصنيف (Anderson, 1976) لاستخدامات الأراضي والغطاء الأرضي في هذه الدراسة لأن هذا التصنيف يراعي إمكانية استخدام بيانات مأخوذة في فترات زمنية مختلفة خاصة فيما يتعلق ببيانات الاستشعار عن بعد. وتم تحديد أربعة أنواع من الاستخدامات المختلفة التي تغطي الأرض في منطقة الدراسة وتتناسب مع أهدافها هي، الأراضي العمرانية، والجرداء، والزراعية، والرطبة، ويوضح الجدول (1) تعريفاتها. نظمت منهجية العمل على ثلاث مراحل لإعداد خرائط وبيانات الدراسة المطلوبة هي:

لموقعها الصحيح اعتماداً على مرئية مصححة مسبقاً. روعي عند عمل التصحيح أن يكون متوسط الجذر المربع للخطأ Root mean square Error- RMSE ما بين 0.5 و1.0، وذلك لضمان أفضل مستوى دقة عند عمل التقييم المباشر. ويعرض الشكل (1) أعلاه إحدى مرئيات Landsat التي استخدمت في الدراسة، والشكل (2) المرئية الفضائية Quick Bird, 2002 ويوضح الشكل (3) النقاط وتحديث بيانات المرئية الفضائية Quick Bird, 2002 إلى سنة 2012 من بيانات Quick Bird, 2012 باستخدام بيانات موقع Google Earth.



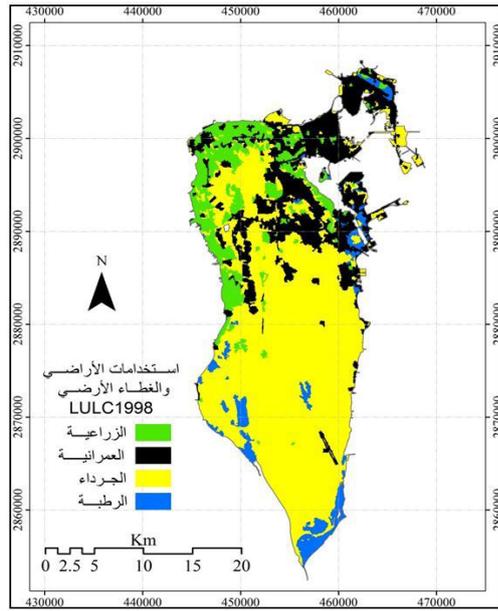
الشكل 3: المرئية الفضائية QuickBird 2012 من موقع Google Earth



الشكل 2: المرئية الفضائية QuickBird 2002

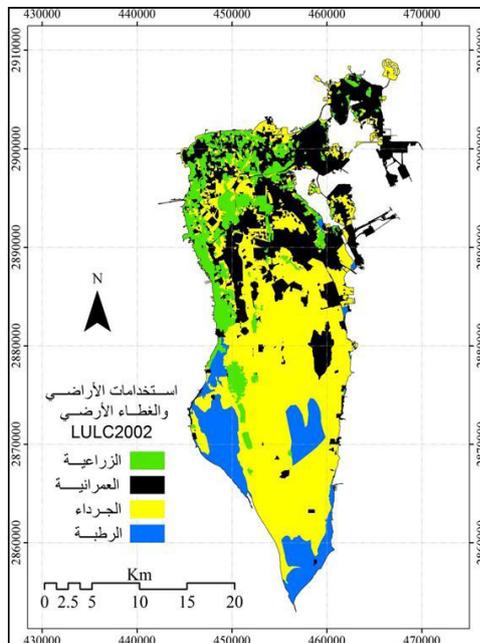
الجدول 1: تصنيف استخدامات الأراضي والغطاء الأرضي المعد لغرض الدراسة وتعريف كل فئة

التعريف	تصنيف الأراضي
تشتمل على المناطق المستخدمة بشكل مكثف حيث تتغطي 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.	(1) العمرانية
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 غالباً ما تحتوي على مساحات من التربة الرقيقة والتربة العارية، والرمل أو الصخور.	(2) الجرداء
الأراضي التي تم زراعتها من قبل الإنسان بشتى أنواع المزارع وسواء كانت الزراعة موسمية أو دائمة وكانت نباتات خشبية أو غير خشبية.	(3) الزراعية
تشتمل على المستنقعات والسهول الطينية والسبخات الواقعة على الهوامش الضحلة في الخلجان.	(4) الرطبة



الشكل 5: خريطة استخدامات الأراضي والغطاء الأرضي 1998

(2) إعداد وتجهيز بيانات المرئية الفضائية (Quick Bird 2002) كانت المرئية الفضائية Quick Bird مُصححة، ولذلك تم إجراء عملية تفسير بصري Interpretation Visual مباشر لجمع البيانات المطلوبة، اعتماداً على نسيج وبنية Texture وشكل Shape وحجم Size وأنماط Patterns الظاهرة للتعرف على مظاهر استخدامات الأراضي والغطاء الأرضي (Jensen, 2005). واستخدمت عملية الترقيم النقطي Digitizing من على سطح المكتب لإعداد خريطة 2002 والتي تتمثل في الحدود الساحلية وخريطة استخدامات الأراضي والغطاء الأرضي، الشكل (6).

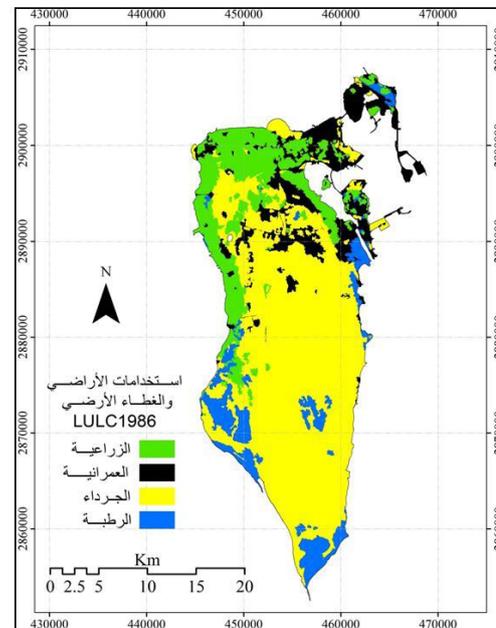


الشكل 6: خريطة استخدامات الأراضي والغطاء الأرضي 2002

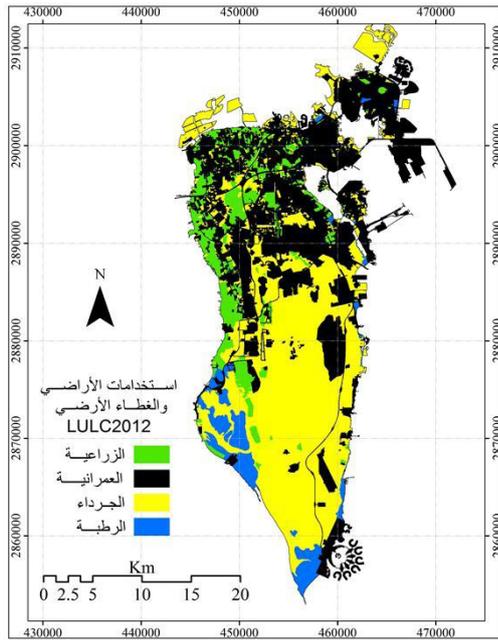
### (1) إعداد وتجهيز بيانات المرئية الفضائية (Landsat, 1986-1998)

جمعت مرئيات متعددة الأطياف للقمر الصناعي (Landsat5-TM) بدقة 30 متر من موقع هيئة المساحة الجيولوجية الأمريكية United State Geology Survey-USGS للسنوات 1986 و1998. وروعي في اختيار مرئيات Landsat أن تكون خالية من الغيوم، وأن تكون في نفس الفترة الزمنية (أغسطس وسبتمبر) لضمان نفس الظروف الجوية والفصلية. نطاقات الصورة مخزنة في صيغة Tagged Image File Format TIFF، كل نطاق على حده، وتم جمع Layer Stack النطاقات السبع لإعداد المرئية متعددة الأطياف باستخدام برنامج ERDAS وإقتطاع Subset Image الجزر الرئيسة للدراسة: جزيرة البحرين وستره والنيه صالح والمحرق وقد استثنيت كل من جزيرة أم النعسان والمحمدية وجزر حوار.

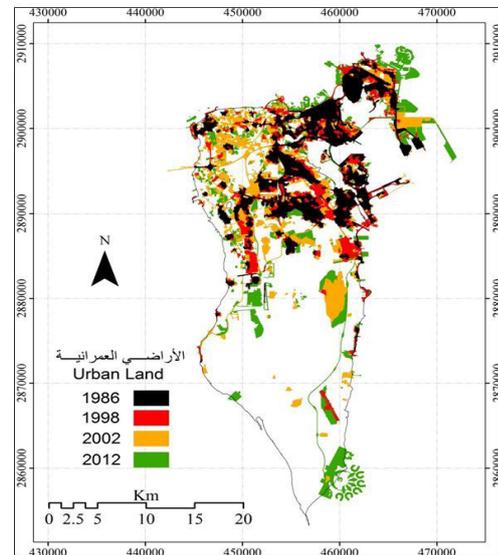
صُنفت مرئيتي (Landsat 1986) و (Landsat 1998) تصنيفاً مُراقباً Supervised Classification إلى أربع فئات باستخدام طريقة الاحتمالية/التشابه العظمى Maximum Likelihood Classifier، والذي تُقرب فيه كل فئة من الفئات الأربع المختارة إلى التوزيع النظامي لها، هو أكثر طرق التصنيف المُراقب دقة. وأُعتد في هذا التصنيف على المعرفة المسبقة بالمنطقة لاختيار عينات ممثلة Training areas للفئات الأربعة وذلك بعد عرض المرئية بالألوان المركبة Color Composite Image القريبة من الألوان الطبيعية للتعرف على الظواهر. تم تقييم دقة التصنيف بواسطة مصفوفة الخطأ Error Matrix وتراوحت نسبة الدقة ما بين 94% و 96% وهي نسب جيدة يمكن الاعتماد عليها، ونتج عن عملية التصنيف خريطتين موضوعيتين، الشكل (4) و (5) تمثلان استخدامات الأراضي للفترتين 1986 و 1998.



الشكل 4: خريطة استخدامات الأراضي والغطاء الأرضي 1986



الشكل 7: خريطة استخدامات الأراضي والغطاء الأرضي 2012



الشكل 8: توسع الأراضي العمرانية واتجاه تغيرها في منطقة الدراسة 1986-2012

### (3) جمع بيانات المرئية الفضائية (Quick Bird 2012) من موقع Google Earth

تم تحديث خريطة استخدامات الأراضي والغطاء الأرضي لسنة 2002 من خلال بيانات Google Earth Pro ، وتحولها إلى خريطة لسنة 2012 باستخدام عملية التقييم اليدوي Digitizing من صورة المرئية الفضائية (Quick Bird 2012) المخزنة على الموقع، وذلك بعد أن تم تحويل خريطة 2002 وتخزينها إلى شريحة Layer ثم تُخزن مرة أخرى إلى شريحة بصيغة Keyhole Markup Language KML، وتصدر إلى برنامج Google Earth، وإجراء عملية التحديث المطلوبة للمناطق المتغيرة بعملية التقييم المباشر من على سطح المكتب، مع مراعاة الدقة في عملية مطابقة الخريطة المنقولة وتموضعها على منطقة الدراسة، وبعد الانتهاء من عملية تحديث جميع المناطق المتغيرة في موقع الدراسة يتم تخزينها وتحولها مرة أخرى إلى صيغة KML ومن ثم إلى Layer وإعادة عرضها في برنامج ArcGIS، الشكل (7).

### النتائج والمناقشة

#### (1) حساب مساحات فئات التصنيف المختلفة ونسبها

نتج عن تصنيف وتحليل المرئيات الفضائية المستخدمة في هذه الدراسة أربع خرائط لاستخدامات الأراضي والغطاء الأرضي للسنوات 1986، 1998، 2002، و2012، (انظر الأشكال: 4، 5، 6، 7) وقد تم حساب مساحات فئات التصنيف المختلفة ونسبها في كل سنة من سنوات الدراسة بالكيلومتر المربع، الجدول (2). وتظهر الخرائط ديناميكية التغير في المناطق العمرانية وتزايدها بالسنوات.

يعرض الجدول (2) المساحات الكلية لمنطقة الدراسة، والتغيرات التي طرأت على فئات استخدامات الأراضي المختلفة، ويوضح الجدول زيادة المساحة الكلية للمنطقة المدروسة من 625 كم<sup>2</sup> في 1986 إلى 695 كم<sup>2</sup> في 2012 بسبب عمليات الردم ودفن المناطق الساحلية الضحلة. ولتحقيق أهداف الدراسة عزلت المناطق العمرانية من هذه الخرائط، واقتطعت المساحات المدفونة من الأراضي الكلية لعام 1986 باعتبارها سنة أساس للدراسة، ونتج عنها خريطة توضح طبيعة اتجاه التوسع في استهلاك الأراضي للتوسع العمراني في منطقة الدراسة 1986-2012، الشكل (8).

#### الجدول 2: مساحات فئات استخدامات الأراضي والغطاء الأرضي لسنوات الدراسة بالكيلومتر المربع.

الفئة	السنة	الجرداء		الرطوبة		الزراعية		العمرانية	
		%	كم <sup>2</sup>	%	كم <sup>2</sup>	%	كم <sup>2</sup>	%	كم <sup>2</sup>
100	1986	60.77	379.86	08.47	52.96	16.18	101.16	14.57	91.050
100	1998	64.16	409.59	04.70	30.00	11.36	72.520	19.78	126.29
100	2002	47.49	306.02	11.12	71.63	11.18	72.040	30.21	194.67
100	2012	46.90	326.39	5.250	36.54	9.490	66.060	38.35	266.87

أعداد السكان لكل سنة، وحسب معدل استهلاك الأرض ومعامل الامتصاص باستخدام المعادلتين السابقتين، الجدول (3).

الجدول 3: معدل استهلاك الأرض لسنوات الدراسة

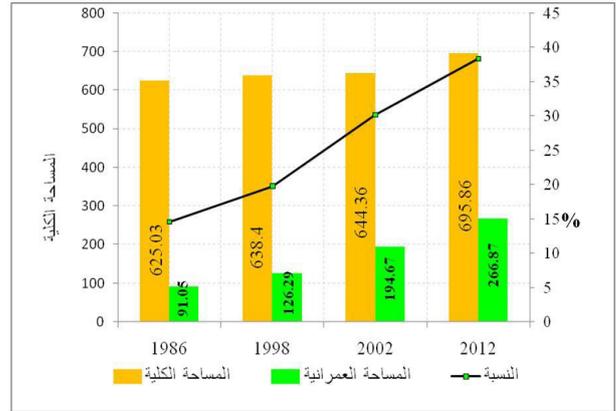
معدل استهلاك الأرض (الأراضي الساحلية) LCR	عدد السكان	المساحة الكلية بالهكتار	سنوات الدراسة	المساحة
				الثابتة بدون دفان
0.1410	0441735	62503	1986	91.06
0.1020	0623969	63840	1998	126.29
0.0906	0710554	64436	2002	194.67
0.0563	1234571	69586	2012	266.87

يوضح الجدول (3) نتائج حساب معدل استهلاك الأرض، حيث تم الحساب بطريقتي: الأولى باعتبار سنة 1986 سنة أساس وبالتالي تم اقتطاع مساحات الدفان من كل سنة (المساحة ثابتة بدون دفان / الأراضي الساحلية) وأظهرت النتائج التناقص التدريجي في معدل استهلاك الأرض في سنوات الدراسة، حيث انخفض من 0.1410 في 1986، ليصل إلى 0.1000 في 1998، وواصل في عملية الانخفاض في 2002 وبلغ 0.0879، ليصل إلى 0.0506 في 2012. وفي الطريقة الثانية، تم حساب معدل استهلاك الأرض مع إضافة المساحات المدفونة (المساحة متغيرة مع الدفان / الأراضي الساحلية) وأظهرت النتائج أن معدل استهلاك الأرض يتناقص تدريجياً كذلك، حيث انخفض من 0.1410 في 1986، ليصل إلى 0.1020 في 1998، وواصل في عملية الانخفاض في 2002 وبلغ 0.0906، ليصل إلى 0.0563 في 2012. يعرض الجدول (4) قيم معامل امتصاص الأرض خلال العقد الأول (1986 - 1998) من فترة الدراسة، والذي يساوي 0.0073، وازداد خلال العقد الثاني (2002 - 2012) ليصل إلى 0.0098، وهذا يبين علاقة عكسية مع معدل استهلاك الأرض، فتزايد معامل امتصاص الأرض مع زيادة التوسع العمراني، قد يعكس دور عمليات الدفان التي أضافت أكثر من 70 كم<sup>2</sup> (7000 هكتار) من الأراضي حول المناطق الساحلية الضحلة في منطقة الدراسة خصوصاً في سنة 2012.

الجدول 4: معامل امتصاص الأرض لكل عقد زمني لفترتي الدراسة

التغير في المساحة والسكان ومعدل امتصاص الارض	1998 - 1986	2012-2002
(A2 - A1) التغير في المساحة	001337	005150
(P2 - P1) التغير في عدد السكان	182238	524017
(LAR) معامل امتصاص الأرض	0.0073	00.0098

تشير جميع الخرائط إلى أن التوسع العمراني يتركز حول المناطق الشمالية المدفونة من جزيرة البحرين، أما في جزيرة المحرق، وجزيرة سترة فتوضح أن جميع الأراضي قد استهلكت بشكل شبه كامل، ومنذ 2002 أصبح التوسع العمراني يتركز حول سواحل الأراضي المدفونة. ويتضح من الجدول (2) (انظر الجدول: 2) والشكل (9) أن الأراضي العمرانية زادت مساحتها خلال فترة الدراسة عن 91 كم<sup>2</sup> في 1986 إلى أكثر من 266 كم<sup>2</sup> في 2012، وأصبحت تشكل ما نسبته 38% من مساحة الأراضي بعد أن كانت تشكل 15.6% فقط من استخدامات الأراضي في 1986.



الشكل 9: تزايد مساحة الأراضي العمرانية ونسبها مقارنة مع المساحة الكلية في منطقة الدراسة

(2) حساب معدل استهلاك الأرض ومعامل امتصاص الأرض يُعرف استهلاك Consumption الغطاء الأرضي على أنه امتداد المناطق المبنية والذي يمكن قياسه (European Environment Agency, 2013). ويعرف معدل استهلاك الأرض LCR Land Consumption Rate بأنه مقياس الانضغاط (الاكتناز Compactness) الذي يُحدد إمكانية التوسع المكاني (الجغرافي) التدريجي للمدينة أو لأي منطقة دراسة (Yeates and Garner, 1976)، وتستخدم لحسابه المعادلة التالية:

$$LCR = \frac{A}{P}$$

حيث: A = مساحة المدينة (المنطقة المدروسة) بالهكتار / P = عدد السكان

أما معامل امتصاص الأرض Land Absorption Coefficient LAC فهو قياس التغير في استهلاك أراضي عمرانية جديدة لكل وحدة زيادة في عدد سكان المناطق العمرانية، وتستخدم لحسابه المعادلة التالية:

$$LAC = \frac{A2 - A1}{P2 - P1}$$

حيث: A1 و A2 = المساحة (بالهكتار) / P1 و P2 = عدد السكان في سنوات الدراسة.

ولحسابهما تم تحويل المساحات الكلية لمنطقة الدراسة من كيلومترات مربعة إلى هكتار لكل سنوات الدراسة، وإضافة

## خلاصة البحث

**Barnsley MJ; and Barr SL** (2001) Inferring Urban Land use from Satellite Sensor Images using Kernel-based Spatial Reclassification. *Photogrammetric Engineering & Remote Sensing*, **62** (8):949-958.

Available at: [http://www.info.asprs.org/publications/pers/96journal/august/1996\\_aug\\_.pdf](http://www.info.asprs.org/publications/pers/96journal/august/1996_aug_.pdf)

**Berlanga-Robles C; and Ruiz-Luna A** (2002) Land use Mapping and Change Detection in the Coastal Zone of Northwest Mexico using Remote Sensing Techniques, *Journal of Coastal Research*, **18**(3), 514-522.

Available at: <http://www.jstor.org/discover/10.2307/4299098?uid=3737616>

**Butler D** (2006) Virtual Globes: The web-wide world. *Nature*, **439** (7078): 776-779.

Available at: <http://www.nature.com/nature/journal/v439/n7078/doi:10.1038/439776a>

**Chomentowski W; Salas B; Skole DL** (1994) Landsat Pathfinder Project Advances Deforestation Mapping. *GIS World*, **7** (1):34-38

Available at: <http://www.trfic.msu.edu/overview/papers/gisworld1/>

**Cohen WB; & Goward SN** (2004) Landsat's Role in Ecological Applications of Remote Sensing. *Bioscience*, **54** (6): 535-545.

Available at: <http://treesearch.fs.fed.us/>

**Compieta P; Di Martino S; Bertolotto M; Ferrucci F; and Kechadi T** (2007) Complex Urban-Rural Landscape with QuickBird Imagery. *Photogrammetric Engineering & Remote Sensing*, **76** (10): 1159-1168.

**Compieta P; Di Martino S; Bertolotto M; Ferrucci F; and Kechadi T** (2007) Exploring Spatio-Temporal Data Mining and Visualization. *Journal for Visual Language Computing*, **18** (3): 255-279.

Available at: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1045926X07000134>

**Da Costa SMF; and Cintra JP** (1999) Environmental Analysis of Metropolitan Areas in Brazil. *ISPRS Journal of Photo-Grammetry & Remote Sensing*, **54** (1): pp. 41-49.

Available at: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0924271698000240>

**Dengsheng Lu; Scott Hetrick; and Emilio Moran** (2010) Land Cover Classification in a Donnay, In: **Barnsley JPM; and Longley P** (eds). *Remote Sensing and Urban Analysis*. Taylor & Francis, London, Great Britain, pp145-159.

شهدت منطقة الدراسة زيادة ملحوظة في التوسع العمراني، الذي تزايد خلال العقدين الماضيين 1986-1998 و 2002-2012. وتُظهر بيانات معدل استهلاك الأرض تأثير زيادة النمو السكاني على استهلاك الأراضي للتوسع العمراني المتواصل في كل عقد زمني، والذي يتطلب توفير مساحات إضافية لتلبية الطلب عليها، مما يستوجب توفير مساحات شاسعة منها لزيادة الطلب على المساكن والمدن الجديدة والاستثمارات الأخرى. ويعكس معامل امتصاص الأرض والذي هو مقياس لاستهلاك الأراضي في المناطق العمرانية زيادة قد تكون ناتجة عن زيادة مساحات الدفان الحالية حول السواحل، ومن المتوقع أن لا تفي الأراضي المدفونة إلا لسنوات قليلة إذا لم تتوافق مع سياسات أخرى واضحة حول طبيعة التوسع العمراني المستقبلي.

## المراجع باللغة العربية

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

السيد، أسامة (2009) الموسوعة البحرينية، الطبعة الأولى، دار الحكمة، المنامة، مملكة البحرين.

الجهاز المركزي للمعلومات (2013) مملكة البحرين. تمت الزيارة

موقع الجهاز المركزي للمعلومات على الرابط 2/7/2013

Available at: [http://www.cio.gov.bh/cio\\_eng/default.aspx](http://www.cio.gov.bh/cio_eng/default.aspx)

المومني (2002) دراسة التغير في الغطاء الأرضي لحوضي وادي عربية والبحر الأحمر خلال الفترة 1987-2002 واستخدامات الأراضي باستخدام الصور الفضائية ونظم المعلومات الجغرافية. في: المكتبة العربية في نظم المعلومات الجغرافية، معلومات خاصة بالكتب.

Available at: [http://www.geotunis.org/geotunis2008/communications/communication/Dr.lutfi/Dr\\_Lutfi.doc](http://www.geotunis.org/geotunis2008/communications/communication/Dr.lutfi/Dr_Lutfi.doc)

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

## المراجع باللغة الإنجليزية

**Allen TR; Wang Y; Crawford TW** (2013) Remote Sensing and Land Cover Dynamics, In: Treatise in Geomorphology. (In press).

**Anderson JR** (1976) A Land Use and Land Cover Classification System for use with Remote Sensor Data, US Geological Survey.

Available at: <http://www.landcover.usgs.gov/pdf/anderson.pdf>.

- Series in Geographic Information Science, New York, USA. pp 1- 526.  
Available at: <http://eeg.geoscienceworld.org/content/13/1/89.short>
- Jensen JR; Cowen DC;** (1999) Remote Sensing of Urban/Suburban Infrastructure and Socio Economic Attributes. *Photogrammetric Engineering & Remote Sensing*, **65** (5):611-622.  
Available at: <http://www.asprs.org/PE-RS-Journals-1999/PE-RS-May-1999.html>
- Louisa JM; Antonio Di Gregorio** (2004) Obtaining Land-use Information from a Remotely Sensed Land Cover Map: Results from a Case Study in Lebanon. *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation*, **5** (2). 141–157.  
Available at: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0303243404000200>
- Lu D; and Weng Q** (2009) Extraction of Urban Impervious Surface from an IKONOS Image. *International Journal of Remote Sensing*, **30** (5):1297–1311.  
Available at: [http://www.indiana.edu/~act/.../09\\_04ExtractionUrbanImperviousSurfaces.pdf](http://www.indiana.edu/~act/.../09_04ExtractionUrbanImperviousSurfaces.pdf)
- Malik RN; Husain SZ** (2003) Evaluating Deforestation using Landsat TM and SPOT XS Data in Dry Sub-tropical Forest of Margalla Hills, Northwest of Pakistan. In: **Benes** (ed.), *Geo-information for European-wide Integration*, pp 429-434.  
Available at: <http://www.millpress.nl/shop/abooks/EARS22/pdf/059.pdf>
- Masek JG; Lindsay FE; and Goward SN** (2000) Dynamics of urban growth in the Washington D.C. Metropolitan Area 1973-1996 from Landsat Observations. *International Journal of Remote Sensing* **21** (18): 3473-3486.
- Mollicone D; Achard F; Eva HD; Belward AS; Federici S; Lumicisi A; Rizzo VC; Stibig HJ; and Valentini R** (2003) *Land Use Change Monitoring in the Framework of the UNFCCC and its Kyoto Protocol: Report on Current Capabilities of Satellite Remote Sensing Technology*. EUR 20867 EN, European Communities, Luxembourg, Paper Presented at the 9th Conference of Parties of the UN Framework Convention on Climate Change, Dec. 3rd 2003, Milan, Italy. pp1-48. Available at: <http://publications.jrc.ec.europa.eu/repository/bitstream/111111111/10699/1/EUR.pdf>
- Drury S** (2001) *Image Interpretation in Geology*, 3rd ed, Blackwell Science, London, UK. pp 1-290.  
Available at: <http://www.worldcat.org/title/image-interpretation-in-geology/oclc/>
- European Environment Agency** (2013) Environmental Terminology and Discovery Service (ETDS).  
Available at: [http://glossary.eea.europa.eu/terminology/concept\\_html?term=](http://glossary.eea.europa.eu/terminology/concept_html?term=)
- Goetz SJ; Wright RK; Smith AJ; Zinecker E; and Schaub E** (2003) IKONOS Imagery for Resource Management: Tree Cover, Impervious Surfaces, and Riparian Buffer Analyses in the Mid- Atlantic Region, *Remote Sensing of Environment*, **88** (1/2):195–208.  
Available at: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0034425703002414>
- Google** (2006) Google Announces Major Imagery Update for Google Earth, New Tools and Innovations in Mapping, Mountain View, California, USA, Press Release on 12 June 2006. Available at: <http://www.google.com/press/pressrel/geoday.html>.
- Google** (2007) Introducing Google Earth Outreach, Mountain View. California, USA, Press Release 26 June 2007.  
Available at: <http://www.google.com/press/pressrel/geoday.html>.
- Gottfried K** (2003) *Geo-Information. Remote Sensing Photogrammetry and Geographic Information Systems*, Taylor & Francis.
- Gupta RP** (2003) *Remote Sensing Geology*. (2nd ed), Springer, Germany.  
Available at: <http://www.amazon.com/Remote-Sensing-Geology/dp/B000QUU0WW>
- Guralnick, RP; Hill AW; Lane M** (2007) Towards a Collaborative, Global Infrastructure for Biodiversity Assessment. *Ecology Letter*, **10** (8): 663-672.  
Available at: <http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/j.1461-0248.2007.01063.x/>
- Herold MH; Liu X; Clarke KC** (2003) Spatial Metrics and Image Texture for Mapping Urban Land Use. *Photogrammetric Engineering & Remote Sensing PE&RS* **69** (9): 991-1001.  
Available at: <http://info.asprs.org/publications/pers/2003journal/september/pdf>
- Jensen JR** (2005) *Introductory Digital Image Processing: A Remote Sensing Perspective*. (3rd ed). R Upper Saddle River, NY’ Prentice Hall

- Wulder MA; White JC; Goward SN; Masek JG; Irons JR; and Herold M** (2008) Landsat Continuity: Issues and Opportunities for Land Cover Monitoring. *Remote Sensing of Environment*, **112** (3): 955-969.  
Available at: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0034425707003331>  
Available at: <http://cfs.nrcan.gc.ca/publications?id=28130>
- Xu B; Gong P; Seto E; and Spear R** (2003) Comparison of Gray-Level Reduction and Different Texture Spectrum Encoding Methods for Land-use Classification using a Panchromatic IKONOS Image, *Photogrammetric Engineering & Remote Sensing*, **69** (5):529-536.  
Available at: [http://eserv.asprs.org/PERS/2003journal/may/2003\\_may\\_529-536.pdf](http://eserv.asprs.org/PERS/2003journal/may/2003_may_529-536.pdf)
- Yuan F; Sawaya KE; Loeffelholz BC; and Bauer ME** (2005) Land Cover Classification and Change Analysis of the Twin Cities (Minnesota) Metropolitan Area by Multitemporal Landsat Remote Sensing, *Remote Sensing of Environment*, **98** (2/3): 317-328.  
Available at: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0034425705002646>
- Monkkonen P** (2008) Using Online Satellite Imagery as a Research Tool: Mapping Changing Patterns of Urbanization in Mexico, *Journal of Planning Education and Research*, **28** (2): 225-236.  
Available at: <http://jpe.sagepub.com/content/28/2/225.full.pdf+html>
- Sabins F** (1997) *Remote Sensing: Principals and Interpretation, 4th ed.*, Freeman and Compsny, New York, USA, pp 1-494.  
Available at: <http://www.amazon.com/Remote-Sensing-Interpretation-/1577665074>
- Skole DL; and Tucker CJ** (1993) Tropical Deforestation and Habitat Fragmentation in the Amazon: Satellite Data from 1978 to 1988. *Science*, **260** (5116):1905-1910.  
Available at: <http://www.sciencemag.org/content/260/5116/1905>
- Stefanov WL; Ramsey MS; and Christensen PR** (2001) Monitoring Urban Land Cover Change: an Expert System Approach to Land Cover Classification of Semiarid to Arid Urban Centers. *Remote Sensing of Environment*, **77** (2): 173-185.  
Available at: [http://www.pitt.edu/~mramsey/papers/rse01.pdf?origin=publication\\_detail](http://www.pitt.edu/~mramsey/papers/rse01.pdf?origin=publication_detail)  
Available at: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0034425701002048>
- Stuckens J; Coppin PR; and Bauer ME** (2000) Integrating Contextual Information with Per-Pixel Classification for Improved Land Cover Classification. *Remote Sensing of Environment*, **71** (3):282-296.
- Townshend JRG** (1992) Land Cover. *International Journal of Remote Sensing* **13** (6/7): 1319-1328.  
Available at: <http://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/01431169208904193>
- Wang L; Sousa WP; Gong P; and Biging GS** (2004) Comparison of IKONOS and QuickBird Images for Mapping Mangrove Species on the Caribbean Coast of Panama, *Remote Sensing of Environment*, **91** (3/4):432-440.  
Available at: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0034425704001129>
- Ward JV; Malard F; Tockner K** (2002) Landscape Ecology: a Framework for Integrating Pattern and Process in River Corridors. *Landscape Ecology*, **17** (Suppl. 1): 35-45.  
Available at: <http://link.springer.com/article/10.1023%2FA%3A1015277626224#page-1>