

Mengesan Perubahan Guna Tanah dan Litupan Bumi Menggunakan Kaedah Penderiaan Jauh di Daerah Miri, Sarawak

Land Use and Land Cover Changes Detection Using Remote Sensing Approach in Miri District, Sarawak

Lam Kuok Choy* & Hay Ah Na
Program Geografi
Pusat Penyelidikan Kelestarian Sosial, Persekitaran dan Pembangunan (SEEDS)
Fakulti Sains Sosial dan Kemanusiaan, Universiti Kebangsaan Malaysia, 43600 Bangi, Selangor
*e-mel: lam@ukm.edu.my

Received: 7 August 2017; Accepted: 6 October 2017; Published: 31 December 2017

Abstrak

Kajian ini dijalankan untuk mengesan perubahan guna tanah dan litupan bumi di daerah Miri, Sarawak menggunakan pendekatan penderiaan jauh. Perbandingan guna tanah dan litupan bumi pada tahun 2001 hingga 2016 telah dilakukan bagi melihat perubahan guna tanah yang telah berlaku di daerah Miri. Data asas dalam mengesan perubahan guna dan litupan bumi ialah imej satelit Landsat (TM dan OLI-TIRS). Kawasan kajian telah diklasifikasikan kepada enam kategori guna tanah asas iaitu tepu bina, hutan darat, hutan gambut, tanah lapang, kelapa sawit dan air. Hasil perbandingan peta klasifikasi imej satelit Landsat pada tahun 2001 (TM) dan 2016 (OLI-TIRS) menunjukkan bahawa terdapat peningkatan yang ketara kawasan tepu bina dari 4.4% kepada 11.5% dan penanaman kelapa sawit dari 9.8% kepada 43.6% terutamanya di kawasan berhampiran dengan aktiviti pemandaran. Hutan darat mengalami kehilangan keluasan yang serius dari 42% kepada 47% dalam jangkamasa 15 tahun. Kesimpulan pembangunan dan kemajuan dalam daerah Miri memberi tekanan kepada guna tanah hutan dan pengendalian hutan.

Kata kunci perubahan guna tanah, litupan bumi, penderiaan jauh, Sistem Maklumat Geografi (GIS), Landsat, pasca-klasifikasi

Abstract

The purpose of this study is to detect changes in land use and land cover in the area of Miri, Sarawak using remote sensing. Comparison land use and land cover from 2001 to 2016 was carried out to detect the changes in land use and land cover of Miri district. The basic data used for this change detection study are satellite images of Landsat (TM and OLI-TIRS). The study area was classified into six categories of land use i.e built up, inland forest, peat forest, cleared land, oil palm and water body. Comparison of the classified Landsat imagery in 2001 (TM) and 2016 (OLI-TIRS) shows that there is a significant increase of built-up areas from 4.4% to 11.5% and oil palm cultivation from 9.8% to 43.6%, especially near to urban areas. Inland forest suffered the worst declined from 42% to 47% within the 15 years. As conclusion, the development and advancement in the Miri district puts pressure on forest land and forest conservation.

Keywords land use, land cover change, remote sensing, Geography Information System (GIS), Landsat, post-classification

PENGENALAN

Data guna tanah dan litupan tanah memainkan peranan utama dalam kajian perubahan global dan penilaian perubahan iklim. Litupan tanah merupakan lapisan tanah dan biomass termasuk tumbuhan semula jadi, tanaman ladang dan struktur binaan manusia yang melitupi permukaan tanah. Manakala guna tanah merujuk kepada tujuan pengeksploitasian manusia terhadap litupan tanah (Fresco, 1994; McConnell & Moran, 2001;

Sumayyah Aimi & Zulyadini, 2016), misalnya sejumlah aktiviti manusia seperti pertanian, perhutanan dan pembinaan bangunan. Perubahan guna tanah dan litupan bumi secara semula jadi atau aktiviti antropogenik telah mengakibatkan penyahhutanan, kehilangan kepelbagaian biologi, pemanasan global dan peningkatan malapetaka semula jadi seperti banjir (Dwivedi, Sreenivas & Ramana, 2005; Mas et al., 2004; Zhao, Lin & Warner, 2004). Masalah alam sekitar tersebut selalunya mempunyai hubungan dengan perubahan guna tanah dan litupan bumi. Oleh itu, ketersampaian kepada data berkaitan perubahan guna tanah dan litupan bumi dapat memberi input kritikal dalam membuat keputusan bagi pengurusan persekitaran dan perancangan masa depan (Fan, Weng & Wang, 2007; Prenzel, 2004).

Peningkatan populasi dan pertambahan keperluan sosio-ekonomi memberi tekanan ke atas guna tanah dan litupan bumi. Tekanan tersebut membawa kepada perubahan guna tanah/litupan bumi yang tidak dirancang dan tidak terkawal (Seto et al., 2002). Pengubahan guna tanah dan litupan bumi amnya disebabkan oleh ketirisan pengurusan tanah pertanian, perbandaran, tanah ternakan dan hutan yang sering kali membawa kepada masalah alam sekitar seperti tanah runtuh, banjir dan sebagainya.

Penderiaan jauh dan Sistem Maklumat Geografi (GIS) merupakan teknologi yang berupaya untuk menjana maklumat yang jitu dan cepat berkaitan taburan ruangan perubahan guna tanah dan litupan bumi pada skala besar (Carlson & Azoifeifa, 1999; Guerschman et al., 2003; Rogana & Chen, 2004; Zsuzsanna, Bartholy, Pongracz & Barcza, 2005). Kebanyakan kajian terdahulu dan kini yang dilakukan oleh organisasi dan institusi di seluruh dunia tertumpu kepada aplikasi perubahan guna tanah dan litupan bumi. GIS menyediakan suatu persekitaran yang fleksibel bagi mengumpul, menyimpan, memapar dan menganalisis data digital bagi kajian mengesan perubahan (Demers, 2005; Wu et al., 2006). Imej penderiaan jauh merupakan sumber data penting untuk GIS. Imej satelit digunakan sebagai perwakilan data sinoptik permukaan bumi (Ulbricht & Heckendorf, 1998). Menerusi program Landsat, data Landsat yang dicerap menggunakan Multispectral Scanner (MSS), Thematic Mapper (TM), Data Enhanced Thematic Mapper Plus (ETM+) dan Operational Land Imager-Thermal Infra-red Sensor (OLI-TIRS) telah digunakan secara meluas dalam kajian litupan tanah sejak tahun 1972, terutamanya di kawasan hutan dan pertanian (Campbell, 2007). Antara sebab popular penggunaan data Landsat adalah arkib data yang besar dan resolusi spektrum imej satelit yang baik.

Penderiaan jauh merupakan teknologi yang efektif bagi pemetaan ciri-ciri budaya dan sumber semula jadi (Campbell, 1997; Welch, Madden & Jordan, 2002). Penderiaan jauh membolehkan pemerhatian dan pengukuran ciri-ciri bio-fizikal landskap dan memantau perubahan landskap menerusi masa (Parmenter et al., 2003; Wang & Moskovits, 2001). Teknik mengesan perubahan menerusi penderiaan jauh dapat digunakan bagi mengenal pasti kawasan yang terkesan oleh proses semula jadi mahu pun antropogenik (Jantz, Goetz, & Shelley, 2003; Hansen et al., 2002; Muhiyuddin, et al. 2012). Kajian mengesan perubahan guna tanah dan litupan tanah telah banyak dibincangkan dalam literatur (Nur Hakimah & Lam, 2016; Sumayyah Aimi & Zullyadini, 2016; Praveen & Jayarama, 2013; Wilkinson, Parker & Evans, 2008; Rhemtulla, Mladenoff & Clayton, 2007; Woodcock & Ozdogan, 2004; Walker, 2003; Rogan et al., 2002; Hayes & Sader, 2001; Mas, 1999; Roberts et al., 1998; Lambin & Strahler, 1993; Mouat et al., 1993). Coppin et al. (2004) melakukan sorotan kajian meluas mengenai kaedah pengesanan perubahan dalam pemantauan ekosistem. Kennedy et al. (2009) telah mengkaji secara mendalam isu aplikasi pengesanan perubahan dalam pengurusan kawasan yang dilindungi.

Matlamat proses pengesanan perubahan adalah untuk mengenal pasti perubahan yang berlaku kepada guna tanah dan litupan tanah pada imej digital di antara dua tempoh atau lebih (Muttitanon & Tiipathi, 2005). Memahami magnitud dan corak perubahan tanah di sesuatu kawasan dapat memberikan gambaran konteks landskap untuk sesuatu ekosistem (misalnya kawasan-kawasan perlindungan), dan memberikan pemahaman yang lebih baik kepada pengurus sumber tentang bagaimana suatu ekosistem serasi dengan landskap yang lebih luas. Melalui kajian-kajian terdahulu terdapat banyak teknik yang telah dibangunkan, misalnya teknik perbandingan pasca-klasifikasi, pembezaan imej konvensional, nisbah imej, regresi imej, dan pendigitan secara manual menerusi skrin paparan, analisis prinsipal komponen dan klasifikasi imej pelbagai tempoh atau tarikh (Lu et al., 2005). Pelbagai kajian telah membincangkan bahawa perbandingan pasca-klasifikasi didapati merupakan prosedur yang paling tepat dan mempunyai kelebihan dalam menunjukkan sifat perubahan (Mas, 1999; Yuan et al., 2005) dan diaplikasikan dalam kajian ini.

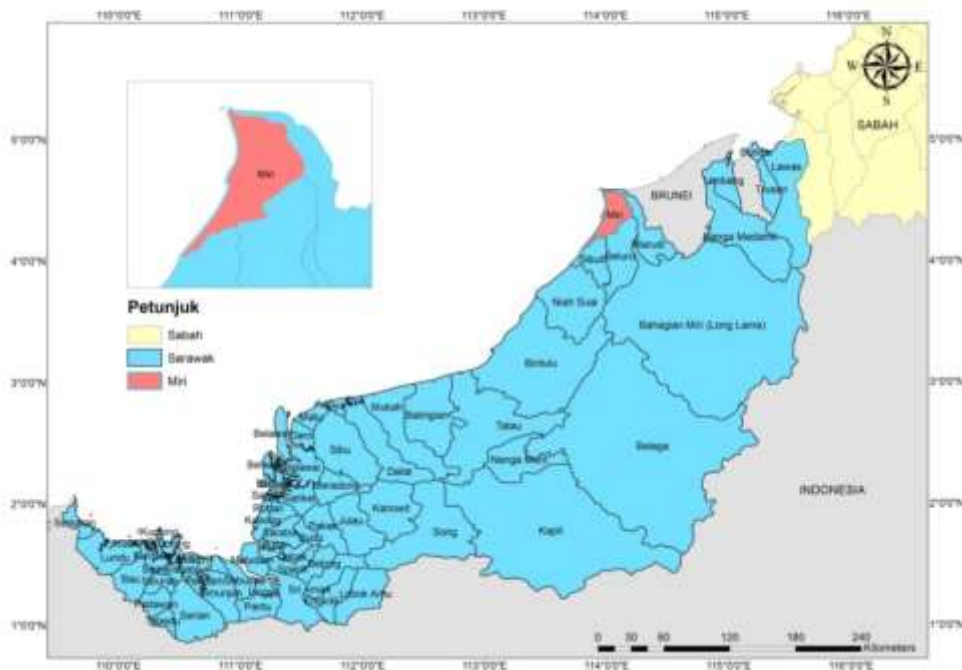
Tujuan kajian ini adalah untuk menyediakan data penting asas mengenai perubahan guna tanah dalam konteks landskap di sekitar daerah Miri dalam tempoh 16 tahun. Beberapa objektif khusus telah dikenalpasti bagi membantu mencapai matlamat kajian iaitu; i) memetakan guna tanah dan litupan tanah di daerah Miri, Sarawak menggunakan imej satelit Landsat 5 (TM) dan Landsat 8 (OLI-TIRS) bagi tahun 2001 dan 2016;

ii) menghasilkan peta tematik perubahan guna tanah dan litupan tanah di daerah Miri, Sarawak bagi tahun 2001 dan 2016; dan iii) menganalisis matrik perubahan guna tanah dan litupan tanah di daerah Miri, Sarawak pada tahun 2001 dan 2016. Teknik klasifikasi terselia diaplikasikan untuk menghasilkan peta guna tanah dan litupan tanah, manakala strategi perbandingan pengesanan perubahan digunakan untuk mengenal pasti perubahan guna tanah dan litupan tanah di kawasan kajian.

METODOLOGI

Kawasan Kajian

Bahagian Miri adalah terletak di utara negeri Sarawak yang bersempadan dengan negara Brunei Darulsalam dan Wilayah Kalimantan Timur, Indonesia (Rajah 1). Keluasan daerah Miri, Sarawak ialah 977.43 km persegi dan terletak di 4.38° latitud Utara dan 113.98° longitud Timur dengan ketinggian 3 meter di atas paras laut. Daerah Miri adalah sebuah bandar besar di Malaysia dengan kira-kira 330,543 orang penduduk. Bahagian Miri mempunyai tiga daerah iaitu Miri, Marudi dan Sibuti. Daerah Miri telah menyumbang sebagai tempat kelahiran industri petroleum di Malaysia dan termasuk kayu kayan serta kelapa sawit.



Rajah 1 Kawasan kajian di daerah Miri Sarawak

Data dan Metod

Di antara data yang digunakan dalam kajian ini meliputi imej satelit Landsat, data GIS bagi sempadan daerah Miri dan aplikasi *Google Earth*. Imej satelit yang digunakan adalah Landsat TM (Landsat 5) bagi tahun 2001 dan Landsat OLI-TIRS (Landsat 8) bagi tahun 2016 untuk kawasan daerah Miri. Imej tersebut telah dimuat turun daripada laman sesawang United State Geological Survey (USGS) (2016) (<http://earthexplorer.usgs.gov/>). Dalam kajian ini imej cerapan satelit Landsat TM 5 bertarikh 19 Januari 2001 dan imej cerapan satelit Landsat OLI-TIRS 8 bertarikh 14 Mei 2016 telah dipilih untuk analisis kajian guna tanah.

Rajah 2 menunjukkan carta aliran metodologi untuk kajian perubahan guna tanah dan litupan bumi. Imej satelit Landsat TM dan Landsat OLI-TIRS telah diproses mengikut prosedur pra-pemprosesan menggunakan aplikasi perisian ENVI 5.3 untuk meningkatkan imej kualiti imej bagi mencapai ketepatan klasifikasi yang lebih baik. Langkah pra-pemprosesan termasuk menukar format DN piksel kepada nilai pantulan dan peningkatan kualiti imej menerusi teknik pencerahan imej. Setelah melalui proses pra-pemprosesan, proses keratan imej dilakukan bagi memisahkan imej satelit tersebut mengikut sempadan kawasan kajian. Data GIS sempadan daerah Miri telah digunakan untuk memotong kawasan kajian melalui

aplikasi perisian ArcMap. Seterusnya, imej daerah Miri diproses menggunakan kaedah interpretasi imej dan klasifikasi terselia untuk menghasilkan peta guna tanah. Terdapat enam kelas guna tanah dan litupan bumi yang dihasilkan dan terdiri dari tepu bina, kelapa sawit, tanah lapang, hutan gambut, hutan darat dan air. Enam kategori tersebut merupakan kelas yang dominan dalam konteks guna tanah dan litupan bumi di Sarawak. Peta guna tanah yang terhasil dari proses klasifikasi berselia dikemaskini dalam proses pasca-klasifikasi sebelum langkah analisis matrik perubahan dilakukan.

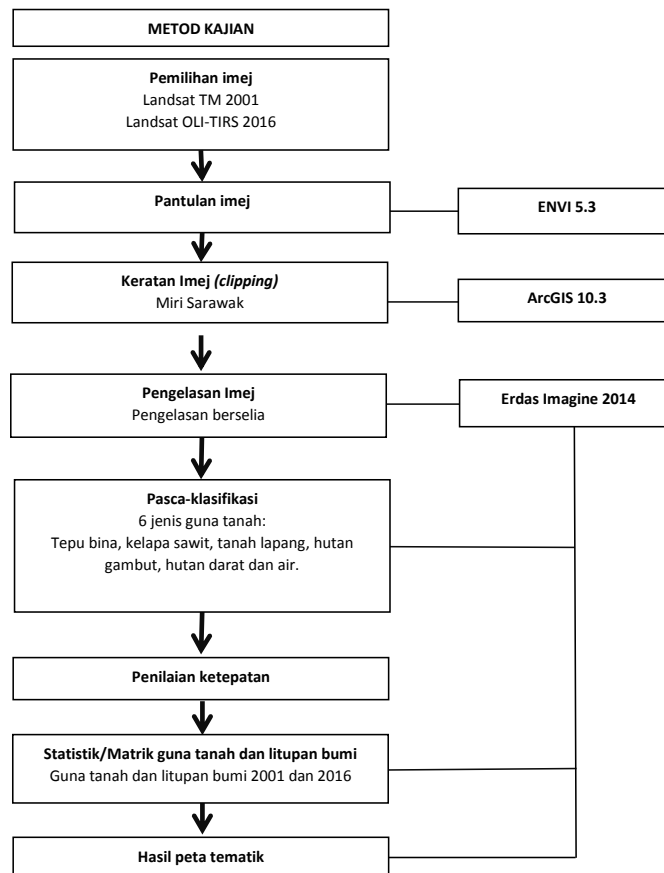
Peta guna tanah yang terhasil kemudian ditentusah menerusi kaedah penilaian ketepatan menggunakan teknik koefisien Kappa. Sebanyak 100 titik sampel rawak ditaburkan ke atas peta guna tanah 2016 yang dihasilkan menerusi interpretasi imej satelit Landsat OLI-TIRS. Guna tanah yang diwakili setiap titik rawak dibandingkan dengan imej satelit beresolusi tinggi tahun 2016 pada aplikasi *Google Earth*. Congalton dan Green (1999) menyarankan data titik sampel rawak hendaklah diringkaskan dalam bentuk matriks ralat, yang kemudiannya tertakluk kepada pelbagai analisis statistik. Foody (1992) menerangkan bahawa statistik Kappa merupakan suatu bentuk pengujian ketepatan klasifikasi imej yang dikembangkan oleh Cohen dan digunakan dalam disiplin penderiaan jauh. Ketepatan dianggap sebagai tahap kepercayaan data yang boleh diterima melalui hasil kajian. Beberapa penilaian ketepatan kaedah iaitu analisis varians, nilai ketepatan minimum digunakan sebagai indeks klasifikasi ketepatan, kesilapan spatial dan kesilapan pengelasan guna tanah dan litupan bumi, pendekatan kebarangkalian untuk mengesan perubahan dan litupan bumi yang telah dihasilkan. Pengiraan yang dibuat melalui matrik ralat bagi menilai ketepatan pengelasan imej dilaksanakan dengan berdasarkan persamaan Kappa (k) seperti berikut:

$$K = \frac{P_o - P_e}{1 - P_e}$$

k = nilai Koefisien Kappa

P_o = jumlah nilai kebarangkalian daripada pemeriksaan lapangan

P_e = jumlah nilai kebarangkalian yang dijangka berlaku secara peluang

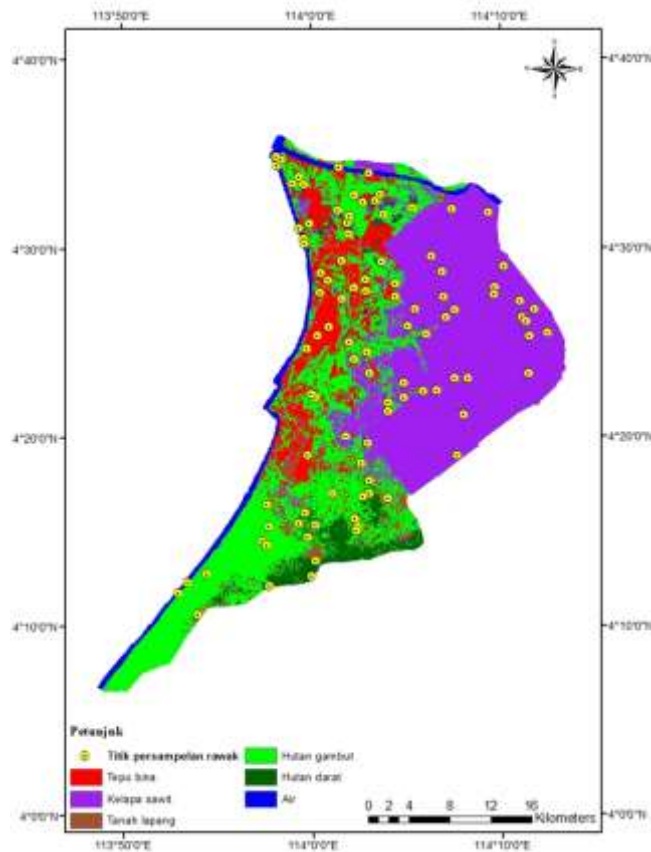


Rajah 2 Carta aliran metodologi untuk perubahan guna tanah dan litupan bumi.

HASIL DAN PERBINCANGAN

Penilaian Ketepatan

Terdapat 100 titik sampel rawak yang telah dihasilkan ke atas peta guna tanah imej Landsat yang diproses melalui aplikasi GIS tersebut (Rajah 3). Taburan titik sampel rawak ke atas peta guna tanah 2016 imej Landsat menunjukkan 9 sampel titik rawak pada tepu bina, 40 titik rawak pada kelapa sawit, 22 sampel titik rawak bagi tanah lapang, 20 sampel titik rawak pada hutan gambut, 7 titik rawak pada hutan darat dan 2 titik rawak pada air. Hasil perbandingan sampel titik rawak pada imej klasifikasi tersebut dengan peta imej satelit Google Earth mendapati jumlah titik rawak pada imej klasifikasi yang bertepatan dengan guna tanah dan litupan tanah yang ditunjukkan pada peta imej satelit Google Earth adalah tinggi di mana 8 daripada 9 titik rawak bagi tepu bina, 39 daripada 40 titik rawak bagi kelapa sawit, 12 daripada 22 titik rawak bagi tanah lapang, 14 daripada 20 titik rawak bagi guna tanah hutan gambut dan 6 daripada 7 titik rawak bagi hutan darat sementara 2 daripada 2 sampel titik rawak bagi air. Hasil ini menjadikan sebanyak 81 daripada 100 persampelan titik rawak dalam imej klasifikasi tahun 2016 adalah tepat dengan berdasarkan pengelasan guna tanah pada peta satelit Google Earth 2016. Jumlah persampelan inilah yang digunakan dalam pengiraan statistik Kappa.



Rajah 3 Titik persampelan rawak dalam imej tahun 2016

Jadual 1 Pengujian ketepatan pengelasan imej melalui Koeffisien Kappa

		Peta satelit Google Earth						
		Tepu bina	Kelapa sawit	Tanah lapang	Hutan gambut	Hutan darat	Air	Jumlah
Peta guna tanah klasifi kasi imej	Tepu bina	8	0	1	0	0	0	9
	Kelapa sawit	1	39	0	0	0	0	40
	Tanah lapang	1	6	12	2	0	1	22
	Hutan gambut	0	5	0	14	0	1	20
	Hutan darat	1	0	0	0	6	0	7
	Air	0	0	0	0	0	2	2
	Jumlah	11	50	13	16	6	4	100

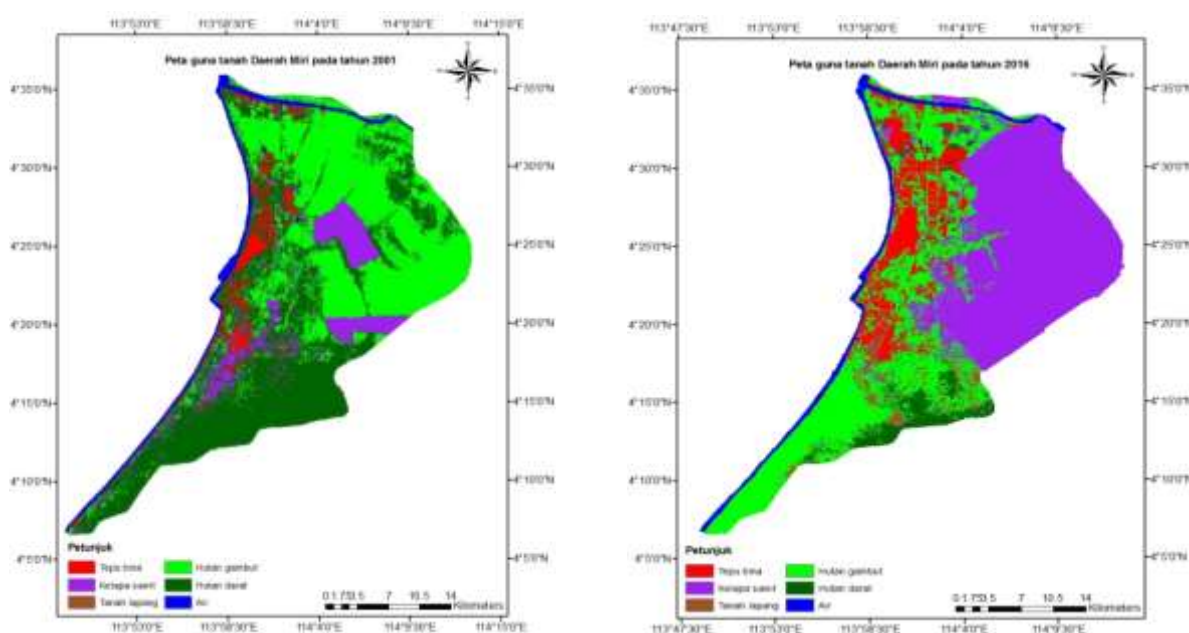
$P_o = 0.81$

$P_e = 0.27$

$k = 0.73$

Berdasarkan Jadual 1, hasil pengiraan nilai P_o yang dicatatkan ialah 0.81, iaitu bersamaan dengan ketepatan data peta guna tanah pada kadar 81 peratus sementara P_e pula mencatatkan nilai 0.27, manakala pengujian ketepatan data melalui Koeffisien Kappa menunjukkan nilai 0.73 yang bersamaan dengan ketepatan sebenar yang diperolehi ialah 73 peratus. Hasil ini menunjukkan kebolehpercayaan data melalui interpretasi imej dalam aplikasi penderiaan jauh adalah tinggi. Oleh itu, hasil penilaian ini memberi keyakinan dalam penggunaan data raster sebagai sumber kajian dan membolehkan kajian bagi tahun berikutnya dapat diteruskan.

Pemprosesan imej Landsat 5 dan Landsat 8 bagi tahun 2001 dan 2016 telah dilakukan menggunakan teknik 'klasifikasi terselia'. Guna tanah dan litupan tanah telah diklasifikasikan kepada enam kategori utama iaitu tepu bina, kelapa sawit, tanah lapang, hutan gambut, hutan darat dan air. Keluasan guna tanah di kawasan kajian meliputi 90,503.28 hektar. Jadual 2 menunjukkan keluasan guna tanah dan litupan bumi yang dianalisis. Peta tematik guna tanah dan litupan bumi yang terhasil daripada proses klasifikasi dan 'pasca-klasifikasi' ditunjukkan dalam Rajah 4.



Rajah 4 Taburan guna tanah dan litupan bumi di kawasan daerah Miri pada tahun 2001 dan 2016 selepas proses 'pasca-klasifikasi'

Jadual 2 Statistik guna tanah mengikut setiap kategori pada tahun 2001 dan 2016 bagi daerah Miri

Kategori guna tanah/litupan tanah	2001		2016		Perubahan (15 Tahun)
	Keluasan (hektar)	Peratus (%)	Keluasan (hektar)	Peratus (%)	
Tepu bina	3981.33	4.4	10420.2	11.5	6438.87
Kelapa sawit	8905.05	9.8	39485.4	43.6	30579.9
Tanah lapang	162.18	0.2	2911.41	3.2	2749.23
Hutan gambut	36253.86	40.0	29056.26	32.1	-7197.6
Hutan darat	37987.14	42.0	5149.71	5.7	-32837.43
Air	3213.72	3.6	3480.3	3.9	266.58
Jumlah	90,503.28	100	90,503.28	100	

Merujuk kepada Rajah 4 dan Jadual 2, taburan guna tanah yang paling dominan pada tahun 2001 adalah hutan darat iaitu sebanyak 42 peratus namun pada tahun 2016 kategori kelapa sawit adalah taburan yang paling dominan iaitu sebanyak 43.6 peratus. Keadaan demikian menunjukkan dalam tempoh 15 tahun, kawasan hutan darat telah berubah kepada kawasan tanah untuk pertanian yang luas. Penanaman kelapa sawit dari tahun 2001 ke tahun 2016 telah mencatat peningkatan yang paling tinggi iaitu 30579.9 hektar jika dibandingkan dengan kelas guna tanah yang lain. Tepu bina merujuk kepada infrastruktur dan bangunan terutamanya di kawasan bandar Miri. Secara keseluruhannya, perubahan guna tanah dalam tempoh 15 tahun tersebut menunjukkan peningkatan kawasan pertanian dan perkembangan kawasan tepu bina.

Jadual 3 Matrik perubahan guna tanah dan litupan bumi daerah Miri, 2001/2016 (hektar)

2001	Tepu bina	Kelapa sawit	Tanah lapang	Hutan gambut	Hutan darat	Air	Jumlah	Peratus perubahan (%)
2016								
Tepu bina	2859.39	790.56	83.34	2871.99	3637.62	177.3	10420.2	7.1
Kelapa sawit	117.9	5096.79	4.59	24580.5	9646.02	39.6	39485.4	33.8
Tanah lapang	223.47	413.73	46.44	393.48	1812.06	22.23	2911.41	3.0
Hutan gambut	562.95	2542.23	27.54	7707.69	18099.3	116.55	29056.26	-7.9
Hutan darat	8.28	30.06	0.09	633.87	4473.27	4.14	5149.71	-36.3
Air	209.34	31.68	0.18	66.33	318.87	2853.9	3480.3	0.3
JUMLAH	3981.33	8905.05	162.18	36253.86	37987.14	3213.72	90503.28	-

Jadual 3 menunjukkan matrik perubahan guna tanah yang berlaku antara tahun 2001 dan 2016. Guna tanah gambut mengalami perubahan paling tinggi iaitu 24580.5 hektar (67.79%) kepada guna tanah kelapa sawit. Seterusnya, perubahan kedua tertinggi adalah tanah lapang telah beralih kepada tepu bina iaitu sebanyak 51.39 peratus atau 83.34 hektar. Perubahan guna tanah yang lain telah mengalami peralihan guna tanah adalah hutan darat kepada hutan gambut iaitu 18099.3 hektar (47.60%). Ini kemungkinan disebabkan oleh kekeliruan pengelasan di mana adalah sukar untuk membezakan signature pantulan bagi vegetasi hutan gambut, terutama bagi kawasan gambut kering, dengan hutan darat. Guna tanah tepu bina yang kekal tidak berubah adalah sebanyak 2859.39 hektar (71.81%) dan hanya berubah sebanyak 1.23%. Dalam tahun 2016, peralihan kepada guna tanah tepu bina menyebabkan kawasan hutan darat dan hutan gambut masing-masing mengalami kemerosotan sebanyak 3637.62 ha dan 2871.99 ha berbanding tahun 2001. Namun begitu hasil analisis menunjukkan terdapat perubahan guna tanah tepu bina kepada guna tanah kelapa sawit (117.9 ha), tanah lapang (223.47 ha), hutan gambut (562.95 ha), hutan darat (8.28 ha) dan air (209.34 ha). Perubahan guna tanah tepu bina tersebut adalah kurang munasabah. Hal ini berlaku mungkin disebabkan kekeliruan pengkaji semasa proses interpretasi guna tanah, perbezaan signatur pantulan permukaan tanah lapang, cerang baru atau pertanian pindah (dalam kawasan hutan gambut, hutan darat dan ladang kelapa sawit) dengan signatur tepu bina dan masalah piksel campuran terutama air yang mempunyai kadungan sedimen yang tinggi sering diproses sebagai tepu bina.

Guna tanah kelapa sawit mengalami peningkatan yang tinggi pada tahun 2016, iaitu sebanyak 33.8% berbanding jumlah keluasan kelapa sawit tahun 2001. Penyumbang utama kepada perluasan kawasan tanaman kelapa sawit datang dari kawasan hutan gambut (24580.5 ha) dan diikuti hutan darat (9646.02 ha). Manakala kawasan guna tanah kelapa sawit yang kekal adalah 5096.79 (57.23%). Hutan darat mengalami kemerosotan keluasan yang serius dari 42% kepada 4.7% dalam jangka masa 15 tahun. Majoriti dari perubahan tersebut adalah disebabkan perubahan dari kawasan hutan darat kepada ladang kelapa sawit

(9646.02 hektar) iaitu melebihi 90% kawasan hutan darat telah bertukar kepada tanaman kelapa sawit. Kawasan hutan darat yang kekal dalam tempoh 15 tahun hanya berkeluasan 4473.27 (11.76%) sahaja.

Berdasarkan lima kategori guna tanah di daerah Miri, 33.8% (30579.9 hektar) daripada jumlah perubahan keseluruhan telah berlaku di kawasan kelapa sawit dan diikuti dengan tepu binan iaitu 7.1% (6438.7 hektar). Hutan darat mengalami kemerosotan yang tertinggi iaitu daripada 47% kepada 5.7%. Keluasan hutan darat mengalami kemerosotan sebanyak 36.3% dalam jangkamasa 15 tahun. Seterusnya kawasan guna tanah hutan gambut merosot dari 40.0% kepada 32.1% (-7.9%). Ini membuktikan banyak kawasan hutan telah dibuka untuk tujuan perladangan khususnya penanaman kelapa sawit. Melalui hasil analisis guna tanah yang telah dilakukan hampir sebahagian besar kawasan guna tanah di daerah Miri adalah digunakan untuk perladangan.

Perbincangan

Pada 20 Mei 2005, Miri telah diiktirafkan sebagai sebuah bandaraya berdasarkan pencapaian cemerlang dalam pelbagai bidang pembangunan. Perubahan yang tertinggi dalam tempoh lima belas tahun dalam guna tanah dan litupan tanah dapat dilihat pada sektor penanaman kelapa sawit yang merupakan salah satu sumber pembangunan utama ekonomi di negeri Sarawak. Di antara tahun 2006 dan 2010, Kerajaan Persekutuan Malaysia telah mengumumkan satu siri lima koridor ekonomi. Pembentukan koridor tersebut bertujuan untuk mewujudkan satu koridor pembangunan yang seimbang, Salah satu koridor yang dibentuk terletak di negeri Sarawak iaitu Sarawak Corridor of Renewable Energy atau SCORE. Dalam rancangan pembangunan SCORE terdapat sepuluh keutamaan dalam pelaburan dan salah satunya adalah kelapa sawit. Maka dengan hal yang demikian bahagian Miri telah menawarkan peluang pelaburan dan ekonomi yang sangat luas. Selain itu, wujud aktiviti sampingan seperti pembalakan, pelancongan dan kebudayaan yang memerlukan tanah yang luas. Negeri Sarawak juga terutamanya daerah Miri mempunyai kekuatan dan keunikan alam flora dan fauna semula jadi. Selaras dengan perancangan ekonomi dan pembangunan menyebabkan pembukaan tanah untuk tepu bina bagi mewujudkan kilang-kilang minyak kelapa sawit, syarikat pertanian dan perladangan. Dalam tahun 2001 hingga tahun 2016 wujud beberapa syarikat seperti Rimbulan Sawit Berhad, Sarawak Plantation Berhad, Sarawak Green Plantation Sdn. Bhd. dan Lembaga Minyak Sawit Miri (MPOB).

Peningkatan guna tanah kelapa sawit disebabkan oleh beberapa faktor seperti galakan di negeri Sarawak sendiri dan seterusnya untuk menambahkan lagi pendapatan negara. Terdapat banyak penubuhan syarikat pertanian yang mengalakkan lagi dalam aktiviti penanaman kelapa sawit. Misalnya, bantuan dari Lembaga Minyak Sawit Miri (MPOB) seperti memberi anak pokok kelapa sawit sebanyak 300 pokok bagi setiap pemohon dan baja juga meningkatkan guna tanah kelapa sawit. Kawasan tanah yang belum diterokai sepenuhnya juga memberi peluang kepada masyarakat di kawasan daerah Miri untuk menceburi dalam bidang penanaman kelapa sawit. Justeru, peningkatan harga kelapa sawit yang mendadak naik berbanding tanaman yang lain menyebabkan tanaman kelapa sawit menjadi popular.

Peningkatan guna tanah tepu bina boleh dikaitkan dengan kepelbagaian pembangunan yang semakin pesat seperti pertambahan pertempatan, perindustrian, prasarana, perniagaan dan infrastruktur. Perkembangan yang semakin maju dalam perindustrian menyebabkan daerah Miri menjadi kawasan tumpuan penduduk dari luar bandar. Pertambahan penduduk yang semakin meningkat menyebabkan peningkatan permintaan terhadap kemudahan perumahan. Dengan hal yang demikian, banyak kawasan baharu terutamanya kawasan hutan gambut dan hutan darat telah diteroka dan dibuka bagi membina perumahan yang baru. Hal ini menyebabkan pengurangan keluasan kawasan hutan gambut dan hutan darat di daerah Miri.

Tuntasnya, kawasan daerah Miri dalam tempoh 15 tahun tersebut telah menggambarkan bahawa berlakunya peningkatan yang sangat tinggi bagi aktiviti pembangunan dan pembandaran, diikuti dengan guna tanah kelapa sawit pada tahun 2016. Kepelbagaian perancangan dan kemajuan ekonomi telah mempengaruhi guna tanah di daerah Miri. Kesimpulannya pembangunan dan kemajuan dalam daerah Miri memberi tekanan kepada guna tanah hutan dan pengekalan hutan.

KESIMPULAN

Aplikasi penderiaan jauh dan GIS telah menjadi satu alat bantuan penyelidikan yang amat bermanfaat bagi kajian guna tanah dan litupan bumi. Aplikasi ini turut membantu dalam bidang kajian yang lain seperti vegetasi dan mengesan hakisan pantai. Walaupun terdapatnya masalah berkaitan ketepatan data dalam menggunakan penderiaan jauh dan GIS namun ia adalah satu aplikasi yang saintifik yang dapat membantu penyelidik membuat kajian dalam masa yang singkat. Pola perubahan guna tanah dalam tempoh 15 tahun telah menunjukkan peningkatan dalam penanaman kelapa sawit dan pembangunan tepu bina di daerah Miri sebagai petunjuk kepada kemajuan pertanian di kawasan tersebut. Kajian ini membuktikan bahawa integrasi teknologi penderiaan jauh dan GIS adalah alat yang sangat berkesan untuk perancangan dan pengurusan bandar. Dalam konteks ini perubahan guna tanah yang lebih cenderung berubah kepada penanaman kelapa sawit.

RUJUKAN

- Campbell, J. B. (1997). *Introduction to remote sensing*. New York: Guilford Press.
- Campbell, J.B. (2007). *Introduction to remote sensing*, Fourth edition,; The Guilford Press: New York, USA.
- Carlson, T.N. & Azofeifa, S.G.A. (1999). Satellite remote sensing of land use changes in and around San José, Costa Rica. *Remote Sensing of Environment*, 70, 247–256.
- Congalton, R. G. & Green, K. (1999). *Assessing the accuracy of remotely sensed data: Principles and practices*. Boca Raton: CRC Press.
- Coppin, P., Jonckheere, I., Nackaerts, K., Muys, B. & Lambin, E. (2004). Digital change detection methods in ecosystem monitoring: A review. *International Journal of Remote Sensing*, 25(9), 1565–1596.
- Demers, M. N. (2005). *Fundamentals of geographic information systems*; New York: John Wiley & Sons.
- Dwivedi, R. S., Sreenivas, K. & Ramana, K.V. (2005). Land-use/land-cover change analysis in part of Ethiopia using Landsat Thematic Mapper data. *International Journal of Remote Sensing*, 26(7), 1285–1287.
- Fan, F., Weng, Q., & Wang, Y. (2007). Land use land cover change in Guangzhou, China, from 1998 to 2003, based on Landsat TM/ETM+ imagery. *Sensors*, 7, 1323–1342.
- Foody, G. M. (1992). On the compensation for change agreement in image classification accuracy assessment. *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing*, 58(10), 1459–1460.
- Fresco L.O. (1994). *Imaginable futures, a contribution to thinking about land use planning* (eds Fresco LO, Stroosnijder L, Bouma J, van Keulen H), hlm 1–8. Chichester: JohnWiley and Sons.
- Guerschman, J.P., Paruelo, J.M., Bela, C.D., Giallorenzi, M.C. & Pacin, F. (2003). Land cover classification in the Argentine Pampas using multi-temporal Landsat TM data. *International Journal of Remote Sensing*, 24, 3381–3402.
- Hansen, A. J., Rasker, R., Maxwell, B., Rotella, J. J., Wright, A. & Langner, U. (2002). Ecology and socioeconomics in the New West: A case study from Greater Yellowstone. *Bioscience*, 52, 151–162.
- Hayes, D. J., & Sader, S. A. (2001). Comparison of change-detection techniques for monitoring tropical forest clearing and vegetation regrowth in a time series. *Photogrammetric Engineering & Remote Sensing*, 67(9), 1067–1075.
- Jantz, C. A., Goetz, S. J., & Shelley, M. A. (2003). Using the SLEUTH urban growth model to simulate the land use impacts of policy scenarios in the Baltimore–Washington metropolitan region. *Environment and Planning (B)*, 31(2), 251–271
- Kennedy, R. E., Townsend, P. A., Gross, J. E., Cohen, W. B., Bolstad, P., & Wang, Y. Q. (2009). Remote sensing change detection tools for natural resource managers: Understanding concepts and tradeoffs in the design of landscape monitoring projects. *Remote Sensing Environment*, 113, 1382–1396
- Lambin, E. F., & Strahler, A. H. (1993). Change-vector analysis in multitemporal space: A tool to detect and categorize land-cover change processes using high-temporal resolution satellite data. *Remote Sensing Environment*, 48, 231–244.
- Lu, D., Mausel, P., Batistella, M., & Moran, E. (2005). Land-cover binary change detection methods for use in the moist tropical region of the Amazon: a comparative study. *International Journal of Remote Sensing*, 26(1), 101–114.
- Mas, J. F. (1999). Monitoring land-cover changes: A comparison of change detection techniques. *International Journal of Remote Sensing*, 20(1), 139–152.
- Mas, J.F., Velazquez, A., Gallegos, J. R. D., Saucedo, R. M., Alcantare, C., Bocco, G., Castro, R., Fernandez, T., & Vega, A. P. (2004). Assessing land use/cover changes: a nationwide multivariate spatial database for Mexico. *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation*, 5, 249–261.
- McConnell, W., & Moran, E. F. (2001). *Meeting in the middle: The challenge of meso-level integration*. LUCG Focus 1 Office, Anthropological Center for Training and Research on Global Environmental Change, Indiana University.

- Mouat, D. A., Mahin, G. G., & Lancaster, J. (1993). Remote sensing techniques in the analysis of change detection. *Geocarto International*, 2, 39–50.
- Muhyiuddin, W. M., Ibrahim, W., & Norhafizah, B. N. (2012). Application of Geographic Information System (GIS) in slope failures: A case study in Paya Terubong, Pulau Pinang, Malaysia. *Jurnal Perspektif* 4(2), 56-66.
- Muttitanon, W., & Tiipathi, N. K. (2005). Land use/land cover changes in the coastal zone of Ban Don Bay, Thailand using Landsat 5 TM data. *International Journal of Remote Sensing*, 26(11), 2311–2323.
- Nur Hakimah, A., & Lam Kuok Choy. (2016). Analisis perubahan guna tanah dan litupan bumi di Gombak, Selangor menggunakan data penderiaan jauh. *Sains Malaysiana*, 45(12), 1869–1877.
- Parmenter, A. P., Hansen, A., Kennedy, R., Cohen, W., Langner, U., & Lawrence, R. (2003). Land use and land cover change in the Greater Yellowstone Ecosystem: 1975–95. *Ecological Applications*, 13, 687–703
- Praveen, K. M., & Jayarama R. S. R. (2013). Analysis of land use/land cover changes using remote sensing data and GIS at an urban area, Tirupati, India. *The Scientific World Journal*, 1, 1-6. doi:10.1155/2013/268623
- Prenzel, B. (2004). Remote sensing-based quantification of land-cover and land-use change for planning. *Progress in Planning*, 61, 281–299.
- Rhemtulla, J. M., Mladenoff, D. J., & Clayton, M. K. (2007). Regional land-cover conversion in the U.S. upper Midwest: Magnitude of change and limited recovery (1850–1935–1993). *Landscape Ecology*, 22, 57–75.
- Roberts, D. A., Batista, G. T., Pereira, J. L. G., Waller, E. K., & Nelson, B.W. (1998). *Change identification using multitemporal spectral mixture analysis: application in Eastern Amazonia*, In Remote sensing change detection: environmental monitoring methods and applications, Lunetta and Elvidge (Editors), Ann Arbor Press, Chelsea, Michigan, hlm. 137–161.
- Rogan, J., Franklin, J., & Roberts, D. A. (2002). A comparison of methods for monitoring multitemporal vegetation change using Thematic Mapper imagery. *Remote Sensing of Environment*, 80, 143–156.
- Rogana, J., & Chen, D. (2004). Remote sensing technology for mapping and monitoring land-cover and land-use change. *Progress in Planning*, 61, 301–325.
- Seto, K. C., Woodcock, C. E., Song, C., Huang, X., Lu, J., & Kaufmann, R. K. (2002). Monitoring land use change in the Pearl River Delta using Landsat TM. *International Journal of Remote Sensing*, 23(10), 1985–2004.
- Sumayyah Aimi, M. N., & Zullyadini, A. R. (2016). Analisis perubahan gunatanah di Daerah Barat Daya, Pulau Pinang. *Geografi*, 4(1), 43-55. Diperoleh daripada <https://ejournal.upsi.edu.my/GetFinalFile.aspx?file=d0e3c901-86ae-4d2e-807c-49b55d8130fb.pdf>
- Ulbricht, K. A., & Heckendorf, W. D. (1998). Satellite images for recognition of landscape and land use changes. *ISPRS Journal of Photogrammetry & Remote Sensing*, 53, 235–243.
- United State Geological Survey (USGS) (2016). Data Landsat 2001 dan 2016. Diperoleh daripada <http://earthexplorer.usgs.gov>
- Walker, R. (2003). Mapping process to pattern in the landscape change of the Amazonian frontier. *Annals of the Association of American Geographers*, 93(2), 376–398.
- Wang, Y., & Moskovits, D. K. (2001). Tracking fragmentation of natural communities and changes in land cover: Applications of Landsat data for conservation in an urban landscape (Chicago Wilderness). *Conservation Biology*, 15(4), 835–843.
- Welch, R., Madden, M., & Jordan, T. (2002). Photogrammetric and GIS techniques for the development of vegetation database of mountainous areas: Great Smoky Mountains National Park. *ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing*, 55, 53–68.
- Wilkinson, D. W., Parker, R. C., & Evans, D. L. (2008). Change detection techniques for use in a statewide forest inventory program. *PE & RS*, 74(7), 893–901.
- Woodcock, C.E., & Ozdogan, M. (2004). Trends in land cover mapping and monitoring. Dlm Gutman, G., Janetos, A.C., Justice, C.O., Moran, E.F., Mustard, J.F., Rindfuss, R.R., Skole, D., Turner II, B.L., Cochrane, M.A. (Eds.), *Land Change Science: Observing, monitoring and understanding trajectories of change on the earth's surface*, hlm. 367–377. Springer, New York.
- Wu, Q., Li, H. Q., Wang, R.S., Paulussen, J., He, H., Wang, M., Wang, B. H., & Wang, Z. (2006). Monitoring and predicting land use change in Beijing using remote sensing and GIS. *Landscape and Urban Planning*, 78, 322–333.
- Yuan, F., Sawaya, K. E., Loeffelholz, B. C. & Bauer, M. E. (2005). Land cover classification and change analysis of the Twin Cities (Minnesota) metropolitan areas by multitemporal Landsat remote sensing. *Remote Sensing of Environment*, 98, 317–328.
- Zhao, G.X., Lin, G., & Warner, T. (2004). Using ThematicMapper data for change detection and sustainable use of cultivated land: a case study in the Yellow River delta, China. *International. Journal of Remote Sensing*, 25(13), 2509–2522.
- Zsuzsanna, D., Bartholy, J., Pongracz, R., & Barcza, Z. (2005). Analysis of land-use/land-cover change in the Carpathian region based on remote sensing techniques. *Physics and Chemistry of Earth*, 30, 109–115.