

Visuele interpretasie van ASTER-satellietdata

Deel II: Grondgebruikkartering in Mpumalanga, Suid-Afrika

Visual interpretation of ASTER satellite data, Part II: Land use mapping in Mpumalanga, South Africa

HJ VAN NIEKERK

Departement Omgewingswetenskappe
Posbus 392, Unisa, Pretoria, 0003, Suid-Afrika
vniekhj@unisa.ac.za



Elna van Niekerk



Luke Sandham

LA SANDHAM

Geografie en Omgewingstudies
Skool vir Omgewingswetenskappe, Noordwes-Universiteit
Privaatsak X6001, Potchefstroom, 2520, Suid-Afrika
luke.sandham@nwu.ac.za

ELNA (HJ) VAN NIEKERK is tans 'n dosent by die nuut-gestigte Departement van Omgewingswetenskappe aan die Universiteit van Suid-Afrika. Sy het haar BSc-graad aan die Universiteit van Stellenbosch behaal en haar honneursgraad *cum laude* verwerf aan die destydse Potchefstroomse Universiteit vir CHO (tans die Noordwes-Universiteit). Sy het haar MSc-graad ingedien by die Universiteit van die Witwatersrand en was mede-outeur van twee wetenskaplike publikasies op die terrein van omgewingsgeologie. Haar navorsingsbelangstellings fokus op omgewingsgeologie en die Suid-Afrikaanse geologiese erfenis.

ELNA (HJ) VAN NIEKERK is a lecturer at the newly established Department of Environmental Sciences at Unisa. She obtained a BSc at the University of Stellenbosch and the BSc Honours *cum laude* at the Potchefstroom University for CHE (now the North-West University). Her MSc dissertation in Environmental Science is currently under examination at the University of the Witwatersrand. She is the co-author of two scientific papers in environmental geology and her current research interests are focused on environmental geology and the South African geological heritage.

DR LUKE SANDHAM is tans 'n senior lektor in Geografie en Omgewingsbestuur by die Skool vir Omgewingswetenskappe aan die Noordwes-Universiteit, Potchefstroom. Hy het 'n PhD in Geografie verwerf aan die voormalige RAU, Johannesburg. Sewe en twintig Magisterkandidate het reeds onder sy leiding afstudeer en 'n verdere agt voltooit tans hul studies. Hy is mede-outeur van tien wetenskaplike artikels en het 26 voordragte by plaaslike en internasionale konferensies gedoen. Sy navorsingsbelangstelling is tans hoofsaaklik in Omgewingsinvloedbepaling.

DR LUKE SANDHAM is currently a senior lecturer in Geography and Environmental Management in the School of Environmental Sciences at the North-West University, Potchefstroom. He holds a PhD in Geography from the former RAU, Johannesburg. Twenty seven Master's students have completed dissertations under his supervision and he is currently supervising the studies of a further eight candidates. He is the co-author of ten articles in scientific journals and 26 presentations at local and international conferences. His current research interest is mainly in Environmental Impact Assessment.

ABSTRACT***Visual interpretation of ASTER satellite data, Part II: Land use mapping in Mpumalanga, South Africa***

Since the initiation in 1960 of the era of satellite remote sensing to detect the different characteristics of the earth, a powerful tool was created to aid researchers. Many land-use studies were undertaken using Landsat MSS, Landsat TM and ETM, as well as SPOT satellite data. The application of these data to the mapping of land use and land cover at smaller scales was constrained by the limited spectral and/or spatial resolution of the data provided by these satellite sensors. In view of the relatively high cost of SPOT data, and uncertainty regarding the future continuation of the Landsat series, alternative data sources need to be investigated. In the absence of published previous research on this issue in South Africa, the purpose of this article is to investigate the value of visual interpretation of ASTER satellite images for the identification and mapping of land-use in an area in South Africa. The study area is situated in Mpumalanga, in the area of Witbank, around the Witbank and Doorndraai dams. This area is characterised by a variety of urban, rural and industrial land uses. Digital image processing of one Landsat 5 TM, one Landsat 7 ETM and one ASTER satellite image was undertaken, including atmospheric correction and georeferencing, natural colour composites, photo infrared colour composites (or false colour satellite images), band ratios, Normalised Difference Indices, as well as the Brightness, Greenness and Wetness Indices. The efficacy with which land use could be identified through the visual interpretation of the processed Landsat 5 TM, Landsat 7 TM and ASTER satellite images was compared. The published 1:50 000 topographical maps of the area were used for the purpose of initial verification. Findings of the visual interpretation process were verified by field visits to the study area. The study found that the ASTER satellite data produced clearer results and therefore have a higher mapping ability and capacity than the Landsat satellite data. Hence, it is anticipated that the use of the full range of the spectral resolution of the ASTER satellite data – which were not available for this study – in statistical pattern recognition and classification methods will enhance the value of the process. Statistical methods are often used to produce visual information which could be applied to prepare land-use change inventories. This should be addressed in future research projects. Should the Landsat programme be terminated, ASTER satellite data might provide the best alternative for a variety of research projects, but if the Landsat project is continued, the ASTER satellite data could be used very effectively in conjunction with the Landsat satellite data. Since it is foreseen that the ASTER satellite data will be available for at least the next 12 to 15 years, it will continue to provide exciting possibilities for the development of programmes to monitor land-use and land-use change. This could then be used by all three levels of government to reach their goals in terms of agricultural planning, town and regional planning and environmental management. These requirements are described in the Integrated Development Programmes (IDP) of the different local governments.

KEY WORDS: Landsat 5 Thematic Mapper, Landsat 7 Enhanced Thematic Mapper, ASTER, satellite images, land-use mapping, digital image processing, remote sensing, Witbank, Mpumalanga, spectral bands, spectral resolution, spatial resolution, visual interpretation.

TREFWOORDE: Landsat 5 Tematiese Karteerder, Landsat 7 Verbeterde Tematiese Karteerder, ASTER, satellietbeelde, grondgebruikkartering, digitale beeldverwerkings-prosedures, afstandwaarneming, Witbank, Mpumalanga, spektrale bande, spektrale resolusie, ruimtelike resolusie, visuele interpretasie.

OPSOMMING

Die waarde van visuele interpretasie van ASTER-satellietbeelde vir die herkenning en kartering van grondgebruik word ondersoek in 'n studiegebied geleë in die omgewing van Witbank in Mpumalanga. Die gebied word gekenmerk deur 'n verskeidenheid landelike en industriële grondgebruike. Die effektiwiteit waarmee grondgebruik deur middel van visuele interpretasie van Landsat 5 TM, Landsat 7 ETM en ASTER-satellietbeelde herken en gekarteer kon word, is vergelyk. Topografiese kaarte van die gebied is as grondkontrole gebruik. Bevindinge van die visuele interpretasie is met veldbesoeke gekontroleer. Daar is bevind dat ASTER-data duideliker resultate lewer en dus beter karteringsvermoë en karteringskapasiteit as Landsat-data lewer. Daar word in die vooruitsig gestel dat, indien die volle spektrale resolusie van die ASTER-data met behulp van syferkundige patroonherkenning en -klassifikasie-metodes aangewend word om grondgebruiksinventarisasie op te stel, aansienlike waarde tot die proses toegevoeg kan word. Die volle spektrale resolusie van die ASTER-data was nie vir die studie waarop hierdie artikel gebaseer is, beskikbaar nie. Die vooruitsig dat ASTER-satellietdata vir die volgende 12 tot 15 jaar beskikbaar sal wees, bied opwindende moontlikhede vir die ontwikkeling van moniteringsprogramme met betrekking tot grondgebruiksverandering wat op al drie owerheidsvlakke (nasionaal, provinsiaal en munisipaal) aangewend kan word. ASTER data kan veral gebruik word ter bereiking van die owerhede se verantwoordelikhede ten opsigte van landboukundige beplanning, stads- en streeksbeplanning en omgewingsbestuur, soos uiteengesit in die vereistes van die Geïntegreerde Ontwikkelingsprogramme ('Integrated Development Programmes' (IDP)) van die onderskeie plaaslike owerhede.

INLEIDING EN AGTERGROND

Die era van satellietafstandwaarneming van die aarde het op 1 April 1960 'n aanvang geneem met die lansering van TIROS 1³ (Television and InfraRed Observation Satellite). Dit was 'n prototipe meteorologiese satelliet in 'n poolwentelbaan om die aarde met die doel om weerkundige waarnemings te doen. Hierdie satelliet is opgevolg met NASA se Landsat 1-7 reeks vir waarneming van die aardoppervlak vanaf 1972-1999. Die data het toenemend verbeter t.o.v. spektrale en ruimtelike resolusie (Tabel 1), en die gebruik daarvan vir ruimtelike navorsing en toepassings op growwe- tot medium-skaal is daardeur moontlik gemaak, veral in die landbou maar ook op 'n verskeidenheid ander terreine soos bosbou, weiding, stedelike bodembenuutting, grond- en geologiese kartering, hidrologie en kartering van waterliggame.^{11,12,14,15,16,20,21,22,23,24,25}

Die omvang van die navorsing wat deur hierdie satellietdata gestimuleer is, het aanleiding gegee tot die ontstaan of naamsverandering van 'n aantal wetenskaplike tydskrifreeks, onder andere *Remote Sensing of the Environment*, die *International Journal of Remote Sensing* en *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing*. Daarbenewens het verskeie gesaghebbende boeke verskyn waarin besonderhede oor hierdie navorsing en toepassings omvattend beskryf word.^{11,16,19,20}

Die SPOT (*Système Pour l'Observation de la Terre*) 1-4 reeks Franse satelliete wat vanaf 1986-1998⁹ in bedryf gestel is, het data met beter ruimtelike resolusie as Landsat gelewer (Tabel 1), met goeie toepassings in grondgebruikstudies. Die waarde vir operasionele toepassing sowel as navorsing word egter beperk deur die relatief klein beeldgrootte van 60 x 60 km (teenoor die 180 x 180 km van Landsat), sowel as die relatief hoë koste van R9500.00 (teenoor die R1500.00 van Landsat).

Die gevolg was dat, alhoewel verskeie ondersoeke na die waarde van SPOT gedoen is (onder andere vir bevolkingskattings),⁴ dit nooit deel geword het van enige formele program vir die deurlopende monitering van grondgebruiksverandering nie.

Vir gedetailleerde grondgebruikkartering op die fyner skale wat kenmerkend is van die aard van vele grondgebruike, veral in die landelik-stedelike oorgang, was die ruimtelike resolusie egter steeds nie voldoende nie,¹⁸ gevolglik was Landsat TM en ETM die mees koste-effektiewe opsie vir grondgebruikkartering in Suid-Afrika. As gevolg van voortdurende onderhandelings tussen die VSA-regering en agentskappe wat verantwoordelik is vir die bedryf van die Landsatstelsel, ontstaan vroeë met betrekking tot die voortsetting van Landsat ETM. Hierdie twyfel noop die ondersoek na ander opsies. Nuwe sensor-platforms is ook ontwikkel. ASTER (*Advanced Spaceborne Thermal Emission and Reflection Radiometer*) is een so 'n voorbeeld van 'n nuwe platform.

ASTER is een van vyf afstandwaarnemingsinstrumente van die Terra-platform, wat op 18 Desember 1999 gelanseer is, met 'n lewensverwagting van ses jaar en die vooruitsig dat dit opgevolg gaan word deur ander EOS-ruimtetuie met toepaslike moderne afstandwaarnemingstechnologie, sodat 'n globale dataset oor 18 jaar opgebou kan word.⁷ Die eienskappe van die ASTER-sensors word in Tabel 1 kortliks met dié van Landsat en SPOT vergelyk, maar omvattende besonderhede is elders beskikbaar.^{9,11,15,16,25}

TABEL 1: Vergelykende spektrale en ruimtelike eienskappe van Landsat-, SPOT- en ASTER-sensors^{9,15,16,25} (NIR: Naby Infrarooi; Pan: Panchromaties – swart en wit; KGIR: Kortgolf Infrarooi)

	Landsat			SPOT1-4 (1998)	ASTER (1999)
	MSS (1972)	TM (1982)	ETM+(1984)		
Aantal spektrale bande en spektrale resolusie	2 Sigbaar 2 NIR	3 Sigbaar 3 NIR 1 Termiese IR	3 Sigbaar 3 NIR 1 Termiese IR 1 Panchromaties	2 Sigbaar 2 NIR 1 Panchromaties	2 Sigbaar 8 NIR en KGIR 5 Termiese IR
Ruimtelike resolusie – pixelgrootte (m)	80 x 80 m	30 x 30 m TIR (120 x 120 m)	30 x 30 m TIR (120 x 120 m) Pan (15 x 15 m)	20 x 20 m Pan (10 x 10 m)	Band 1-9 (15 x 15 m) Band 10-14 (90 x 90 m)
Beeldgrootte	180 x 180 km	180 x 180 km	180 x 180 km	60 x 60 km	60 x 60 km

Die ASTER⁷ beeldgrootte is dieselfde as SPOT en die temporele resolusie is dieselfde as Landsat, maar die spektrale resolusie is veel beter as beide. As sodanig, is dit van besondere waarde vir onder andere die kalibrering en validering van data vir grondgebruik-opsporing en -kartering, en verdien daarom verdere ondersoek.

Behalwe vir die onlangse ondersoek na die waarde van ASTER vir geologiese kartering in die Wieg van die Mensdom-erfenisgebied,²⁵ en die gebruik van ASTER-data benut om MODIS branddata oor Suidelike Afrika te valideer,¹⁷ kon geen verdere verwysings na enige gepubliseerde navorsing oor die waarde van ASTER-data vir grondgebruikkartering in Suid-Afrika opgespoor word nie, en daarom is dit noodsaaklik om die waarde van ASTER-data vir grondgebruikkartering te ondersoek, ook gesien in die lig van die geredelike toeganklikheid van ASTER-satellietbeelde.

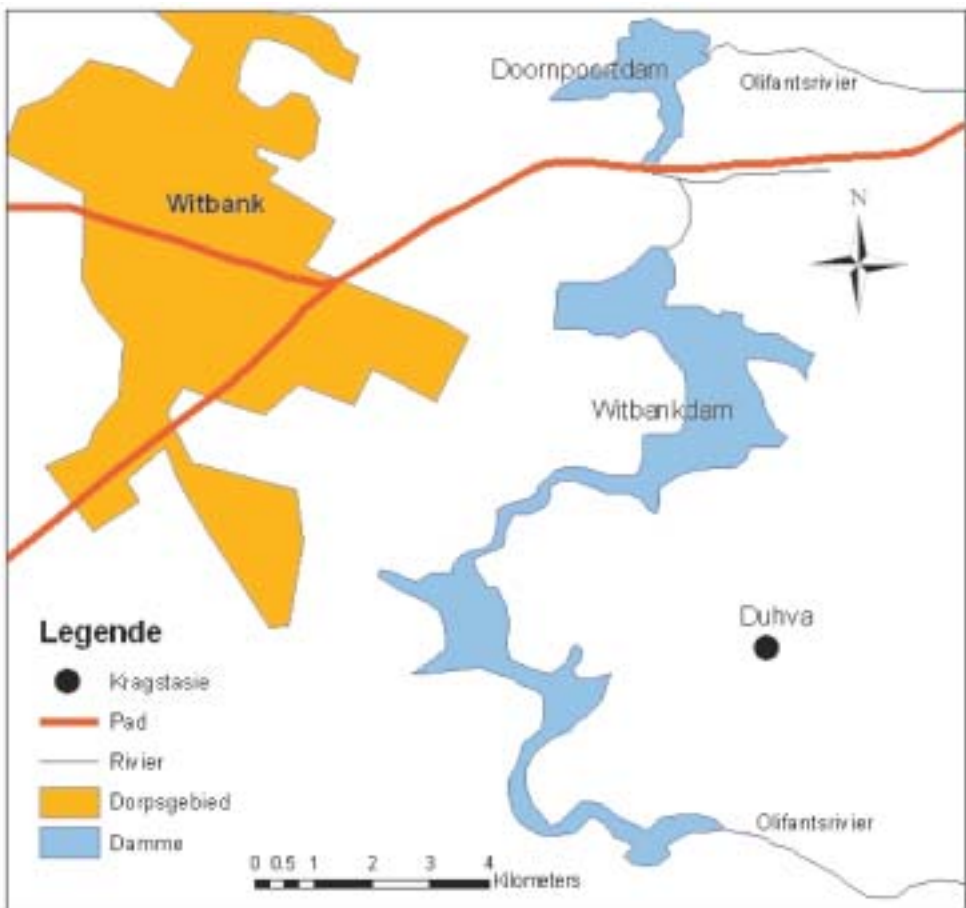
Voortvloeiend uit die voorafgaande is die navorsingsvraag dus tot watter mate grondgebruik in die Witbank- en Doornpoortdam-gebied nagespeur kan word deur komplementêre visuele analise

van verwerkte Landsat 5-, Landsat 7- en ASTER-satellietbeelde. Na aanleiding van die navorsingsvraag was die doel van die navorsing waarop hierdie artikel gebaseer is dus om ondersoek in te stel na die verbeterde akkuraatheid wat ASTER-satellietdata bied vir die kartering van grondgebruik in 'n gebied naby Witbank deur:

- die visuele herkenning en identifisering van grondgebruik in voorbereide Landsat- en ASTER-beelde;
- die voorbereiding van 'n gedetailleerde grondgebruikkaart; en
- die verifiëring en identifisering van geïnterpreteerde grondgebruikskenmerke en vergelyking van die onderlinge/relatiewe effektiwiteit van die verskillende satellietprodukte.

STUDIEGEBIED

Sedert die ontstaan van Witbank (Figuur 1) as 'n handelspos in 1890 het grondgebruik in die omgewing van die Witbankdam en die Doornpoortdam in die Olifantsrivier oos van Witbank voortdurend verander. Witbank het die steenkoolhoofstad van Suid-Afrika geword aangesien bykans die helfte van Suid-Afrika se steenkool in hierdie gebied geproduseer word. Boonop het



Figuur 1: Ligingskaart

die grootste staalaanleg in Suid-Afrika, naamlik Ferro Metals Steel, ook net wes van die dorp tot stand gekom.²⁶

Die stedelike uitbreidings van die Witbank-dorpsgebied is wes van die studiegebied geleë en die Duva-kragstasie is aan die oostekant van die studiegebied. Hierdie kragstasie het 'n beduidende invloed op afstandwaarnemingstudies in die gebied as gevolg van die gepaardgaande lugbesoedeling en gevolglike bewolktheid en/of ondeurlaatbaarheid van die atmosfeer. Die uitwerking hiervan is duidelik op die ASTER-satellietbeeld waarneembaar.

Die neiging tot grondgebruiksverandering het in die afgelope dekade toegeneem. Dié toename noodsaak die ontwikkeling van toepaslike metodologieë om hierdie veranderende grondgebruike te identifiseer, te interpreteer en toepaslike reaksies te formuleer, ten einde bestuur van die natuurlike en sosiale omgewingshulpbronne te optimaliseer.

MIDDELE EN METODES

Slegs drie satellietbeelde is vir die studie gebruik, naamlik 'n Landsat 5 TM-satellietbeeld (September 1994), 'n ASTER Vlak1B-satellietbeeld (Augustus 2000) en 'n Landsat 7 ETM+-satellietbeeld (Oktober 2001), omdat die koste verbonde aan die verkryging van ander satellietbeelde te hoog was. Daar was ook net een ASTER V1B-satellietbeeld met 'n klein area onder wolkbedekking wat die studiegebied gedek het, beskikbaar vir onttrekking vanaf die EOS-webwerf omdat die satelliet eers in 1999 gelanseer is. Al die ander beelde was deur groot wolke bedek. Verder was die beskikbaarheid en toeganklikheid van hierdie drie satellietbeelde aansienlik beter as enige ander produkte, byvoorbeeld SPOT-satellietbeelde. Met behulp van digitale beeldverwerkingsprosedures is satellietbeelde geskep wat gebruik kon word vir die visuele identifisering en interpretasie van grondgebruike oor 'n tydperk van agt jaar.

Die data het dus bestaan uit drie satellietbeelde en 'n stel van vier gepubliseerde 1:50 000 topografiese kaarte van die gebied, naamlik 2529CC Witbank, 2529CD Middelburg (Mpumalanga), 2629AA Ogies en 2629AB Van Dyksdrif. Met die uitsondering van 2629AA Ogies, wat in 1995 gepubliseer is, is die res van hierdie kaarte die derde uitgawe van 'n stel wat deur die Staatsdrukker in Pretoria gedruk is en in 1996 gepubliseer is.

Die analise is uitgevoer deur middel van visuele interpretasie van die Landsat- en ASTER-satellietbeelde om grondgebruike te identifiseer en te karteer. Nadat die data van die satellietbeelde gekarteer is, is veldkontrole op geselekteerde punte uitgevoer om vas te stel wat die mate van akkuraatheid was, en ook om die herkenningsvermoë van ASTER teenoor Landsat te vergelyk. Geen formele akkuraatheidstoetse is uitgevoer nie, maar in alle gevalle is die satellietwaargenome veranderinge as korrek bevestig deur middel van grondkontrole in die veldwerkfase van die studie.

ANALISE VAN DIE SATELLIET-DATA

Die voorbereidende analise van die drie satellietbeelde is deur middel van digitale beeldverwerking gedoen.¹² Die drie belangrikste funksionele kategorieë van beeldverwerking is beeldrestourasie, beeldverbetering en beeldonttrekking.^{13,21}

Beeldrestourasie

Aangesien slegs ASTER Vlak1B-data van die EOS-webwerf verkry is, het die EOS-sentrum reeds basiese radiometriese en geometriese regstellings van die Vlak 1A-data uitgevoer.^{11,12} Dit wil sê, al die spikkels en vlekke is verwyder en die beeld is geowerwys of geokodeer, wat ook noodsaaklik is

vir Geografiese Inligtingstelsel (GIS)-prosedures.²⁰ Geoverwysde satellietbeelde word verkry deur 'n digitale satellietbeeld te korrigeer en daardeur 'n datastel te skep waarin elke pixel aan 'n standaard-kaartprojeksie gekoppel is.¹¹ Bande 4 tot 9 is hermonster na band 1, maar die data in daardie bande was korrup en die bande kon dus nie vir verdere prosessering gebruik word nie. Boonop is 'n gedeelte van die studiegebied in die ASTER-satellietbeeld naby die Duva-kragstasie deur wolke bedek.

Die twee Landsat-satellietbeelde was ook reeds radiometries gekorrigeer maar die Landsat 5-satellietbeeld was nie geoverwys nie. Geoverwysing van hierdie beeld is uitgevoer met behulp van 1:250 000 topografiese kaarte. Die panchromatiese band van die Landsat 7-satellietbeeld was nie by die datastel ingesluit nie en kon dus nie vir verdere verwerkings gebruik word nie. By voltooiing van die beeldrestourasie is beeldverbetering en beeldonttrekking uitgevoer.

Beeldverbetering en beeldonttrekking

'n Hele verskeidenheid beeldverwerkingsprosedures is op die drie satellietbeelde uitgevoer om die visuele interpretasie daarvan te bevorder. Daar is op grondgebruike gekonsentreer. Verdere tegnieke wat aangewend kan word om verwerkte satellietbeelde te skep, is onder andere ruimtelike frekwensiefilters,¹⁰ kontrasstrekking, kleurintensiteit-versadiging (KIS)⁶ kleursamestellings,¹³ klassifikasies en vele meer.¹⁵

Analise-metodologie

Die doelstellings, soos hierbo genoem, is bereik deur die toepassing van 'n reeks beeldverwerkingsprosedures, onder andere beeldhistogramme, kontrasversterking, kleursamestellings,^{11,12} bandverhoudings, regressie-analise en dekorrelasie-analise^{5,14} met 'n daaropvolgende visuele interpretasie van die satellietbeelde wat so geskep is. Kontrasstrekking is deurgaans uitgevoer met 'n outomatiese normalisering omdat laasgenoemde die beste resultate gelewer het om die visuele interpreteerbaarheid van die satellietbeelde te verbeter.

Rooi-Groen-Blou (RGB)-kleursamestellings

Deur veelvuldige bande opties te oorkê (gewoonlik drie bande) word 'n kleurbeeld volgens die beginsels van kleurbyvoeging saamgestel.¹⁵ Twee tipes standaard- kleursamestellings van die satellietdata word normaalweg geskep, naamlik natuurlike kleur- en foto-infrarooi- of valskleursamestelling.²

Rooi-Groen-Blou (RGB)- natuurlike kleursamestellings

Natuurlike kleursamestellings van die Landsat 5 en Landsat 7-satellietbeelde is verkry deur die rooi, groen en blou bande van die relevante datastelle opties te oorkê² (Figure 2 en 3). Aangesien die ASTER-satellietdatastel nie 'n blou band bevat nie, kan 'n natuurlike kleursamestelling nie daarmee geskep word nie.



Figuur 2: RGB natuurlike kleursamestelling van die atmosferies gekorrigeerde bande 3-2-1 van die Landsat 5-datastel



Figuur 3: RGB natuurlike kleursamestelling van die atmosferies gekorrigeerde bande 3-2-1 van die Landsat 7-datastel

Rooi-Groen-Blou (RGB)- foto-infrarooi kleursamestellings

Indien een of meer van die komponente van die kleursamestelling nie in een van die primêre sigbare kleurbande waargeneem is nie, byvoorbeeld 'n infrarooiband, staan dit as 'n vals-kleurbeeld bekend. Sulke kleurbeelde kan soms baie verwarrend wees vir visuele interpretasie omdat bekende voorwerpe in verkeerde kleure op die satellietbeelde verskyn.⁶ Dit het desnieteenstaande duidelik geword dat hierdie satellietbeelde 'n baie goeie visualisering van die effekte van die spektrale eienskappe van verskillende materiale buite die normale menslike visie verskaf.⁵ Sulke kleursamestellings is besonder bruikbaar vir 'n verskeidenheid toepassings in die kartering van grondgebruik, onder andere vir oes-toestandopnames, gewas-identifikasie, afbakening van vloedvlaktes, bodembenuutingsanalise, grondkartering, bestudering van informele nedersettings, skadebepaling by plantegroei, vulkaniese kenmerke, water-turbiditeit en die kartering van vleilande.¹⁶

Vir die studie waarop hierdie artikel gebaseer is, is drie foto-infrarooi-vals-kleurbeelde geskep deur die sigbare groen, sigbare rooi en Baie Naby-Infrarooibande van elke datastel opties te oorlê. (Figure 4, 5 en 6)

'n Hele reeks baie bruikbare RGB-kleursamestellings van die Landsat 5- en Landsat 7-satellietdata is verder saamgestel, soos onder andere 5-4-2, 5-3-2, 7-3-2, 3-7-2, 7-3-1 (Figure 7 en 8). Hierdie satellietbeelde is suksesvol gebruik om die grondgebruikpatrone wat in die vals-kleurbeelde waargeneem is, verder te bevestig.



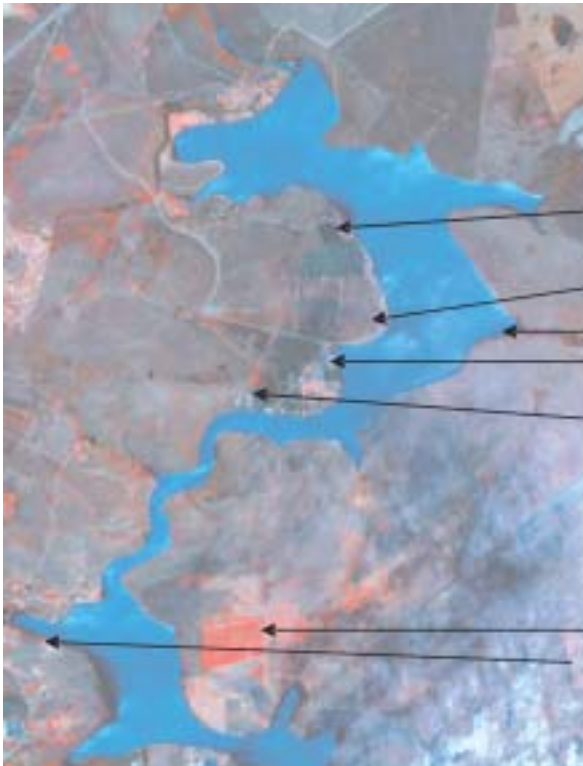
Vergroting in Figure 5 en 6

Figuur 4: *RGB foto-infrarooi-kleursamestelling van die atmosferies gekorrigeerde bande 4-3-2 van die Landsat 5-datastel*



Figuur 5: RGB foto-infrarooi-kleursamestelling van die atmosferies gekorrigeerde bande 4-3-2 van die Landsat 7-datastel

- Bankenveld
- Langamanzi
- Golden Mile
Bonlure Estates
- Wild Side
- Spilpuntbesproeiing
- Maanlig



Figuur 6: RGB foto-infrarooi-kleursamestelling van die atmosferies gekorrigeerde bande 3N-2-1 van die ASTER-datastel

- Bankenveld
- Langamanzi
- Golden Mile
Bonlure Estates
- Wild Side
- Spilpuntbesproeiing
- Maanlig



Figuur 7: RGB-valskeursamestelling van die atmosferies gekorrigeerde bande 7-3-1 van die Landsat 7-datastel



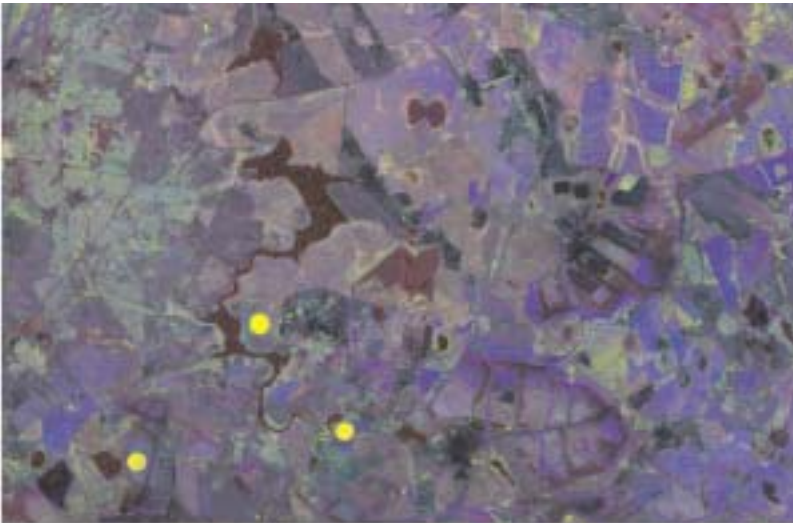
Figuur 8: RGB-valskeursamestelling van die atmosferies gekorrigeerde bande 3-7-2 van die Landsat 7-datastel

Bandverhoudings

Soms ontstaan verskille in helderheidswaarde van dieselfde oppervlaktipes as gevolg van 'n verskeidenheid faktore, soos onder andere seisoenale veranderinge in die sonskyn-invalshoek en -intensiteit, skadu's, topografiese helling en aspek. Hierdie toestande belemmer die interpretasie van satellietbeelde.^{8,11,13} Dit kan uitgeskakel word deur die verhouding tussen twee spektrale bande per pixel te bereken,⁵ sodat verskille as gevolg van bogenoemde faktore nie in die satellietbeeld sigbaar is nie en die interpreteerbaarheid van die satellietbeeld as sodanig dus verhoog word.² Vir die studie waaroor hierdie artikel verslag doen, is bandverhoudings geskep deur gebruik te maak van die TNTmips-algoritme: $C=A/B \times \text{skaalfaktor}$. 'n Verhouding van TM2/TM3 of ASTER1/ASTER2 beklemtoon groen plantegroei. 'n Verhouding van TM4/TM3 of ASTER3N/ASTER2 reflekteer helder waar plantegroei welig groei, en donker waar plantegroei skaars is. 'n Verhouding van TM5/TM4 reflekteer helder waar plantegroei droog is en donker waar die plantegroei 'n hoë voginhoud bevat. Genormaliseerde kontrasstrekking van die bandverhoudings sny die meeste van die skaduwees uit en lewer dus satellietbeelde wat baie bruikbaar is vir die identifisering van grondgebruikpatrone.⁵

Genormaliseerde Verskil-indekse (GVI)

Gespesialiseerde bandverhoudings staan bekend as indekse.^{3, 12} Drie sulke gespesialiseerde Genormaliseerde Verskil-indekse is saamgestel deur middel van die TNTmips-algoritme: $(A - B) / (A + B) \times \text{skaalfaktor}$. 'n Genormaliseerde Verskil Plantegroei-Indeks (GVPI) is geskep deur die volgende formule te gebruik: $(TM4 - TM3) / (TM4 + TM3) \times 100\%$. Om 'n Genormaliseerde Verskil Klei-Indeks (GVKI) te skep, is die volgende formule gebruik: $(TM5 - M7) / (TM5 + TM7) \times 100\%$. Die Genormaliseerde Verskil Yster-Indeks (GVYI) word gewoonlik saamgestel uit die rooi en blou bande van die datastel volgens die formule: $(TM3 - TM1) / (TM3 + TM1) \times 100\%$. Deur gebruik te maak van hierdie indekse kon 'n aantal bruikbare satellietbeelde geskep word (Figuur 9).

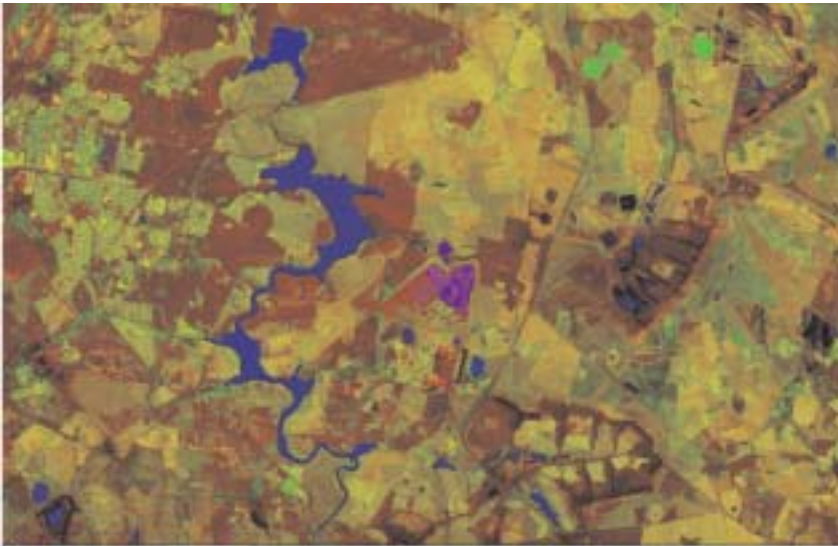


Figuur 9: RGB-kleursamestelling van die Landsat 7-datastel se Genormaliseerde Verskil-Indekse van Klei-Plantegroei-Yster

Helderheid, Groenheid en Vog-indekse (Brightness, Greenness and Wetness)

'n Verdere metode vir die samestelling van indekse met behulp van die Landsat-datastelle is die samestelling van die Helderheid, Groenheid en Vog-indekse. Laasgenoemde indeks is verwant aan grondkenmerke, met inbegrip van die status van die voginhoud in die grond. Die Vog-indeks (VI) kontrasteer die som van die sigbare en Baie Naby-Infrarooibande met die som van die bande in langer golflengtes omdat laasgenoemde golflengtes baie sensitief is ten opsigte van grondkenmerke. Die Groenheid-indeks (GI) is die som van die sigbare en die Baie Naby-Infrarooibande. Hierdie indeks korreleer goed met die persentasie blaardakbedekking, Blaaroppervlak-indeks (BOI) en nuwe biomassa. Die Helderheid-indeks (HI) word saamgestel deur die som van al ses die bande, en dui veranderinge in die totale refleksie aan.¹ Die Helderheid-, Groenheid- en Vog-indekse^{1,10} is met behulp van die standaardformules in TNTmips bereken.

'n Baie bruikbare RGB-satellietbeeld is met behulp van die Helderheid-, Groenheid- en Vog-indekse van die Landsat 5-datastel saamgestel (Figuur 10).



Figuur 10: RGB-kleursamestelling van die Landsat 5-datastel se Helderheid-, Groenheid- en Vog-indekse

BESPREKING

Tabel 2 bevat 'n getabuleerde opsomming van 'n aantal van die kenmerkende grondgebruik- en visuele interpretasie-eienskappe van die verskillende satellietbeelde wat geskep is.

TABEL 2: Kenmerkende grondgebruik- en visuele interpretasie-eienskappe van die geskepte satellietbeelde

Lewenskragtige plantegroei	Groen	Helderrooi	Magenta	Geel	Groen
Plantegroei onder stres	Liggroen en geel	Magenta	Oranje	Liggroen	Liggroen
Kaal, droë grond en oorbeweiing	Bruin	Groen	Geel en bruin	Blou	Bruin
Stedelike gebiede en nedersettings	Blou (Witbank)	Blou en pers	Skakerings van blou	Skakerings van pers	Liggroen
Water in damme en riviere	Swart en donkerblou	Blou	Swart en donkerblou	Swart en donkerblou	Donkerrooi, amper swart
Modderige en silik-houdende water	Ligblou en liggroen	Helder ligblou	Helder ligblou	Ligte skakerings van plenk en pers	Rooi
Klam grond	Effens donkerder bruin as droë grond	Effens donkerder groen as droë grond	Effens donkerder as droë grond	Effens donkerder as droë grond	Effens donkerder as droë grond
Oopgroefmyne en silikdamme	Betreklik duidelik sigbaar.	Betreklik duidelik sigbaar.	Duidelik sigbaar in die ooste en suide van die satellietbeeld, en meer identifiseerbaar ten opsigte van hulle spesifieke vorm	Betreklik duidelik sigbaar.	Betreklik duidelik sigbaar.

Figure 4, 5 en 6 het die bruikbaarste inligting opgelewer vir die visuele identifikasie en interpretasie van grondgebruikpatrone. Die ander satellietbeelde is meestal gebruik vir bevestiging van die grondgebruike wat alreeds geïdentifiseer is. Die groter spektrale resolusie van die ASTER-satellietbeeld het by uitstek visuele identifikasie en interpretasie van die grondgebruike vergemaklik. Figuur 6 is dus die bruikbaarste satellietbeeld.

Die ideale metode om grondgebruiksveranderinge op te spoor en te analiseer sou wees om die drie satellietbeelde na mekaar te geoverwys en dan RGB-beelde te skep van byvoorbeeld die drie groen bande in die drie datastelle. Sulke geskepte satellietbeelde sal grondgebruiksveranderinge in skakerings van groen en magenta uitwys en areas waar geen veranderinge plaasgevind het nie, in skakerings van grys. Omdat die ASTER-satellietbeeld 'n wolkbedekking oor die Duva-kragstasie vertoon, en omdat die satellietbeelde in verskillende seisoene afgetas is, kon hierdie metode nie tydens hierdie studie suksesvol toegepas word nie. Baie veranderinge was bloot die gevolg van veldbrande of seisoenale veranderinge van die landboupraktyke en nie noodwendig grondgebruiksveranderinge nie.

VELDWERK

Visuele bestudering van die satellietbeelde soos in Tabel 2 uiteengesit, het die veldwerkfase van die studie gelei. Die bestaande topografiese kaarte is gebruik om geïnterpreteerde kenmerke te bevestig, byvoorbeeld stedelike gebiede en mynbou-slikdamme. Die verwerkte satellietbeelde is verder gebruik om veranderde grondgebruike te identifiseer en te interpreteer. Gebiede waar veranderinge waargeneem is, is op die topografiese kaarte aangedui vir latere bevestiging gedurende die veldwerkfase.

Die omvattendste veranderinge in grondgebruik wat waargeneem is, is die verandering van natuurlike grasveld na stedelike uitbreidings en die verandering by landbougebiede wat spilpuntbesproeiing aangeskaf het. In die omgewing van Doornpoortdam is geen grondgebruiksveranderinge waargeneem nie. Hierdie gebied vorm deel van 'n natuureservaat en die natuurlike savanna word gevolglik daar beskerm.

Drie gebiede in die omgewing van die Witbankdam waar die grondgebruik van natuurlike grasveld/landbou na stedelike uitbreidings verander het, is waargeneem. Die grootste van hierdie drie gebiede is aan die westelike oewer van die Witbankdam, oorkant die Duva-kragstasie, geleë. Die veldwerkfase van die studie waarop hierdie artikel gebaseer is, het bevestig dat hierdie grondgebruiksveranderinge uit vier onafhanklike stedelike ontwikkelings bestaan. Die noordelike gedeelte van die uitbreidings staan bekend as Bankenveld, en bestaan uit residensiële erwe wat in 2000 op 'n stuk plaasgrond direk aanliggend tot die Witbankdam geproklameer is. Die lang, dun uitbreiding reg suid van Bankenveld staan as Langamanzi bekend. Dit was 'n karavaankampterrein wat in 1997 opgegradeer is. Die stedelike uitbreiding suid-wes van Langamanzi, waar die dam begin vernou na die Olifantsrivier toe, word Bonlure Estates genoem. Dit bestaan uit 'n aantal een- tot twee-hektaar-landbouhoewes wat in 1996 as residensiële erwe ontwikkel is. Die vierde gedeelte is geleë reg wes van Bonlure Estates en staan as Wild Side bekend. Laasgenoemde bestaan ook uit landbougrond wat in 'n aantal kleiner landbouhoewes onderverdeel is en wat as residensiële erwe ontwikkel word. Hierdie grondgebruiksveranderinge het in 1997 plaasgevind.

Die tweede gebied van veranderde grondgebruike wat op die satellietbeelde waargeneem is, is in die Olifantsrivier-omgewing, reg wes van die gebied hierbo bespreek, geleë. Dit staan bekend as Maanlig. Landbougrond is ontwikkel tot 'n karavaan/kampterrein met residensiële eenhede vir gebruik deur toeriste.

Die derde gebied van grondgebruiksveranderinge wat geïdentifiseer is, kan gesien word reg

wes van die Duva-kragstasie oorkant Bonlure Estates en Wild Side op die oostelike oewer van die Witbankdam. Dit staan as die Golden Mile-ontwikkeling bekend en bestaan ook uit landbougrond wat in 2001 in kleiner hoewes onderverdeel is en as residensiële erwe ontwikkel word.

Die oopgroefmyn en die Duva-kragstasie is lank voor 1994, inderdaad lank voor die era van afstandwaarneming, opgerig. Hierdie grondgebruikveranderinge kon dus nie met satellietbeelde waargeneem word nie en geen nuwe grondgebruikveranderinge wat aan hierdie twee bedrywe toegeskryf kan word, is tussen 1994 en 2001 waargeneem nie.

SINTESE

Die doel van die studie waarop hierdie artikel gebaseer is, was primêr om vas te stel of grondgebruike effektiewer en akkurater geïdentifiseer kan word met die gebruik van ASTER-data. Die grondgebruikpatrone wat op die ASTER-satellietbeelde sigbaar was, was aansienlik duideliker as die grondgebruikpatrone wat op die Landsat-satellietbeelde sigbaar was. Die herkenning van veranderde grondgebruike was geriefliker, eenvoudiger en minder dubbelsinnig met behulp van die ASTER-satellietbeelde as met die Landsat-satellietbeelde. Aangesien dieselfde spektrale bande gebruik is, kan die afleiding gemaak word dat die verbeterde ruimtelike resolusie die hoofrede vir die verbetering is.

Aangesien slegs bande 1, 2 en 3 van die ASTER-satellietdata beskikbaar was, is dit nie as sinvol beskou om syferkundige analises op die data uit te voer nie. Syferkundige analise van veral bande buite die sigbare deel van die spektrum het egter die potensiaal om grondgebruikherkenning en -kartering aansienlik te versterk, veral in die lig van die kragtige spektrale resolusie waaroor die ASTER-satellietdata beskik. Tesame met die verhoogde ruimtelike resolusie bied die ASTER-satellietbeelde dus die potensiaal vir 'n kragtige instrument vir grondgebruikmonitering. Daar word dus aanbeveel dat hierdie aspek deur verdere navorsing nader ondersoek behoort te word. Die grootste nadeel van die ASTER-satellietdata is die relatiewe klein beeldgrootte, naamlik 60 x 60 km teenoor die 180 x 180 km van Landsat. Hierteenoor kan twee voordele gestel word: eerstens, indien die Landsat-program se ontvangs beëindig sou word, is die ASTER-satellietbeelde die beste beskikbare alternatiewe databron; tweedens, sou die Landsat-satellietbeelde nog langer beskikbaar wees, kan die twee satellietdatabronne onderling ondersteunend aangewend word. Die goeie spektrale en ruimtelike resolusie van ASTER-data kan as fyner fokus optree en Landsat-data in 'n groot verskeidenheid projekte ondersteun.

GEVOLGTREKING

Met die verkennende studie waaroor in hierdie artikel verslag gedoen is, is getoon dat visuele interpretasie van verwerkte ASTER-satellietbeelde groter moontlikhede bied as Landsat 7 ETM en Landsat 5 TM vir die identifisering en kartering van grondgebruike en veranderinge oor tyd. Indien die volle spektrale resolusie van ASTER-data met behulp van syferkundige patroonherkenning en -klassifikasietodes aangewend word om grondgebruiksinventarisse op te stel, kan daar dus verwag word dat die karteringseffektiwiteit verder sal verbeter. Sodoende sal aansienlike waarde tot die visuele herkenning van grondgebruik toegevoeg word. Dit sal ook die kartering van grondgebruik oor veel groter dele moontlik maak. Die vooruitsig dat ASTER-data vir die volgende 12 tot 15 jaar beskikbaar sal wees, bied opwindende moontlikhede vir die ontwikkeling van moniteringsprogramme met betrekking tot grondgebruikveranderinge wat deur al drie vlakke van regeringsowerhede aangewend kan word. ASTER-data kan veral gebruik word ter bereiking van die owerhede se verantwoordelikhede ten opsigte van landboukundige beplanning, stads- en

streeksbeplanning en omgewingsbestuur, soos uiteengesit in die vereistes van die Geïntegreerde Ontwikkelingsprogramme ('Integrated Development Programmes' (IDP)) van die onderskeie plaaslike owerhede. Die era van afstandwaarneming bied bekostigbare en bruikbare inligting vir vele toepassings en behoort gesien te word as 'n kragtige werktuig in die hande van navorsers.

DANKBETUIGINGS

Die bydraes en ondersteuning van die volgende persone en instansies word met dank erken:

Prof Chris Kapp en Me Jackie Viljoen vir waardevolle kommentaar op die konsepartikel en ook taalversorging.

Mev Lynne Meyer vir versorging van grafiese materiaal.

Dept Omgewingswetenskappe, Unisa, vir geleentheid vir H J van Niekerk om 'n artikelskryf-werkswinkel by te woon.

Die navorsingseenheid vir Omgewingswetenskappe en Bestuur (Potchefstroomkampus, NWU) vir finansiële ondersteuning ten opsigte van kleurpublikasie.

Die kommentaar van twee anonieme referente.

BIBLIOGRAFIE

- 1 Adsavakulchai, S. Minns, D. Chan, A. (2004) Assessing the Interaction of Vegetation Diversity and Landuse using Remote Sensing: An Example in Southeastern Ontario, Canada. *Environmental Informatics Archives*, Vol 2, 499-508.
- 2 Avery, T. E. Berlin, G. L. (1992) *Fundamentals of Remote Sensing and Air-photo Interpretation*. Fifth edition. Macmillan: New York.
- 3 Barrett, E. C. and Curtis, L. F. (1995) *Introduction to Environmental Remote Sensing*. Third edition. Chapman and Hall: London.
- 4 De Klerk, T. C. (1998) The efficacy of satellite remote sensing technology for rural population estimation. Unpublished dissertation for the degree Magister Artium. Potchefstroom University.
- 5 Drury, S. A. (1987) *Image Interpretation in Geology*. Allen and Unwin: London.4
- 6 Drury, S. A. (1990) *Guide to Remote Sensing. Interpreting Images of the Earth*. Oxford University Press: Oxford
- 7 EO Library: Terra Spacecraft Fact Sheet, <http://earthobservatory.nasa.gov/Library/AM1> [6 December 2006].
- 8 Foody, G.M. and Curran, P. J. (1994) *Environmental Remote Sensing from Regional to Global Scales*. John Wiley and Sons: New York.
- 9 Harris, R. (2002) Class notes taken down during lectures on Remote Sensing at the University of the Witwatersrand from 4 March 2002 to 15 March 2002.
- 10 ILWIS 2.1 for Windows. (1997) The integrated Land and Water Information System. User's Guide. Enschede: The Netherlands.
- 11 Jensen, J. R. (1996) *Introductory Digital Image Processing. A Remote Sensing Perspective*. Second edition. Prentice Hall: Upper Saddle River, New Jersey.
- 12 Jensen, J. R. (2000) *Remote Sensing of the Environment: An Earth Resource Perspective*. Prentice Hall: Upper Saddle River, New Jersey.
- 13 Legg, C. A. (1992) *Remote Sensing and Geographic Information Systems: Geological mapping, Mineral exploration and mining*. Ellis Horwood: New York.
- 14 Lillesand, T. M. and Kiefer, R. W. (1994) *Remote Sensing and Image Interpretation*. Third edition. John Wiley and Sons: New York.
- 15 Lillesand, T. M. Kiefer, R. W. and Chipman, J. W. (2004) *Remote Sensing and Image Interpretation*. Fifth edition. John Wiley and Sons: New York.
- 16 Lo, C. P. (1991) *Applied Remote Sensing*. Longman: New York.
- 17 Morisette, J. T., Giglio, L., Csizsar, I., Justice, C. O. (2005). Validation of the MODIS active fire product over Southern Africa with ASTER data, *International Journal of Remote Sensing*, 26(19): 4239-4264.

- 18 Prost, G. L. (2001). *Remote Sensing for Geologists: A Guide to Image Interpretation*. Second Edition, Australia: Grodon and Breach Science Publishers.
- 19 Rencz, A. N. and Ryerson, R. A. (Eds), (1999) *Manual of Remote Sensing*, Volume 3, Remote Sensing for the Earth Sciences, 3rd Edition, Wiley, New York.
- 20 Sabins, F. F. (1996) *Remote Sensing. Principles and Interpretation*. Third edition. Freeman.
- 21 Sandham, L. A. Prinsloo, H. B. and Henning, J. J. (1993). Satellite detection of asbestos pollution in Transvaal, South Africa. *SA Journal of Science*, 89: 461-462.
- 22 Sandham, L. A. and Van Rensburg, P. A. J. (1987). Landsat as an aid in evaluating the adequacy of a grain silo network. *Remote Sensing of Environment*, Vol 21, No 2: 229-241.
- 23 Sandham, L. A. and Zietsman, H. L. (1997) Surface temperature measurement from space: a case study in the south western Cape of South Africa. *South African Journal for Enology and Viticulture*, Vol 18, No 2: 25-30.
- 24 Van Niekerk, H. J. and Viljoen, M. J. (2005) Causes and Consequences of the Merriespruit and Other Tailings-Dam failures. *Land Degradation and Development*, Vol 16, No 2:201-212. Wiley
- 25 Van Niekerk, H. J. en Sandham, L.A. (2007) Visuele interpretasie van ASTER-satellietdata, Deel 'n: Geologiese kartering in die Wieg van die Mensdom-wêrelderfenisgebied, *Die Suid-Afrikaanse Tydskrif vir Natuurwetenskap en Tegnologie*, Vol 26 (3): 177-195
- 26 Witbank, South Africa, <http://www.travel-2-africa.com/mpumalanga/witbank> [16 July 2002].