

## Paralelo radiométrico entre os sensores LISS-3/IRS, CCD/CBERS-2B e TM/Landsat-5

Camila Souza dos Anjos<sup>1</sup>  
Elane Fiuza Borges<sup>2</sup>  
Pablo Santana Santos<sup>2</sup>

1 Departamento de Ciência e Tecnologia Aeroespacial - DCTA  
Força Aérea Brasileira  
Av. Brigadeiro Faria Lima, 1.941 - 12.227-000 - São José dos Campos – SP, Brasil.  
camilasanjos@yahoo.com.br

2 Universidade Federal da Bahia – UFBA<sup>1</sup>  
Rua Prof. José Seabra S/N - 47805-100 Barreiras – BA, Brasil  
{elaneborges, pablosantos}@ufba.br

**Abstract.** Satellite images show radiometric degradations that reduce the accuracy of information and the usefulness of the data. This paper presents a comparative between the sensors LIS-3/IRS, CCD/CBERS-2B and TM/Landsat-5. In this study was conducted a visual analysis, we analyzed the statistical parameters and the Fourier spectra of each scene. Despite the nominal spatial resolution of the sensor CCD/CBERS-2B be superior to other sensors, this sensor show a lower radiometric quality when compared, showing that their images have a smaller amount of detailed information, or components at high frequencies.

**Palavras-chave:** radiometric quality, LIS-3/IRS, CCD/CBERS-2B, TM/Landsat-5, radiometria, LIS-3/IRS, CCD/CBERS-2B, TM/Landsat-5.

### 1. Introdução

Imagens orbitais apresentam degradações radiométricas que diminuem a qualidade dos dados, reduzindo assim a sua utilidade. Existem várias formas de degradação, que incluem as distorções inseridas pelo sensor e ruídos. Quando a resolução espacial é degradada, as informações de detalhes (componentes em altas frequências) presentes na imagem são reduzidas, criando um efeito de borramento que é visível, principalmente nas feições lineares, como bordas dos objetos, pistas de aeroportos, ruas, pontes, etc.

Buscou-se para o presente trabalho uma área de interesse que apresentasse as características citadas acima, portanto escolheu-se a uma área representativa da região metropolitana de São Paulo, pois esta é composta em sua maior parte por feições lineares.

Segundo Bensebaa (2005), o termo resolução espacial caracterizado pela capacidade de um sistema imageador em discriminar o nível de detalhes numa imagem digital, que especifica a menor separação ou distância entre dois objetos ou feições que um sistema imageador pode distinguir, pode ser separado entre a resolução espacial nominal e a resolução espacial efetiva.

A resolução espacial nominal é especificada no projeto do sensor e, geralmente, corresponde à projeção do detector na superfície da terra, definida pelo IFOV (Instantaneous Field of View). O IFOV pode ser definido pela projeção do detector no terreno, e é medido em metros ou graus. A resolução espacial efetiva leva em consideração as distorções que o sistema sofre durante o processo de imageamento e é definida pelo EIFOV (Effective Instantaneous Field of View). O EIFOV é uma medida de desempenho, particularmente pessimista, em relação à detectabilidade de objetos pequenos e de alto contraste (Anjos, 2006).

Logo um sensor pode possuir uma resolução espacial nominal melhor do que outro sensor e ainda assim apresentar uma qualidade radiométrica pior do que aquele, resultando em

imagens com menos detalhes, porque segundo Fonseca (2004) o relacionamento do sensor entre a reflectância de um alvo e o nível de cinza de seu pixel referente não está satisfatório.

Conforme Gouvêa (2009), a qualidade radiométrica de uma imagem está diretamente ligada ao desempenho do sensor (equipamento, montagem, conformidade com especificações, etc). Tais degradações radiométricas diminuem a precisão da informação, reduzindo assim a utilidade dos dados.

O presente trabalho utiliza de alguns critérios apresentados em itens posteriores para avaliar a qualidade das imagens de três diferentes sensores. São eles Lis-3 do ResourceSat (IRS) com resolução espacial nominal de 23,5m, CCD/CBERS-2B com resolução espacial nominal de 20m e TM/Landsat-5 com resolução espacial nominal de 30m. Escolheu-se os sensores citados por se tratar de imagens gratuitas e de fácil acesso ao usuário.

## 2. Metodologia de Trabalho

As imagens utilizadas no presente trabalho foram adquiridas junto ao Catálogo de Imagens do INPE (<http://www.dgi.inpe.br/CDSR/>) e estão listadas a seguir:

- Sensor LIS3/IRS órbita/ponto 331/095 datada de 31/07/2010;
- Sensor CCD/CBERS-2B órbita/ponto 154/126 datada de 01/09/2009;
- Sensor TM/Landsat-5 órbita/ponto 219/076 datada de 24/08/2010.

Buscou-se selecionar as cenas recentes sobre a área escolhida (Grande São Paulo), porém como o sensor CCD/CBERS-2B não está em operação não foi possível adquirir uma cena do ano de 2010. Entretanto tomou-se o cuidado de escolher cenas de uma mesma época do ano para evitar alterações nos resultados causados pela sazonalidade.

O pré-processamento das imagens constou do registro de cada uma das cenas, utilizando como referência o mosaico ortorretificado Geocover Landsat adquirido junto a *University of Maryland* (<http://www.landcover.org>) e posteriormente o recorte das cenas sobre a área de interesse. Todo o pré-processamento foi realizado utilizando o *software ERDAS Imagine 2010*.

O processamento das cenas foi realizado utilizando o *software ENVI4.7*. As etapas realizadas para apreciação das cenas são citadas a seguir:

- Análise Visual;
- Análise Estatística;
- Análise do espectro de Fourier.

Destaca-se que a banda 7 do sensor TM/Landsat-5 (2.08 a 2.35  $\mu\text{m}$ ) não foi analisada em nenhuma das categorias de processamento, pois não existem bandas correspondentes nos outros sensores para meio de comparação.

### 2.1 Análise Visual

A análise visual resume-se apenas ao olhar atento do interprete sobre as cenas, tentando identificar diferenças visuais entre elas.

Para a apreciação do leitor, as Figuras 1, 2 e 3 apresentam respectivamente o recorte das imagens LIS3/IRS, CCD/CBERS-2B e TM/Landsat-5.

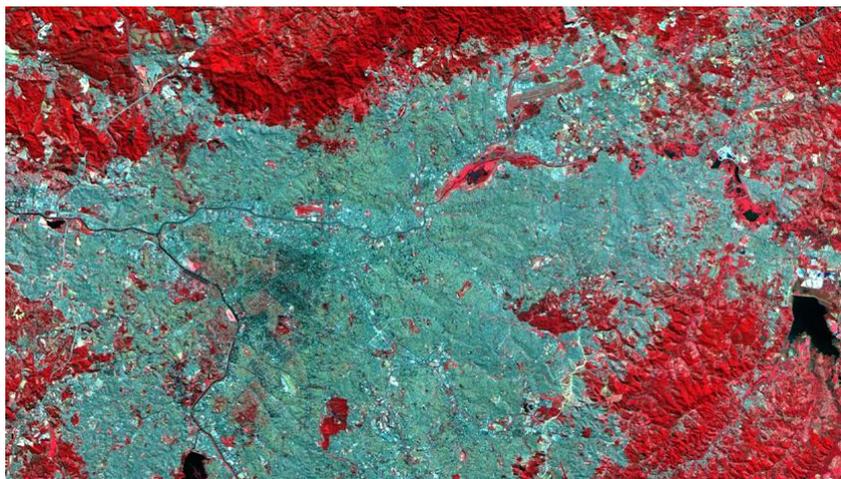


Figura 1 – Recorte da área de interesse da cena LIS3/IRS órbita/ponto 331/095 de 31/07/2010 composição 3R2G1B.

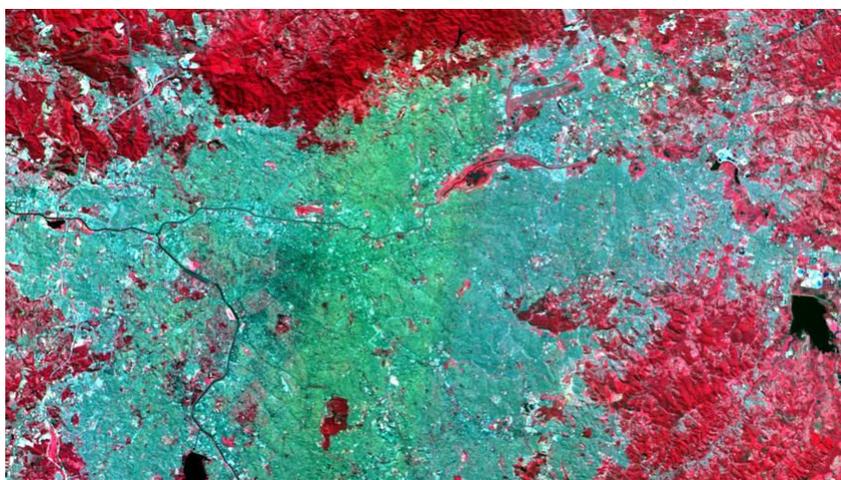


Figura 2 – Recorte da área de interesse da cena CCD/CBERS-2B órbita/ponto 154/126 de 01/09/2009 composição 4R3G2B.

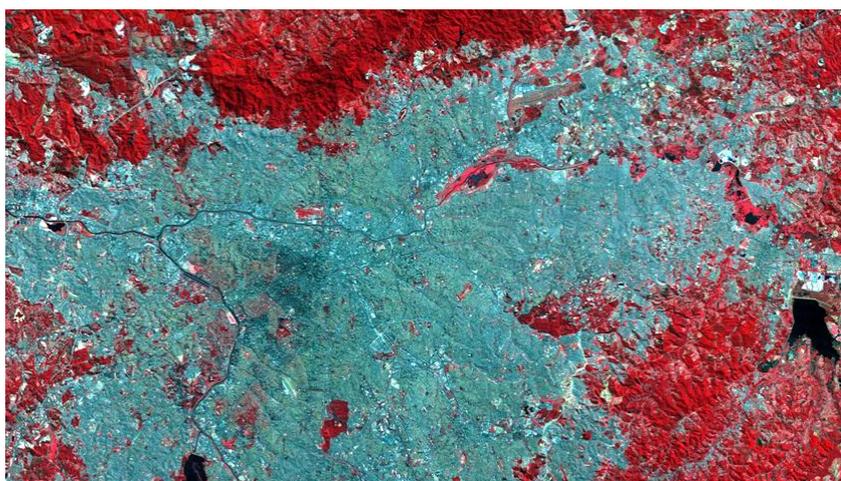


Figura 3 – Recorte da área de interesse da cena TM/Landsat-5 órbita/ponto 219/076 de 24/08/2010 composição 4R3G2B.

## 2.2 Análise Estatística

Para comparar as características das cenas, parâmetros de estatística global espacial foram avaliados, são eles o índice de Moran, e a semivariância.

Para estas medidas utilizou-se  $Lag = 1$  o que indica a análise de um pixel com seus vizinhos mais próximos cuja distância é igual a 1 pixel. Todas as análises foram realizadas em imagens sem aplicação de contraste.

O índice de Moran compara as diferenças entre os pixels vizinhos e a média, para fornecer uma medida de homogeneidade local. O range de valores fica entre  $[-1$  e  $1]$ , onde 1 indica autocorrelação espacial positiva forte, e -1 indica uma autocorrelação negativa forte. Portanto quanto mais próximos de zero os valores, menor será a autocorrelação dos pixels e mais diferentes serão os valores do pixel com os de seus vizinhos, o que indica uma maior quantidade de informação presente na imagem.

A semivariância usa a diferença de quadrados entre os valores dos pixels separados por um vetor distância (Lag), é uma função de autocorrelação utilizada para descrever a variabilidade dos dados. Neste caso os valores serão sempre maiores que zero, e quanto mais altos os valores, maior será a variabilidade dos dados.

Maiores informações sobre estatística espacial são encontradas em Druck (2004).

## 2.3 Análise do Espectro de Fourier

A quantidade de informação presente em uma imagem está muito relacionada a presença de altas frequências (regiões de detalhe), por isso é interessante manipular as cenas por meio da análise de Fourier, pois a mesma trabalha com as imagens no domínio da frequência.

O espectro de Fourier está relacionado a informação presente em uma imagem, pois o mesmo é o gráfico da magnitude das frequências e é utilizado para analisar a distribuição das componentes em frequência de um sinal.

Nos espectros apresentados nos resultados é interessante o leitor saber que os pontos claros representam a intensidade das componentes de frequência e que quanto mais espalhados os mesmos estiverem, maior é o conteúdo em altas frequências presentes na cena.

Maiores informações sobre a Transformada de Fourier podem ser encontradas em Fonseca (1988), Schowengerdt (1997) e Mather (1999).

## 3. Resultados e Discussão

### 3.1 Análise Visual

Na presente análise todas as bandas dos três sensores foram visualizadas e examinadas individualmente. Posteriormente diversas composições coloridas também foram investigadas e notou-se que as imagens dos sensores Lis-3/IRS e TM/Landsat-5 visualmente apresentam qualidade similar, enquanto as imagens do sensor CCD/CBERS-2B apesar de serem as imagens com melhor resolução espacial nominal (20m) são as que apresentam o menor detalhamento devido ao efeito de borramento, além de apresentar na banda 1 (0,45 - 0,52  $\mu\text{m}$ ) ruídos facilmente identificados a olho nu.

### 3.2 Análise Estatística

Este item apresenta nas Tabelas 1, 2 e 3 os valores estatísticos alcançados para cada índice avaliado, respectivamente para os sensores Lis-3/IRS, CCD/CBERS-2B e TM/Landsat-5.

Tabela 1 – Dados Estatísticos da imagem Lis-3/IRS.

<b>Bandas</b>	<b>Res. Espacial Nominal</b>	<b>Moran</b>	<b>Semivariância</b>
1 (0,52 - 0,59 $\mu\text{m}$ )	23.5m	0,8002	99,2411
2 (0,63 - 0,68 $\mu\text{m}$ )	23.5m	0,8312	76,3544
3 (0,77 - 0,86 $\mu\text{m}$ )	23.5m	0,7699	90,5871
4 (1.55 – 1.7 $\mu\text{m}$ )	23.5m	0,7985	20,7979

Tabela 2 – Dados Estatísticos da imagem CCD/CBERS-2B.

<b>Bandas</b>	<b>Res. Espacial Nominal</b>	<b>Moran</b>	<b>Semivariância</b>
1 (0,45 - 0,52 $\mu\text{m}$ )	20m	0,9238	9,6885
2 (0,52 - 0,59 $\mu\text{m}$ )	20m	0,8997	7,7053
3 (0,63 - 0,69 $\mu\text{m}$ )	20m	0,9375	26,0430
4 (0,77 - 0,89 $\mu\text{m}$ )	20m	0,9290	32,1204

Tabela 3 – Dados Estatísticos da imagem TM/Landsat-5.

<b>Bandas</b>	<b>Res. Espacial Nominal</b>	<b>Moran</b>	<b>Semivariância</b>
1 (0.45 a 0.52 $\mu\text{m}$ )	30m	0,8546	29,3394
2 (0.52 a 0.60 $\mu\text{m}$ )	30m	0,8386	14,4874
3 (0.63 a 0.69 $\mu\text{m}$ )	30m	0,8471	35,3169
4 (0.76 a 0.90 $\mu\text{m}$ )	30m	0,8014	50,6568
5 (1.55 a 1.75 $\mu\text{m}$ )	30m	0,7968	149,0154

Para uma melhor visualização dos dados acima, os mesmos serão expressos em forma de gráficos comparativos entre os sensores. Para isso, as bandas 1 do sensor CCD/CBERS-2B e 1 do sensor TM/Landsat-5 serão tratadas como bandas do azul, as bandas 1 do sensor Lis-3/IRS, 2 do sensor CCD/CBERS-2B e 2 do sensor TM/Landsat-5 serão tratadas como bandas do verde, as bandas 2 do sensor Lis-3/IRS, 3 do sensor CCD/CBERS-2B e 3 do sensor TM/Landsat-5 serão tratadas como bandas do vermelho, as bandas 3 do sensor Lis-3/IRS, 4 do sensor CCD/CBERS-2B e 4 do sensor TM/Landsat-5 serão tratadas como bandas do IVP (Infravermelho Próximo) e por fim as bandas 5 do sensor Lis-3/IRS e 5 do sensor TM/Landsat-5 serão tratadas como bandas do IVM (Infravermelho Médio).

A Figura 4 apresenta os valores do índice de Moran e a Figura 5 os valores encontrados para a Semivariância.

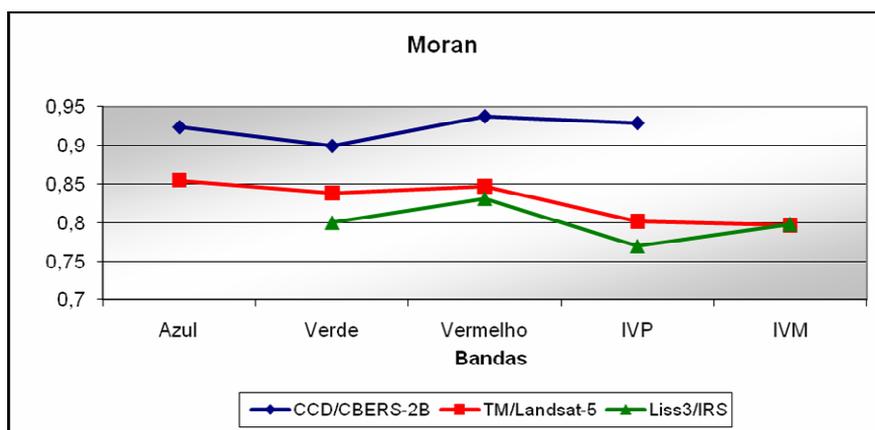


Figura 4 - Índice de Moran para cada banda e sensor.

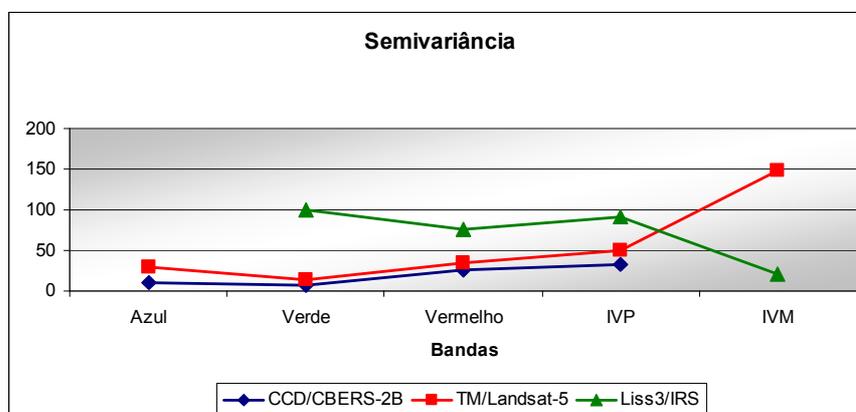


Figura 5 - Valores de Semivariância para cada banda e sensor.

A Figura 4 mostra que as imagens CCD/CBERS-2B apresentam maiores valores de auto-correlação, já a Figura 5 indica que o mesmo sensor apresenta menor variabilidade de pixels. Assim podemos concluir que o mesmo sensor apresenta um maior borramento na imagem, e uma menor quantidade de informações, ao contrário as imagens Lis-3/IRS são as cenas que mais apresentaram informações de detalhamento.

### 3.3 Análise do Espectro de Fourier

A seguir os espectros de Fourier para cada cena analisada são apresentados separados por intervalo espectral (Figuras 6, 7, 8, 9 e 10).

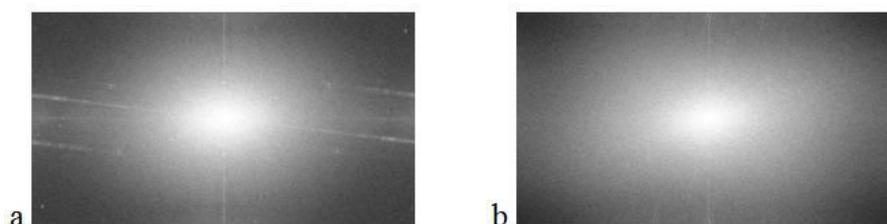


Figura 6 – Espectro de Fourier para o intervalo espectral do Azul.  
(a) B1 CCD/CBERS-2B e (b) B1 TM/Landsat-5



Figura 7 – Espectro de Fourier para o intervalo espectral do Verde.  
(a) B1 Lis3/IRS, (b) B2 CCD/CBER-2B e (c) B2 TM/Landsat-5.



Figura 8 – Espectro de Fourier para o intervalo espectral do Vermelho.  
(a) B2 Lis3/IRS, (b) B3 CCD/CBER-2B e (c) B3 TM/Landsat-5.



Figura 9 – Espectro de Fourier para o intervalo espectral do Infra-Vermelho Próximo.  
(a) B3 Lis3/IRS, (b) B4 CCD/CBER-2B e (c) B4 TM/Landsat-5.

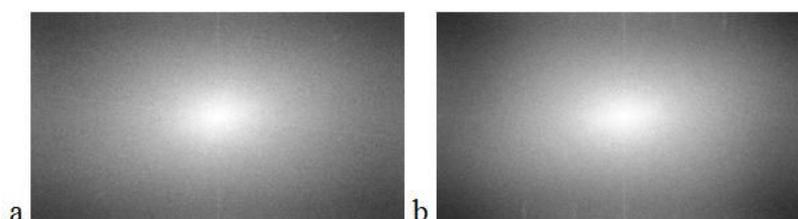


Figura 10 – Espectro de Fourier para o intervalo espectral do Infra-Vermelho Médio.  
(a) B4 CCD/CBER-2B e (b) B4 TM/Landsat-5.

Os espectros de Fourier das imagens Lis-3/IRS, CCD/CBERS-2B e TM/Landsat-5 corroboram com os resultados encontrados nas análises anteriores, visto que as imagens CCD/CBERS-2B apresentaram uma menor distribuição das componentes em frequência do sinal do que os dos sensores Lis-3/IRS e TM/Landsat-5, pois percebe-se um menor espalhamento dos pixels, ou seja os pixels claros estão mais concentrados na região central da imagem.

#### 4. Conclusões

As análises realizadas apresentaram resultados coerentes, visto que, tanto a análise visual quanto as análises do espectro de Fourier e análises estatísticas indicaram que as imagens do sensor CCD/CBERS-2B possuem uma qualidade radiométrica inferior a dos sensores LIS-3IRS e TM/Landsat-5.

Apesar do sensor CCD/CBERS-2B possuir uma melhor resolução espacial nominal (20m), foram os outros sensores que apresentaram uma imagem com maior quantidade de informações de detalhes.

Tanto o sensor LIS-3/IRS quanto o sensor TM/Landsat-5 apresentaram bom desempenho, contudo tanto nas análises estatísticas quanto na análise de Fourier o primeiro apresentou resultados pouco superiores.

Visto que os ruídos também são altas frequências, recomenda-se para um melhor rigor científico uma análise da Relação Sinal/Ruído das imagens dos três sensores.

## Referências Bibliográficas

Anjos, C. S. Análise de características radiométricas e geométrica dos dados CCD/CBERS-2. 2006. 119 p. (INPE-14792-TDI/1235) Dissertação (Mestrado em Sensoriamento Remoto) - Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, São José dos Campos. 2008.

Bensebaa, K. Estimativa da resolução espacial da câmera CCD dos satélites CBERS 1 e 2. 2005. 90 p. (INPE13597TDI/1036) Tese (Doutorado em Computação Aplicada) Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, São José dos Campos. 2005.

Druck, S.; Carvalho, M.S.; Câmara, G.; Monteiro, A.V.M. **Análise Espacial de Dados Geográficos**. Brasília: EMBRAPA, 2004 (ISBN: 85-7383-260-6). Disponível em: <<http://www.dpi.inpe.br/gilberto/livro/analise/>>. Acesso em: 10 nov. 2010.

Fonseca, L.M.G.; Ponzoni, F.; Cartaxo, R. **Radiometric quality assessment of CBERS-2**. São José dos Campos: INPE, 2004. 17 p. (APPL-06-2004, 1.1).

Gouvêa E. J.; Fonseca, L.M.G. Avaliação da qualidade radiométrica das imagens do satélite CBERS-2B. In: Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto (SBSR), 2009, Natal. **Anais...** São José dos Campos: INPE, 2009. p. 12041 - 2048. CD-ROM, On-line. Disponível em: <<http://marte.dpi.inpe.br/col/dpi.inpe.br/sbsr@80/2008/11.17.22.53/doc/2041-2048.pdf>>. Acesso em: 07 novembro. 2010.

Mather, P. M. **Computer processing of remotely-sensed images**. New York: John Wiley & Sons, 1999. 292p.

Schowengerdt, R. A. **Remote sensing models and methods for image processing**. SanDiego: Academic Press, 1997. 522p.