



1. Publicação nº <i>INPE-2406-PRE/116</i>	2. Versão	3. Data <i>Maio, 1982</i>	5. Distribuição <input type="checkbox"/> Interna <input checked="" type="checkbox"/> Externa <input type="checkbox"/> Restrita
4. Origem <i>DSE/DIN</i>	Programa <i>INFOR</i>		
6. Palavras chaves - selecionadas pelo(s) autor(es) <i>PROCESSAMENTO DE IMAGENS CORREÇÃO RADIOMÉTRICA CORREÇÃO ATMOSFÉRICA</i>			
7. C.D.U.: <i>621.376.5:551.507.362.2</i>			
8. Título <i>CORREÇÃO RADIOMÉTRICA DE IMAGENS DE SATÉLITE</i>		<i>INPE-2406-PRE/116</i>	10. Páginas: <i>06</i>
			11. Última página: <i>05</i>
9. Autoria <i>Luiz Alberto Vieira Dias</i>			12. Revisada por  <i>Ubirajara M.B. de Lima</i>
Assinatura responsável <i>L. A. V. D.</i>			13. Autorizada por  <i>Nelson de Jesus Parada</i> Diretor
14. Resumo/Notas <i>Neste trabalho são comparados diversos métodos de correção atmosférica para imagens de satélite, propostos na literatura, e um método desenvolvido no INPE. As vantagens, desvantagens e limitações de cada método são apresentadas.</i>			
15. Observações <i>Versão resumida do trabalho, com este título, apresentado no Seminário INPE-LCC, realizado de 25 a 27 de novembro de 1981, Rio de Janeiro, RJ.</i>			

CORREÇÃO RADIOMÉTRICA DE IMAGENS DE SATÉLITE

Luiz Alberto Vieira Dias

Instituto de Pesquisas Espaciais
Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico
Caixa Postal 515 - 12200 - São José dos Campos, SP

A presença da atmosfera terrestre é a causa de vários problemas na fotointerpretação, no reconhecimento e na classificação de alvos em imagens de satélite. A radiância aparente dos atributos terrestres, medida por um satélite, difere da radiância intrínseca da superfície, devido ao espalhamento e à absorção da radiação, causados pelos gases e particulados presentes na atmosfera. Basta olhar para uma montanha distante, para que se note um tom azulado e perda de resolução. Esses efeitos variam, de dia para dia, dependendo fortemente das condições atmosféricas. Não se considera, obviamente, o caso da presença de nuvens espessas, o que bloquearia completamente a radiação, não permitindo a correção considerada.

No caso de imagens obtidas por plataformas orbitais, como o LANDSAT e o SKYLAB, tornam-se claros, para o observador humano, os efeitos acima descritos. Uma das consequências comuns da interferência atmosférica é a mistura, em um mesmo elemento da imagem (pixel), de informações provenientes de pontos distintos da superfície, além da atenuação da radiação.

Torna-se evidente a importância de um procedimento de correção de tais efeitos, de modo a melhorar a eficiência da classificação, automática ou visual, de imagens de satélite.

Neste trabalho, serão apresentados alguns métodos propostos na literatura, para minimizar o problema, e o método que está em fase de testes no INPE. O problema não está ainda completamente resolvido, porque é preciso tornar a solução computacionalmente viável, sem que as aproximaçõesse tornem reais.

Teoricamente, é possível modelar matematicamente a atmosfera, calcular qual o efeito dela e retirá-lo da imagem

obtida pelo satélite, conseguindo-se assim uma imagem corrigida. Esse processo é chamado "correção radiométrica".

É possível, também, fazer uma correção apenas utilizando processos estatísticos, sem se tentar usar os modelos atmosféricos que, em geral, são complexos e, portanto, lentos para uso em computador.

A equação que fornece a relação entre a radiância total, L , medida pelo satélite, e a radiância intrínseca do alvo, L_I , é dada por:

$$L = L_I T + L_p , \quad (1)$$

onde T é a transmitância atmosférica e L_p , a radiância de trajetória, i.é., a radiância que chega ao sensor, mas não é proveniente do alvo.

Neste modelo simplificado (universalmente adotado), se o alvo for lambertiano (hipótese também amplamente empregada), a radiância intrínseca L_I :

$$L_I = \frac{\rho E_H}{\pi} ,$$

onde E_H é a irradiância incidente na superfície e ρ , a refletância difusa efetiva do alvo. E_H é relativamente bem conhecido, o que implica que, uma vez determinada L_I , seja fácil obter ρ , que é o parâmetro que caracteriza o alvo.

Como exemplo, são descritos os seguintes esquemas: (i) Método de Turner (Popular Turner Model); (ii) Extensão de Assinaturas; (iii) Correção de Efeitos Atmosféricos para Imagens do Mar; (iv) Método do Instituto de Tecnologia de Kanazawa; e (v) Método do INPE.

Desenvolvido na Universidade de Michigan (USA), o método de Turner considera uma atmosfera homogênea, isotrópica, plano-paralela, iluminada pela radiação solar direta, fazendo um ângulo θ_0 com a normal. Além disso, o modelo supõe, também, que o albedo da superfície segue a Lei de Lambert, i.é., é perfeitamente difuso; não existe absorção na região onde ocorre espalhamento; o alcance visual e a transmitância caracterizam o

espalhamento por aerossóis (haze); não há nuvens; e a função de fase de espalhamento é:

$$p(\mu, \phi, \mu', \phi') = 4\pi\eta\delta(\mu - \mu')\delta(\phi - \phi') + 4\pi(1 - \eta)\delta(\mu + \mu')\delta(\pi + \phi - \phi') \quad (2)$$

onde μ' e ϕ' referem-se à direção inicial e μ e ϕ , à direção final; e η , fração de energia que é espalhada para o hemisfério dianteiro, é dada por:

$$\eta = \frac{0,5 \tau_R + 0,95 \tau_A}{\tau_R + \tau_A} \quad (3)$$

onde τ_R e τ_A são, respectivamente, as profundidades óticas total de Rayleigh e de aerossóis. Usando-se essas aproximações, é possível resolver a equação de transferência radiativa de Chandrasekar e obter o valor para a correção radiométrica da imagem.

No caso de Extensão de Assinaturas, o que se visa é a obtenção de uma correspondência entre duas imagens obtidas em condições diferentes. O processo mais simples consiste em ajustar o primeiro momento de uma das imagens (média), de modo a igualá-lo ao correspondente momento da segunda imagem. O próximo passo é a adição de uma constante e a multiplicação por um ganho, escolhidos por um esquema de regressão linear, aplicado às médias das agregações de dados obtidos das duas imagens (algoritmo ARSC). É possível utilizar outros algoritmos ainda mais complexos, envolvendo transformações e filtragens. A grande vantagem destes métodos é a independência dos parâmetros atmosféricos que, em geral, são difíceis de medir e/ou estimar.

Caso o alvo seja o oceano ou grandes corpos d'água, pode-se usar o fato de que toda radiação que chegar ao sensor, em comprimento de onda $\lambda > 0,7 \mu\text{m}$, é proveniente da atmosfera, e ela então pode ser descontada dos canais de menor comprimento de onda, após uma normalização adequada. A correção é feita em duas etapas, uma para o efeito Rayleigh e outra para os aerossóis.

O método desenvolvido pelo Instituto de Tecnologia de Kanazawa (Japão) aborda o problema de maneira diferente.

O sensor, no satélite, deteta três tipos de fótons provenientes do alvo: (i) fótons que foram refletidos pelo alvo e diretamente transmitidos pela atmosfera; (ii) fótons que, após interagir com materiais de fundo (background) são transmitidos diretamente; e (iii) fótons difusamente refletidos pela atmosfera livre. Deste modo, o objetivo da correção é eliminar esses dois últimos tipos de fótons, mantendo apenas os fótons do tipo (i), que fornecem informação direta sobre o alvo. A aproximação de espalhamento simples é utilizada e deriva-se uma equação integral que relaciona a distribuição do albedo do terreno com a distribuição de radiância observada.

O método desenvolvido no INPE visa compatibilizar o problema com os instrumentos disponíveis no Instituto, o fotointerpretador automático I-100 e o computador de grande porte B-6800. O método baseia-se na Física da Atmosfera, como no caso do modelo de Turner. A transmitância da atmosfera é calculada a priori, bem como a radiância de trajetória, sendo elas tabeladas. As imagens são convertidas a condições-padrão e corrigidas pelas tabelas, ganhando-se tempo nesta operação.

Dentre os métodos apresentados, optou-se pelo do INPE, devido às condições de velocidade e de operacionalidade; porém, muito trabalho ainda resta para ser feito. É necessária uma cautelosa série de testes e comparações com dados de "verdade terrestre", para que o método seja homologado.

BIBLIOGRAFIA

- TURNER, R.; SPENCER, M. Atmospheric model for correction of spacecraft data. In: INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON REMOTE SENSING OF ENVIRONMENT, 8, Ann Arbor, MI, 1972. Proceedings. Ann Arbor, ERIM, 845-947, 1972.
- ABOTTERN, R. Performance tests of signature extension. In: INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON REMOTE SENSING OF ENVIRONMENT, 11, Ann Arbor, MI, 1977. Proceedings, Ann Arbor, ERIM, 1523-1532, 1977.
- VIOLLIER, M.; TANSIE, D.; DESCHAMPS, P. An algorithm for remote sensing of water color from space. Boundary-Layer Meteorology, 18(3): 247-267, 1980.

- KUSAKA, T.; HABA, Y.; KAWATA, Y.; TERASHITA, Y.; UENO, S.
Removal of atmospheric blurring from remote sensed imagery.
In: INTERNACIONAL JOINT CONFERENCE IN PATTERN RECOGNITION,
4, Kyoto, Japão, 1978. Proceedings. Piscataway, NJ, IEEE
Progs, 931-935, 1979.
- MORIMOTO, T. Estudo de efeitos atmosféricos sobre as radiações
percebidas pelos sensores a bordo de plataformas orbitais
(ERTS-LANDSAT). Dissertação de Mestrado em Meteorologia.
São José dos Campos, INPE, 1980. (INPE-1689-TDL/021)
- BENTANCOURT, J.J.V. Processamento de dados multiespectrais ob-
tidos por plataformas orbitais da série LANDSAT para estudos
de qualidade de água da baía de Guanabara. Dissertação de
Mestrado em Sensores Remotos e Aplicações. São José dos Cam-
pos, INPE, no prelo, 1981.
- DIAS, L.A.V.; PEREIRA, A.E.C.; CÂMARA, G. Algoritmo simplifica-
do para cálculo de transferência radiativa em imagens de sa-
télite. São José dos Campos, INPE, 1981. (INPE-2169-RPE/
385)
- CÂMARA, G.; DIAS, L.A.V.; MASCARENHAS, N.D.A.; SOUZA, R.C.M.; PE-
REIRA, A.E.C. Comparação de diversos métodos para correção
de efeito atmosférico em imagens LANDSAT e SKYLAB. São José
dos Campos, INPE, no prelo, 1981.
- CHANDRASEKAR, S. Radiative transfer. New York, Dover, 1950.