



ESTUDO DOS EFEITOS DA REFLEXÃO DE FRESNEL PELA INTERFACE AR/ÁGUA SOBRE ESTIMATIVAS DE REFLECTÂNCIA: GENERALIDADES E TENTATIVA DE APLICAÇÃO EM DADOS LANDSAT

Danilo Rafael Bastos Rezende Espíndola (PIC/Uem), Otávio Cristiano Montanher (Orientador), e-mail: ocmontanher2@uem.br.

Universidade Estadual de Maringá / Centro de Tecnologia/Umuarama, PR.

Ciências Exatas e da Terra / Geociências

Palavras-chave: rem, coeficientes de Fresnel, brilho solar.

Resumo:

O presente trabalho tem por intuito desenvolver um modelo que seja capaz de fornecer os valores do ângulo de incidência da Radiação Eletromagnética (REM) a partir dos coeficientes de Fresnel. A obtenção dos valores do ângulo de incidência da REM pode ser útil para a remoção do efeito do brilho solar – que é considerado um ruído – responsável pela perda de informações em diversas imagens de satélite. Para gerar o modelo, foram utilizados manualmente métodos algébricos os quais resultaram apenas na redução dos termos trigonométricos, de modo que a equação poderia ser submetida a métodos de Cálculo Numérico, caso não fosse possível a elaboração de um modelo. Contudo, houve a possibilidade obter dois modelos computacionais capazes de fornecer os valores do ângulo de incidência da radiação, no entanto, um dos modelos fornece valores positivos e o outro, valores negativos, sendo assim, foi assumido para esse trabalho apenas o modelo positivo.

Introdução

O sensoriamento remoto de corpos hídricos contribui para o monitoramento ambiental de determinados parâmetros, os quais podem influenciar na qualidade da água, afetando assim, a fauna aquática e algumas atividades econômicas (abastecimento público, irrigação, pesca e entre outras).⁰O efeito do brilho solar ocorre quando a superfície da água se comporta de tal maneira que grande parte da REM incidente no corpo hídrico é redirecionada (devido à reflexão especular) para o sensor, porém, essa radiação redirecionada é proveniente da interface água/ar, e a mesma varia em função da geometria da superfície da água, da posição do sol e do



ângulo de visada do sensor (LAVENDER, 2009). Entretanto, os efeitos do brilho solar podem ser evitados com maior facilidade durante o sensoriamento aéreo, haja vista que é possível escolher a melhor posição para imagear determinada área de acordo com o horário do dia. Conhecendo a grande interferência (ruído) causada pelo efeito do brilho solar, objetiva-se com esse trabalho, a elaboração de desenvolvimentos teóricos, cuja meta é a geração de modelos que possibilitem subtrair esse efeito das imagens de satélite da série Landsat. Portanto, a elaboração de tais modelos é justificada pela necessidade do monitoramento dos corpos hídricos, o qual é feito a partir de estimativas da concentração de sólidos em suspensão, algas e entre outros parâmetros, no entanto, a reflexão especular ocasiona grande interferência na precisão dessas estimativas devido ao ruído.

Materiais e métodos

Consideraremos que metade das vibrações eletromagnéticas ocorre num plano horizontal e a outra metade no plano vertical. Partindo dessa ideia, utilizou-se os Coeficientes de Fresnel, e foi assumida a média aritmética deles como sendo a refletância no topo da atmosfera. ⁰Lvovsky (2013) diz que esses coeficientes foram obtidos por Augustin-Jean Fresnel em 1823 (com base na Lei de Snell), e representam a taxa de energia refletida (ρ) – depois de a radiação incidir sob o meio, fazendo um ângulo θ_{in} em relação à normal da superfície – após a REM atravessar dois meios transparentes, cada um com seu respectivo índice de refração (n_1 e n_2). Assim, foi realizada uma análise gráfica para saber se a função é contínua ou não, de modo que tal análise possibilitou conhecer os locais onde ocorrem as descontinuidades da mesma. Além disso, a manipulação da função foi feita utilizando o programa (Maplesoft Maple), tanto para construir o gráfico quanto para tentar isolar o **ângulo de incidência** (θ_{in}) da Radiação Eletromagnética (REM).

Resultados e Discussão

O gráfico de **refletância no topo da atmosfera** (ρ_{toa}) foi plotado em três dimensões, mas para esse trabalho não são necessários os mesmos intervalos nos três eixos da figura original, sendo assim, o gráfico foi limitado de acordo com os valores de refletância, ângulo de incidência e índice de refração a serem usados. No entanto, o gráfico de ρ_{toa} plotado em superfície possui algumas inconsistências geradas pelo programa (Maplesoft Maple), assim, alguns gráficos foram plotados em superfície e em linhas, tanto para facilitar a visualização dos eixos através do gráfico, quanto para exibir os



pontos faltantes nas plotagens de superfície. Um dos gráficos gerados no trabalho é mostrado na Figura 1.

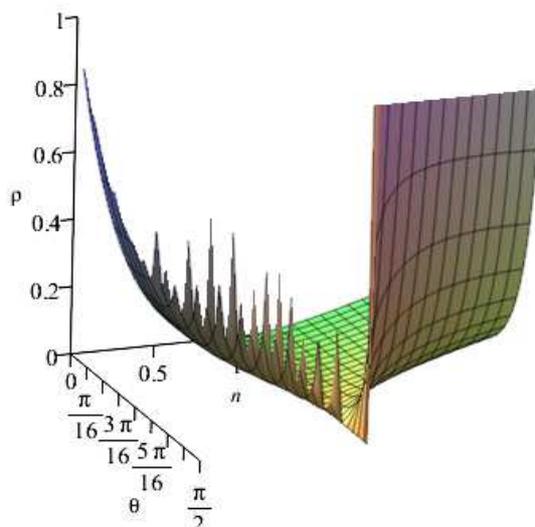


Figura 1 – Vista do gráfico de superfície da refletância com eixos limitados.

Os demais gráficos e equações são apresentados no trabalho original, bem como suas respectivas relações.

Conclusões

Os coeficientes de Fresnel apresentam uma grande composição de funções, ou seja, tais coeficientes são constituídos por funções que estão inseridas dentro de outras funções, e é exatamente a maneira a qual as funções estão compostas que dificulta a extração das funções trigonométricas de dentro dos coeficientes. Assim, a primeira tentativa de isolar θ_{in} foi feita manualmente, porém, a tentativa foi interrompida devido à inviabilidade de se prosseguir, haja vista que seria necessário aplicar extensas relações trigonométricas as quais resultariam numa grande quantidade de cálculos. Apesar de a equação obtida manualmente poder ser utilizada para conseguir os valores de θ_{in} , seria necessário lançar mão de métodos de Cálculo Numérico, os quais poderiam requerer exaustivas iterações para minimizar os erros gerados pelas mesmas.

A segunda tentativa de obter θ_{in} foi feita utilizando o programa Maplesoft Maple, o qual retornou dois modelos que possibilitam obter os valores de θ_{in} em radianos. Entre os modelos gerados, um deles é uma raiz negativa, mas



para conhecer o ângulo de incidência da REM precisamos apenas dos valores positivos de θ_{in} , por isso, foi assumido para esse trabalho somente o modelo positivo de θ_{in} . Os modelos gerados são estritamente computacionais devido ao fato de possuir os prefixos “_Z”, que são números pertencentes o conjunto numérico dos inteiros, e variam de acordo com os valores de ρ_{toa} e n inseridos no modelo.

Referências

LAVENDER, S.; KAY, S.; HEDLEY, J. D. Sun Glint Correction of High and Low Spatial Resolution Images of Aquatic Scenes: a Review of Methods for Visible and Near-Infrared Wavelengths. **Remote Sensing**, v. 1, n. 4, p. 697-730, 2009.

LVOVSKY, Alexander I. Fresnel Equations. In: **Encyclopedia of Optical Engineering**. Nova Iorque, 2013. p. 1-6. Disponível em: <<http://iqst.ca/quantech/pubs/2013/fresnel-eoe.pdf>>. Acesso em: 15 dez. 2014.