



MÉTODO EFICAZ DE ELIMINAÇÃO DE SOMBRAS DE NUVENS EM FOTOGRAFIAS AÉREAS DIGITAIS

D. C. da Silva

Universidade Federal de Pernambuco, Brasil

Comissão IV - Sensoriamento Remoto, Fotogrametria e Interpretação de Imagens

RESUMO

As nuvens e suas sombras são itens com restrições muito claras nos contratos e especificações de levantamentos aerofotogramétricos. No caso de ocorrência de nuvens a solução é aguardar céu completamente limpo e e mesmo quando é possível o voo abaixo de nuvens altas as sombras não são permitidas. Apesar de existirem métodos para eliminação de sombras em imagens digitais que funcionam razoavelmente bem para fotografias a curta distância e para imagens de satélites quando aplicados à fotografias aéreas eles deixam artefatos e cores alteradas com aspecto visual desagradável. Este trabalho apresenta os resultados de método eficaz para eliminação de sombras, fracas ou fortes, de fotografias aéreas, que consegue uniformizar as cores e intensidade entre as áreas com sombras de nuvens e as iluminadas pelo sol, apresentado resultado significativamente melhor que os métodos existentes e que está com pedido de patente depositado.

Palavras-chave: Detecção e Remoção de Sombras de Nuvens, Aerofotogrametria, Balanceamento de Cores.

ABSTRACT

Clouds and their shadows are one of the constraints of the specifications in aerial photography. In the case of clouds the solution is to wait for clear sky. In the case of flying below the clouds, shadows remain that are also not allowed in the photographs. There are some methods for deleting shadows that work reasonably well for satellites, but in photographs they leave altered artifacts and colors with an unpleasant visual aspect. This work presents the results of an effective method for eliminating shadows, weak or strong, of aerial photographs, that manages to standardize the colors and intensity between the areas under shadows and the illuminations by the sun, which is filed patent application.

Keywords: Detection and Removal of Shadows, Photogrammetry, Color Balance.

1- INTRODUÇÃO

A presença de nuvens e suas sombras em fotografias aéreas estão entre as principais restrições nos contratos de levantamentos aero fotogramétricos. Para serem evitadas as nuvens a solução trivial é aguardar céu completamente claro ou voar abaixo delas, o que pode ser permitido quando as nuvens são altas e difusas, que não geram sombras fortes. Porém em regiões de alta nebulosidade é comum que as nuvens sejam baixas, em torno de 600 m de altura, e projetam sombras com contornos fortes. Também com essa altura a área coberta pela fotografia fica reduzida para os padrões mais comuns de levantamentos com câmeras de grande formato, cuja altura de voo é acima de 900 m. Quanto a sombras são fracas uma solução comum adotada na prática é realizar um processamento gráfico de balanceamento de cores que visa dissipar as manchas escuras, mas essa solução na maioria das

vezes altera as cores naturais da cena e o aspecto visual não fica agradável.

Para o problema geral de sombras em fotografias e imagens de satélites, tanto nas áreas de computação gráfica, fotogrametria e sensoriamento remoto têm sido desenvolvidos nos últimos anos métodos que propõem soluções de detecção e eliminação das sombras em imagens digitais. De modo geral os trabalhos que tratam da detecção e remoção de sombras tem foco em fotografias a curta distância em que se estudam as relações entre a fonte de iluminação a geometria do objeto e as propriedades de reflectância das superfícies.

Os métodos de detecção de sombras em geral são uma parte importante do processo e alguns autores tratam detalhadamente desta etapa como Xu et al. (2006), Guo et al. (2011) e Adeline et al. (2013).

Na maioria dos trabalhos as cenas são terrestres e os processamentos computacionalmente complexos e intensivos, baseados em modelos físicos

ou probabilísticos. Exemplos desses métodos são os desenvolvidos por Fynlayson (Finlayson et al, 2002, 2006, 2009; Audet, 2005) e Kwatra et al (2012).

Para as imagens de satélites os resultados da detecção e eliminação das sombras podem ser mais eficientes. Neste caso é usada uma banda do infravermelho que facilita o processamento de detecção da sombra, enquanto na fotogrametria são usadas apenas as três bandas do sistema de cores RGB. Li et al. (2004), Richter e Müller (2005), Silva et al. (2007) e Zigh et al. (2015) são exemplos de trabalhos de detecção e remoção de sombras em imagens de satélites.

No caso da aerofotogrametria os primeiros métodos para detecção e remoção de sombras em imagens aéreas foram propostos por Irvin e Mckeown Jr (1989) e Shu (1990). Mais recentemente foram desenvolvidos métodos voltados para a remoção de sombras de prédios em imagens aéreas coloridas, como Huang et al (2004). Li et al. (2004) que propõe a eliminação de sombra em imagens da câmera ADS-40 com ajuda de MDT e posição do sol; método também com informações similares é apresentado por Sohn e Yun (2008); Tsai (2006) usa modelos de cores invariantes fotométricos, também para cenas urbanas. Guo et al. (2008) apresenta exemplo de eliminação de sombra de prédio em imagens do satélite Ikonos, mas que pode perfeitamente ser aplicado a fotografia aérea. Ye et al. (2012) apresenta método baseado na constância das cores. Zigh et al. (2015) apresenta método para pares de imagens estereoscópicas. Na literatura são poucos os trabalhos que incluem pelo menos uma cena de imagem aérea são de Kwatra et al. (2012), que apresenta o método adequado para sombras de nuvens com os melhores resultados na avaliação desse autor, e o de Ma et al (2016).

Conforme se pode concluir de pesquisa na literatura os trabalhos efetivos que tratam de detecção e remoção de sombras de nuvens de forma eficiente que possam ser adotados no fluxo de trabalho das empresas de aerolevantamentos praticamente não existem. Sendo então oportuna a apresentação desse trabalho com os resultados de um método novo que difere das soluções propostas até o momento.

2. O PROBLEMA DAS SOMBRAS

As sombras constituem a extensão do problema das nuvens em imagens de sensores óticos aéreos ou satelitais. Os vôos abaixo das nuvens pode ser permitido com restrições para a aero fotogrametria comercial de larga escala, como já comentado, mas é muito comum nos aero levantamentos com VANT ou UARP.

O problema principal na eliminação completa de uma sombra em processamento computacional é que a diferença entre a área clara e escura não depende apenas de mais ou menos luz incidente. É necessário resolver questões como ambiguidades dos limites das sombras e penumbras, inconstância das cores, variação da iluminação, efeitos atmosféricos e texturas das

superfícies. Tsai (2006) observa ainda que em imagens coloridas a cor que as pessoas percebem em um objeto é determinada pela qualidade da fonte de luz cromática em três quantidades: radiância, luminância e brilho. Um objeto em uma cena aérea reflete a a radiância eletro-magnética cromática emitida pelo Sol. No caso dos objetos na sombra, ocorre o seguinte (Tsai, 2006):

- Há baixa luminância, ou intensidade, porque a radiância eletro-magnética do Sol está obstruída e o objeto é iluminado apenas por luz difusa ou refletida de outros objetos.

- Ocorre saturação nos comprimentos de onda azul-violeta, devido ao efeito atmosférico de espalhamento de Rayleigh.

- Há um aumento positivo de valores de matiz devido à alteração de intensidade quando se muda de uma área sombreada para área iluminada, proporcional ao comprimento de onda.

Existindo a sombra da nuvem o ajuste da exposição da câmera fica muito difícil, havendo dilema entre escolher a área iluminada ou a sombreada. Com exposição ideal para a área clara a parte escura fica praticamente invisível (Figura 1) e vice-versa (Figura 2). A recuperação de detalhes simultaneamente das regiões claras e escuras pode ser melhorada usando câmera com maior resolução radiométrica de 16 bits por banda, contra os comuns 8 bits, mas mesmo assim a sombra permanece.



Fig. 1 - Fotografia aérea com área escura praticamente invisível



Fig. 2 - Fotografia aérea com ajuste de exposição para a área escura em que a área clara perde detalhes.

Até o momento, as empresas de aero levantamentos quando se deparam com fotografias com sombras fracas tem usado softwares como o ERDAS

Image Equalizer™ ou o ERDAS ER Mapper™ para apagar as sombras, porém os algoritmos usados nesses softwares são baseados na equalização de histogramas entre quadros da imagem original, que são recomendados para corrigir efeitos de vinheta, reflectância bidirecional, hot spot e efeitos atmosféricos.

O método de igualizar os histogramas de subimagens de tamanhos iguais da imagem original é uma técnica de balanceamento de cores em uma imagem que pode ser obtida por manipulação das estatísticas ou pela combinação dos histogramas de todos os blocos que devem se aproximar de um bloco tomado como o padrão. Em Silva e Candeias (2012) são dados detalhes de como é dividida a imagem e como são aplicadas as soluções. Esse método pode ser aplicado para igualar pequenas diferenças de tons em fotografias ortorectificadas ou mosaicos de ortofotos que podem resultar na amenização de sombras leves de nuvens, mas a imagem como um todo fica com tons alterados, como por exemplo, com tons arroxeados. Aplicado em imagens com sombras fortes a aparência fica como na figura 4.



Fig. 3 - Fotografia aérea com sombra forte



Fig. 4 - Fotografia processada com método de manipulação de histogramas de subimagens ou sub blocos. (Fonte: Silva e Zhang, 2007).

2- MÉTODOS DE ELIMINAÇÃO DE SOMBRAS

Nas várias soluções propostas para a detecção e eliminação das sombras das nuvens nas imagens aéreas listadas anteriormente podem ser percebidas nas imagens processadas algumas falhas como perda de textura, alteração de cores e presença de

artefatos. Os motivos dessas falhas podem ser adoção de valores não apropriados para os parâmetros de transformação (posição da fonte de iluminação, da geometria dos objetos, rugosidade ou textura das superfícies) ou dos índices empíricos usados nas fórmulas. Também os resultados podem não ser os desejáveis quando ocorreu saturação de cores da imagem original (Silva e Candeia, 2008) por super exposição ou sombras muito fortes em imagens com baixa resolução radiométrica.

Serão apresentados mais alguns detalhes do método de Kwatra et al. (2012) considerado aqui o que conseguiu o melhor resultado, aplicado à fotografia aérea. Kwatra et al. (2012) aborda a teoria da informação para análise de imagem intrínseca e usa um algoritmo iterativo multi escala. Ele considera que a imagem natural é uma interação da iluminação da cena com a geometria e reflectância dos objetos. A separação desses componentes é o que se conhece por análise da imagem intrínseca, usada em visão de computador. O método de remoção de sombra é baseado num modelo teórico de informação para a textura e para a iluminação da cena. Este método utiliza técnicas de computação e envolve MMQ resolvido por gradientes conjugados com iterações. Os resultados são bons na maioria dos testes mas em alguns as cores apresentam diferenças em feições, como nas ruas e mesmo na vegetação. Todo o processamento é computacionalmente intensivo, mas o autor afirma que pode ser automatizado.

4- RESULTADOS DO NOVO MÉTODO

Este trabalho apresenta resultados de um método que difere das soluções propostas encontradas na literatura, embora os processos sejam conhecidos e aplicados em outras áreas da computação gráfica, foram necessários ajustes na definição dos melhores parâmetros que se mostraram eficazes para a detecção e remoção de sombras de nuvens em fotografias aéreas digitais coloridas. Como vantagem esse novo método iguala as cores dos objetos similares entre as áreas sombreadas e as iluminadas pelo Sol, mantém a textura das áreas de sombra removida, tem baixo custo computacional e que pode ser automatizado. As limitações do método por outro lado são: não se aplica para fotografias de curta distância e terrestres com texturas finas (grama, por exemplo); e para imagens com saturação de cores em uma ou mais bandas.

Os detalhes do fluxo de processamento não são apresentados porque o método ainda está em processo de pedido de patente mas são mostrados dois exemplos de resultados, um em área urbana e outro em área rural, com as fotografias originais com sombras de nuvens e as imagens processadas após a eliminação das mesmas.

Os procedimentos desenvolvidos nesse projeto para a eliminação das sombras de nuvens em imagens aéreas conseguem resultados melhores que os procedimentos apresentados na literatura mais recente

sobre o assunto. Aqui serão apresentados apenas exemplos dos resultados finais, sem os detalhes de cada etapa, visto que o processo desenvolvido está sendo encaminhado para pedido de patente.



Fig. 5 - Fotografia de área urbana com sombra forte.



Fig. 6 - Fotografia da área urbana processada sem a sombra.

As figuras 5 e 7 mostram dois exemplos com imagens de área urbana e rural com as sombras. E as figuras 6 e 8 são as imagens já processadas com as sombras removidas.



Fig. 7 - Fotografia de área rural com sombra



Fig. 8 - Fotografia de área rural sem a sombra

AGRADECIMENTOS

O autor agradece ao CNPQ pela concessão da dos recursos para o projeto, cedido pelo Edital Chamada Universal MCTI/CNPq N 14/2012.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Adeline ,K.R.M., Chen, M., Briottet, X., Pang, Paparoditis, S.K. N. 2013. Shadow detection in very high spatial resolution aerial images: A comparative study. ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing, n. 80, p. 21- 38.

Arbel, Eli; Hel-Or, Hagit. 2007. Texture-Preserving Shadow Removal in Color Images Containing Curved Surfaces. In: IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition. Minneapolis, Mn, USA.

Audet, Samuel. 2005. Project Report Removing Shadows from Images. ECSE-529A. Montreal: McGill University, Electrical and computer Engineering Department. 26 p.

Finlayson, G. D; Hordley, S. D; Drew, M. S. 2002. Removing Shadows from Images. In ECCV '02: Proceedings of the 7th European Conference on Computer Vision-Part IV. London, UK), Springer-Verlag. pp. 823-836

Finlayson, G; Drew, M., Lu, C., 2009. Entropy minimization for shadow removal. International Journal of Computer Vision, V. 85 n. 1, p. 35-57.

Finlayson, G., Hordley, S., Lu, C., Drew, M. 2006. On the removal of shadows from images. IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence. v.28 n. 1, p. 59-68.

- Guo, H.T., Zhang, Y., Lu, J., Jin, G.W. 2008. Research on the building shadow extraction and elimination method. In: International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences. V.37, Part B3b, p. 569–574.
- Guo, L. J., Moore, J. McM. 1993. Cloud-Shadow Suppression Technique for Enhancement of Airborne Thematic Mapper Imagery. Photogrammetric Engineering & Remote Sensing. v. 59. n. 8. p. 1287-1291.
- Guo, Ruigi; dai, Qieyun; Hoiem, Derek. 2011. Single-Image Shadow Detection and Removal using Paired Regions. In: IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition-CVPR, p. 2033-2040.
- Huang, J., Xie, W., Tang, L.. 2004. Detection of and compensation for shadows in colored urban aerial images. In: Proc. 5th World Congress on Intelligent Control and Automation, WCICA 2004, Hangzhou, China, p. 3098–3100.
- Irvin, R. Bruce; McKeown Jr, David M. 1989. Methods for Exploiting the relationship between buildings and their shadows in aerial imagery. IEEE transactions on Systems, Man, and cybernetics. V.19, n.6 p. 1564-1575.
- Isaza, Cesar; Salas, Joaquin; Raducanu, Bogdan. 2012. Evaluation of Intrinsic Image Algorithms to Detect the Shadows Cast by Static Objects Outdoors. Sensors. p. 13333- 13348.
- Kalyan; Hu, Shi-Min. 2016. Appearance Harmonization for Single Shadow Removal. In: CVPR 2016, Proceedings of the 24th Pacific Conference on Computer Graphics and Applications.
- Krisna Kant sing, Kirat pal, M. J. Nigam. 2012. Shadow Detection and removal from remote sensing images using NDI and morphological operators. International Journal of computer applications. V. 42 n. 10. p.37-40.
- Kwatra, V; Han, Mei; Dai, Shengyang. 2012. Shadow removal for aerial imagery by information theoretic intrinsic image analysis. In: Computational Photography (ICCP), 2012 IEEE International Conference. Seattle, WA, pp. 1-8.
- Levine, M.D., Bhattacharyya, J., 2005. Removing shadows. Pattern Recognition Letters. v.26, n. 3, p. 251–265.
- Li, M., Liew, S. C., Kwoh, L. K. 2004. Automated Production of Cloud-Free and Cloud Shadow-Free Image Mosaics from Cloudy Satellite Imagery. In: XXth ISPRS Congress, Instambul. International Archives of Photogrammetry and Remote Sensing. v. XXXV-B4. DVD.
- Li, Yan; Gong, Peng; Sasagawa, Tadashi., 2005. Integrated shadow removal based on photogrammetry and image analysis. International Journal of Remote Sensing. v. 26 n. 18, p. 3911–3929.
- Li, Yan; Sasagawa, T; Gong, Peng. 2004. A System of the Shadow detection and Shadow removal for High Resolution City Aerial Photo. In: XXth ISPRS Congress, Instambul. International Archives of Photogrammetry and Remote Sensing. v. XXXV-B3. DVD.
- Li-Qian Ma, Jue Wang, Eli Shechtman, Kalyan Sunkavalli, Shi-Min Hu. 2016. Appearance harmonization for single image shadow removal. Computer Graphics Forum. v 35, n 7, p. 189–197.
- Liu, Feng; Gleicher, Michael. 2008. Texture-Consistent Shadow Removal. In: European Conference on Computer Vision ECCV, 2008. p 437-450.
- Ma, Li-Qian; Wang, Jue; Shechtman, Eli; Sunkavalli, Kalyan; Hu, Shi-Min. 2016. Appearance Harmonization for Single Shadow Removal. In: CVPR 2016, Proceedings of the 24th Pacific Conference on Computer Graphics and Applications. p. 189-197.
- Ma, Li-Qian; Wang, Jue; Shechtman, Eli; Sunkavalli, Richter, R., Müller, A., 2005. De-Shadowing of satellite/airborne imagery. International Journal of Remote Sensing. v. 26, n. 15, p. 3137–3148.
- Sanin, Andres; Sanderson, Conrad; Lovell, Brian C. 2012. Shadow detection: a survey and comparative evaluation of recent methods. Pattern Recognition. V. 45, n. 4 p. 1684-1696.
- Shu, Joseph Shou-Pyng; Freeman, Herbert. 1990. Cloud Shadow Removal from Aerial Photographs. Pattern Recognition. v. 23, n. 6, p. 647-656.
- Silva, D. C., Zhang, Y. 2007. Análise de Métodos para Eliminação de Sombras em Imagens Digitais In: V Colóquio Brasileiro de Ciências Geodésicas, 2007, Presidente Prudente. Anais do II Simpósio Brasileiro de Geomática e V Colóquio Brasileiro de Ciências Geodésicas. Presidente Prudente: UNESP, p. 1-8.
- Silva, Daniel C; Candeias, A., L., B. 2012. Color Restoration of Aerial Photographs em: Special Applications of Photogrammetry, (ed) Silva D. C. Rijeka: Intech, p. 1-28.
- Silva, Daniel C; Candeias, A., L., B. 2008. Restoration of non Uniform Illumination in Color Aerial

Photographs. Boletim de Ciências Geodésicas. v. 14, n. 3, p.406-419.

Sohn, Hong-Gyoo; Yun, Kong-Hyun. 2008. Shadow-Effect Correction in Aerial Color Imagery. Photogrammetric Engineering & Remote Sensing. v. 74, n. 5, p. 611-618.

Tsai, Victor J.D. 2006. A comparative study on shadow compensation of color aerial images in invariant color models. IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing. v. 44, n. 6, p. 1661–1671.

Xu ,Li; Qi, Feihu; Jiang , Renjie; Hao , Yunfeng; Wu , Guorong. 2015. Shadow Detection and Removal in Real Images: A Survey. In: Proceedings of the Third International Symposium on Women in Computing and Informatics. p. 309-317.

Ye, Q; Xie H; Xu, Q. 2012. Removing Shadows from High-Resolution Urban Aerial Images Based on Color Constancy. In: XXII ISPRS Congress. Melbourne, Australia. v.39 Part-B3, p. 525-530.

Zigh, Ehlem; Belbachir, Mohammed Faouzi; Djebbouri, Mohammed Kadiri, Mohammed; Kouninef, Belkacem. 2015. New shadow detection and removal approach to improve neural stereo correspondence of dense urban VHR remote sensing images. European Journal of Remote Sensing. n. 48, p. 447-463.