

ALGORITMO GENÉTICO APLICADO À CLASSIFICAÇÃO DE IMAGENS TOTAL SKY

Eduardo S. Pereira

Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais

RESUMO: A computação evolucionária é um dos ramos da Inteligência Artificial, a qual tem como base os princípios da teoria da evolução de Charles Darwin. Os algoritmos genéticos fazem parte dessa família de códigos evolucionários, em que indivíduos podem ser representados por código genético binários. Esse algoritmo é aplicado na solução de problemas de otimização. No presente trabalho, estamos interessados em avaliar o intervalo de cor, determinado pela espectro HSV (Hue – Matiz; Saturation – saturação; Value – valor), ao qual podemos classificar um determinado pixel como pertencente à classe céu claro ou nuvem. A partir de um conjunto de dados de teste homogêneo foi possível chegar a uma precisão de 93%. A classificação automática de imagens de céu têm aplicações nas áreas de estimação e previsão de irradiação solar, com foco, por exemplo, em produção de energia fotovoltaica.

Palavras-Chave: Algoritmo Genético; Segmentação de Imagens; Total Sky Images;

ABSTRACT: The Evolutionary Computing is a branch of Artificial Intelligence, that have as base the Charles Darwin theory. The Genetic Algorithm is part of evolutionary computing, where binary genetic codes represents individuals. This type of algorithm is applied in solution of optimization problems. In the present work we are interested in determine the color range, in HSV (Hue; Saturation; Value), that a pixel can be classified as clear sky or cloud. We obtained a accuracy of 93% of the classification over the test data set.

Keywords: Genetic Algorithm; Image Segmentation, Total Sky Images;

INTRODUÇÃO

A computação evolucionária é uma subárea da Inteligência Artificial fundamentada nos princípios da teoria da evolução. Dentro dessa subárea podemos citar o uso de algoritmos genéticos, introduzidos Holland et al. em 1975. Como exemplo de sua aplicação tem-se a solução de problemas de otimização, em que se deseja determinar a melhor solução a partir de um conjunto de parâmetros de entrada (Neto et al. 2016). Por outro lado, temos que a observação do céu é uma das áreas mais antigas da ciência Terrestre, seja através da astronomia ou pela meteorologia. Na atualidade continuamos a observar o céu, porém passamos a utilizar câmeras digitais para o registro de fenômenos diversos, tais como Auroras, poluição luminosa e descargas elétricas (ver Kreuter et al. 2009 e suas referências). No caso de aplicações meteorológicas ou mesmo astronômicas, quando se trata de grande volume de dados, a detecção automática de nuvens em imagens de céu se torna importante.

De forma geral, câmeras conhecidas como Total Sky consistem de equipamentos compactos contendo uma lente objetiva olho de peixe, cujo campo de visada (*field-of-view* FOV) é de 180° (Kreuter et al. 2009). No presente trabalho os dados coletados são provenientes de câmeras EKO ASI-16, com resolução de 1920 x 1920 pixels possui nível de ganho eletrônico e controle de tempo de exposição, além de abertura fixa de F2.8..

Para o caso de imagens multi-espectrais, cores características podem ser usadas para determinar tipos diferentes de objetos, permitindo nos classificar imagens, que consiste na separação de pixels que pertencem à mesma classe, com base em cores.

No corrente trabalho estamos interessados em duas classes, céu claro e nuvem. Na aproximação utilizada aqui, tudo aquilo que não for céu claro será classificado como nuvem. Com isso, basta determinar o intervalo de cor para um dos elementos que já será possível realizar o processo de classificação para ambas classes. A determinação do intervalo de cores para o céu foi realizado tendo como base o *framework* para a criação de algoritmos genéticos de Pereira (2020), escrito na linguagem Python e disponível em <https://pypi.org/project/pygenec/> (ou via comando: `pip install pygenec`). Assim, o objetivo principal do presente trabalho é o de apresentar os resultados do algoritmo de classificação automática de dados de câmeras Total Sky.

MATERIAIS E MÉTODOS

Neste trabalho foram utilizadas imagens câmera multiespectral J1006. Os dados originais são gerados por uma lente olho de peixe. As imagens da lente esférica foram primeiramente mapeadas no plano cartesiano, em que se construiu um algoritmo de conversão rápida baseado nos trabalhos de Ott e Timothy (2007) e Weinhaus (2018). O código foi disponibilizado em <https://github.com/duducosmos/defisheye>. O mapeamento utilizado aqui foi do tipo circular, equidistante e assumiu-se apenas pixels no intervalo 70° a partir do zênite. O mapeamento foi realizado de tal modo que o número de pixels na imagem plana eram iguais aos da imagem circular.

Um segundo pré-processamento foi o de determinar regiões de saturação, cujo o brilho de um dado pixel está muito próximo do limite de superiores de intensidade (255), devido principalmente a presença do Sol. Nesse caso, cada imagem em RGB foi convertidas em escala de cinza, aplicando-se em seguida uma correção Gamma (CG), a qual consiste na aplicação de uma função de transferência não linear que imita a resposta perceptiva da visão humana (Pyton, 2012). Tal correção consiste na conversão da intensidade de cada pixel de acordo com a equação:

$$I'_{ij} = 255 \left(\frac{I_{ij}}{255} \right)^\gamma \quad (1).$$

Com a finalidade de gerar um máximo contraste entre a zona de saturação e os pixels adequados para a análise, foi utilizado $\gamma = 2$. As máscaras de Sol e brilho de saturação são construídas aplicando-se, sobre as imagens CG, uma função limiar em que pixels com intensidade maior que 140 são classificado como brilho de saturação.

Para esse trabalho foi utilizada a biblioteca de manipulação de imagens conhecida como *opencv* (BRADSKI, 2000). As imagens originais estavam em RGB e foram convertidas para HSV(Hue – Matiz; Saturation – saturação; Value – valor). Trabalhar no espaço HSV tem a vantagem de que uma mesma cor pode ser interpretada em termos de sua intensidade. Sabemos que a cor observada de um objeto é influenciada pelo perfil de luminosidade, como queremos observar o céu ao longo de diferentes horários, é preciso ser capaz de determinar o perfil de cor do céu em diferentes condições de brilho. No espaço HSV passamos a nos preocupar não com um intervalo de cor em si, mas sim com as nuances que a coloração do céu terá em diversas situações de luminosidade.

O cerne do algoritmo de segmentação está na função “*inRange*” da biblioteca *opencv*, a qual permite separar componente de uma matriz, de acordo como o intervalo de HSV inferior e superior. Para determinar o intervalo HSV para céu claro, foi construído um algoritmo genético, tendo como base o *framework* *pygenec* (Pereira, 2020), de acordo com a seguinte regra:

1. Uma população aleatória de 100 indivíduos deve ser criada, sendo seu código genético representado por uma sequência binária, contendo 6 cromossomos de 8 bits cada.
2. Executa-se os seguintes passos por no máximo 10000 iterações ou até que a acurácia da classificação seja de 100% sobre os dados de treinamento:

1. O código de cada indivíduo foi dividido em duas tríades de cromossomos, em que ambas representam, respectivamente, os intervalos inferior e superior do espectro HSV para céu claro.
2. Cada indivíduo é avaliado sobre o conjunto de dados de treinamento, com a finalidade de determinar o valor *fitness* da população:
 1. O valor *fitness* foi obtido verificando a acurácia da classificação sobre um conjunto de dados de treinamento, sendo a acurácia obtida a partir da matriz de confusão, a qual indica o grau de falsos/verdadeiros positivos contra os falsos/verdadeiros negativos no processo de classificação (Pedregosa, 2011);
 2. Os indivíduos são ordenados de acordo com o valor *fitness*, do menor para o maior.
3. A seleção de 10% dos indivíduos para cruzamento teve como base o operador genético chamado de Torneio (Nisha, 2017).
4. Os indivíduos selecionados foram cruzados tendo como base o operador genético Embaralhamento (Umbarkar e Sheth, 2015), com probabilidade de cruzamento de 40%. A nova população tem o tamanho da original menos um.
5. Os novos indivíduos sofreram mutação, a uma taxa de 5%, através do operador de Sequência Reversa (Gwiazda, 2020).
6. No processo de evolução, utilizou-se o operador epidêmico (Chiwiacowsky e Velho, 2003), para renovar 99% da população a cada 50 iterações. A ocorrência efetiva ou não da epidemia é realizada de forma aleatória. A população final tem o tamanho da população original, sendo que o código genético do indivíduo com maior valor *fitness* da geração anterior é mantido inalterado na nova geração (Evolução elitista).

Na construção do banco de dados de teste e treinamento, procurou-se encontrar regiões de céu claro e nuvens em diferentes horários do dia e condições de nebulosidade distintas. Com isso foi possível mapear de forma mais adequada às variações do espectro HSV do céu.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os dados utilizados foram obtidos a partir de câmeras multiespectral J1006 localizadas em Cachoeira Paulista, SP, no mês de Janeiro de 2020. Para o treinamento, utilizou-se um subconjunto homogêneo contendo 300 elementos classificados como céu e 300 elementos classificados como nuvem. O processo de evolução parou quando a precisão sobre os dados de treinamento alcançou 100%. O conjunto de dados de teste, distinto dos dados de treinamento, foi construído a partir de um conjunto maior contendo 2718 dados, sendo 1032 de céu claro e 1686 de nuvens. Para evitar possíveis vies, esses dados foram embaralhados e em seguida construiu-se um novo subconjunto, com 50% dos dados originais, selecionados aleatórios. Os dados finais de teste correspondem a um conjunto de 1032 dados, sendo 518 de céu claro e 514 de nuvens.

Na Figura 1 é apresentado um exemplo de classificação de imagens usando o algoritmo desenvolvido no presente trabalho. Do lado esquerdo está uma imagem do céu, em escala de cinza, do lado direito temos a imagem classificada, em que a cor preta representa o céu claro, o tom intermediário de cinza representam as nuvens e o branco é a zona de saturação e Sol. Foi possível obter precisão de 93% no processo de classificação, sobre os dados de treinamento. Para os dados de céu claro, o método acertou 503 vezes, errando em 15 casos. Para os dados de nuvens, o método acertou 455 vezes e errou em 59 casos.

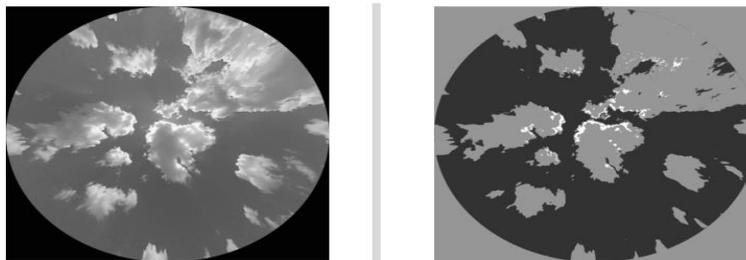


Figura 1

- Classificação de imagens a partir de intervalo HSV determinado por algoritmo genético.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

No presente trabalho foi apresentado um método de classificação de imagens Total Sky, em nuvem e céu claro, tendo como base o intervalo HSV. Para determinação do intervalo de cor do céu claro, utilizou-se algoritmo genético como método de otimização e aprendizagem de máquina. A partir de uma base de testes homogênea, foi possível observar que a precisão do método de segmentação foi de 93%, indicando a viabilidade da metodologia.

O objetivo futuro é utilizar o padrão de movimento de nuvens para a realização de previsão de nebulosidade em intervalos de tempo curtos, conhecido também com *nowcasting*. Tal previsão servirá como entrada de modelos de previsão de radiação solar, utilizada na tomada de decisões em sistemas de produção de energia fotovoltaica.

INSTITUIÇÃO FINANCIADORA E AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao suporte institucional e financeiro da Petrobras, através do projeto de PD ANEEL PD- 00553-0042/2016, vinculado à Chamada Estratégica n.º19/2015 – Desenvolvimento e Tecnologia Nacional de Geração Heliotérmica de Energia Elétrica.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AEBI, Christine; GRÖBNER, Julian; KÄMPFER, Niklaus. Cloud fraction determined by thermal infrared and visible all-sky cameras. *Atmospheric Measurement Techniques*, v. 11, n. 10, 2018.

BRADSKI, G. The OpenCV Library. *Dr. Dobb's Journal of Software Tools*. 2000.

CHIWIACOWSKY, Leonardo D. e VELHO, Haroldo F. de. Different approaches for the solution of a backward heat conduction problem. *Inverse Problems in Engng*. 11. 6. p. 471. 2003.

KREUTER, Axel et al. All-sky imaging: a simple, versatile system for atmospheric research. *Applied optics*, v. 48, n. 6, p. 1091-1097, 2009.

GWIAZDA, Tomasz D. Genetic algorithms reference. v 1. <<http://www.tomaszgwiazda.com/wstep.htm>> acessado em 31 de janeiro de 2020.

HOLLAND, John Henry et al. *Adaptation in natural and artificial systems*. Ann Arbor: University of Michigan Press, 1975.

*IX Simpósio da Pós-Graduação em Ciência do Sistema Terrestre
Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais
São José dos Campos, Brasil
8 a 11 de Dezembro de 2020*

NETO, Antônio J. D. S. BECCENERI, José C. VELHO, Haroldo F. D. C. Inteligência Computacional aplicada a problemas inversos em transferência radiativa_ EdUERJ. Rio de Janeiro. 2016.

NISHA, Saine. Review of Selection Methods in Genetic Algorithms. Int. Jour. of Eng. and Comp. Scie. 6. 12. p.22261. 2017.

OTT, Daniel; DAVIS, Timothy A. Simulating a virtual fisheye lens for the production of full-dome animations. In: Proceedings of the 45th annual southeast regional conference. 2007. p. 294-299.

PEDREGOSA, F. et al. Scikit-learn: Machine Learning in Python. Journal of Machine Learning Research. 12. 2825-2830. 2011.

PEREIRA, E. S. Computação Evolucionária: Aplicando Algoritmos Genéticos com Python e Numpy. Casa do Código. São Paulo. 152 p. 2020.

POYNTON, Charles. Digital video and HD: Algorithms and Interfaces. Elsevier, 2012.

UMBARKAR, Anantkumar J. e SHETH, P. D. Crossover operators in genetic algorithms: A review. ICTACT Jour. on Soft. Computing. 6. 1. p. 1083. 2015.

WEINHAUS, F. Defisheye. Disponível em <<http://www.fmwconcepts.com/imagemagick/defisheye/index.php>>. Acessado em 31 de julho de 2020. 2018.