

Pré-Processamento de Imagens Aéreas Videográficas a Partir de Imagens Geradas por Satélites

Leonardo Rodrigues Julio dos Santos, Rodrigo A. Scarpel e Mateus Habermann
Instituto Tecnológico de Aeronáutica (ITA)
Praça Marechal Eduardo Gomes, 50 – Vilas das Acácias – CEP 12228-900 - São José dos Campos - SP, Brasil

Resumo — Visando a diminuir o custo computacional dos algoritmos embarcados em um veículo aéreo não-tripulado, faz-se necessário que certos cálculos referentes a esses algoritmos sejam realizados com as plataformas ainda em solo. Em se tratando de emprego militar, busca-se independência em relação a tecnologias estrangeiras — cita-se aqui o GPS. Assim, uma alternativa é pautar a navegação de tais veículos aéreos em visão computacional. Dispõe-se antecipadamente das imagens geradas por satélites concernentes às regiões sobrevoadas durante a missão; dessa forma, busca-se extrair o maior número de informações relativas a elas para que, em voo, pouco processamento seja necessário. Assim, propõe-se no presente artigo um método de pré-processamento a partir de imagens geradas por satélites para ser empregado nas imagens obtidas em tempo-real durante o voo.

Palavras-Chave — Veículo aéreo não-tripulado, processamento de imagens, visão computacional.

I. INTRODUÇÃO

O emprego veículos aéreos não-tripulados, VANT, para uso militar se mostra muito pertinente, pois foi comprovada a sua eficiência em manobras militares como a operação de guerra norte-americana *Desert Storm* e nos conflitos na ex-Iugoslávia. Devido a sua importância estratégica no emprego militar e a sua vasta aplicação para uso civil, pesquisas nas áreas afins a essa tecnologia não param de crescer em todo o mundo. O grande diferencial dessa plataforma é não possuir seres humanos a bordo, tornando-se assim uma solução eficaz para a substituição de aeronaves tripuladas em missões com alto grau de risco.

Busca-se o desenvolvimento de um sistema de navegação autônoma para tais veículos, hajam vista as dificuldades provavelmente encontradas por um operador em solo para comandá-los.

O uso do GPS (*Global Positioning System*) em tais situações seria uma boa opção, porém tal sistema não se mostra interessante quando o emprego de VANTs é de caráter militar; pois, como se sabe, os sinais de GPS podem ser negados por parte dos detentores de tal sistema. No intuito de resolver esse problema, uma alternativa muito plausível é o uso de visão computacional para balizar a navegação do VANT.

Leonardo Rodrigues Julio dos Santos, rodrigue@ita.br, Tel +55-12-39476899; Rodrigo A. Scarpel, rodrigo@ita.br, +55 12 3947 6973; Mateus Habermann, hab@ita.br, Tel. +55-12-39476899

O presente artigo aborda um conceito que preconiza a autonomia, em termos de navegação, de veículos aéreos não-tripulados por meio de imagens processadas em tempo-real. Pretende-se aqui realizar um pré-processamento em imagens, segregando-as em área urbana e área não-urbana, para que algoritmos específicos de reconhecimento de padrões possam ser empregados em áreas específicas das imagens.

É mostrado neste trabalho que é possível realizar tal pré-processamento nas imagens adquiridas durante o voo do VANT com informações obtidas em solo oriundas de imagens satélite relativas à mesma área de voo em questão. Informa-se que as imagens de satélite aqui usadas são oriundas do satélite Ikonos.

Mais especificamente, objetiva-se aqui fazer uso do algoritmo *k*-médias [1] aplicado a imagens de satélite para que os centroides encontrados sejam inseridos no algoritmo embarcado do VANT no intuito de que o custo computacional em voo seja o menor possível.

Assim, na seção II apresenta-se um resumo da navegação autônoma por imagens, ressaltando sua importância. A seção III explica conceitualmente o pré-processamento. Na seção IV, há uma explanação sobre algumas técnicas de agrupamento existentes, dando, naturalmente, destaque ao método *k*-médias. Na seção V é explicado o procedimento para se obter os centroides gerados pelas imagens de satélite. Na sequência, o capítulo VI exhibe os resultados encontrados. Finalmente, é exposta uma conclusão do trabalho, destacando-se sua importância.

II. NAVEGAÇÃO AUTÔNOMA POR IMAGENS

O sistema de navegação autônoma baseado em visão computacional consiste, basicamente, de um veículo robótico (aéreo, terrestre, aquático ou subaquático) e dispositivos de captura de imagens (câmeras e *frame grabbers* para a aquisição e digitalização de imagens) [2]. Esse sistema, capaz de extrair informações das imagens captadas em tempo-real, gera informações para o sistema de navegação do VANT.

Navegação é atividade básica de um robô móvel, habilitando-o ao livre deslocamento pelo seu espaço de trabalho, alcançando metas pré-definidas, realizando tarefas e desviando de obstáculos [3]. Isso só é possível devido aos sistemas de navegação embarcados no VANT. Os mais comuns: GPS, sistemas de radiofrequências e sistemas inerciais [4] [5] [6]. Mas esses dois sistemas de navegação

citados primeiramente são passíveis de interferência, e, por esse motivo, podem ter o seu desempenho degradado, o que pode impedir a viabilidade da navegação do veículo em questão. Por essa razão, a pesquisa de metodologias de navegação baseadas na visão computacional de um veículo aéreo não-tripulado cria uma solução alternativa para esse problema [7].

III. PRÉ-PROCESSAMENTO DE IMAGENS

Dentre os passos seguidos durante o processo de reconhecimento de padrões [8], encontra-se o pré-processamento, o qual é destacado na Fig. 1.

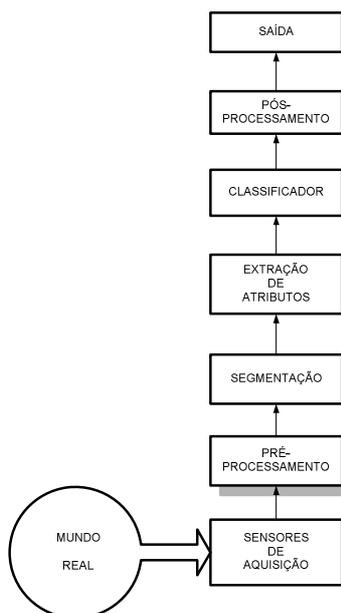


Fig. 1. Etapas seguidas em Reconhecimento de Padrões.

O pré-processamento de imagens é aplicado neste trabalho com o intuito de dividir a imagem captada pelo VANT durante sua navegação em área urbana e área não-urbana. Isso facilita a identificação do local sobrevoado pelo VANT. Assim, pode-se utilizar um algoritmo de reconhecimento de padrões para cada região destacada.

IV. GERAÇÃO DE AGRUPAMENTOS

Gerar agrupamentos significa dividir os elementos de uma amostra de forma que os integrantes de cada grupo sejam similares entre si, de acordo com as variáveis consideradas.

Basicamente, há três técnicas para se gerar agrupamentos: hierárquicas, não-hierárquicas e método da mistura [9].

Aqui será destacado o método não-hierárquico, pelo fato de este ser usado para a obtenção dos resultados.

Tal método é utilizado quando se conhece, *a priori*, a quantidade de agrupamentos contidos numa amostra.

Para a alocação dos elementos aos grupos, os métodos não-hierárquicos buscam a maior semelhança interna nos grupos e maior disparidade entre esses.[10].

Como exemplo de método não-hierárquico, cita-se o *k*-médias.

O método *k*-médias aloca cada elemento amostral ao agrupamento cujo centroide for o mais próximo daquele.

Objetiva-se, com esse método, minimizar a soma de quadrados dentro dos agrupamentos. Pela álgebra, tem-se:

$$\arg \min S = \sum_{c=1}^k \sum_{i=1}^n z_{ic} \left[\sum_{j=1}^p (x_{ij} - m_{cj})^2 \right] \quad (1)$$

onde:

k é o número de agrupamentos definido *a priori*;

n é o número de elementos da amostra;

p é o número de dimensão dos dados;

x é o valor de cada observação, sendo este um vetor real;

s_i é o conjunto de observações em cada um dos *k* agrupamentos e $S = \{s_1, s_2, \dots, s_k\}$;

$z_{ic} = 1$, se o ponto *i* pertencer ao agrupamento *c*
0, caso contrário; e

$$m_{cj} = \frac{\sum_{i=1}^n z_{ic} x_{ij}}{\sum_{i=1}^n z_{ic}}$$

O método é composto por quatro passos:

- Escolhem-se *k* centroides, chamados de sementes, para se iniciar o processo de partição;
- Cada elemento do conjunto de dados é comparado com cada centroide inicial, por meio de uma medida de distância. O elemento é alocado ao grupo cuja distância for a menor;
- Depois de se aplicar o segundo passo em todos os elementos, recalculam-se os valores dos centroides para cada novo grupo formado, e repete-se o segundo passo, considerando os novos centroides; e
- Os segundo e terceiro passos devem ser repetidos até que não haja mais mudança nos centroides.

V. CLASSIFICAÇÃO DE IMAGENS VIDEOGRÁFICAS A PARTIR DE IMAGENS ADQUIRIDAS POR SATÉLITE

Intenciona-se classificar corretamente (em área urbana e não-urbana) imagens videográficas a partir de modelos construídos por meio de imagens de satélite.

Assim, das imagens captadas pelo satélite Ikonos, são extraídos: média dos valores dos pixels; entropia; gradiente na direção do eixo *x*; e gradiente na direção do eixo *y*. Tais dados são obtidos a partir de uma janela de tamanho 61x61, na qual o elemento central armazena os valores calculados.

O procedimento é realizado ao se submeter dez imagens de satélite (vide Fig. 2 para exemplo de tal imagem) ao algoritmo *k*-médias, dividindo-as em duas regiões já citadas. Os dez pares de centroides encontrados são convertidos em apenas um par, após o cômputo da média aritmética desses. O par de centroides resultante é, então, usado para a classificação de uma nova imagem de satélite até então não utilizada. A qualidade da classificação desta última imagem — conforme Fig. 3 — é mensurada por um operador humano. Ressalta-se que se faz necessário que todo esse procedimento seja realizado algumas poucas vezes, pois o algoritmo *k*-médias é suscetível a mínimos locais[11].

Chama-se a atenção ao fato de que, devido a uma meta-heurística aplicada ao algoritmo, os pontos azuis sempre correspondem à área urbana; e os pontos verdes, à área não-urbana.



Fig. 2. Imagem oriunda do satélite Ikonos.

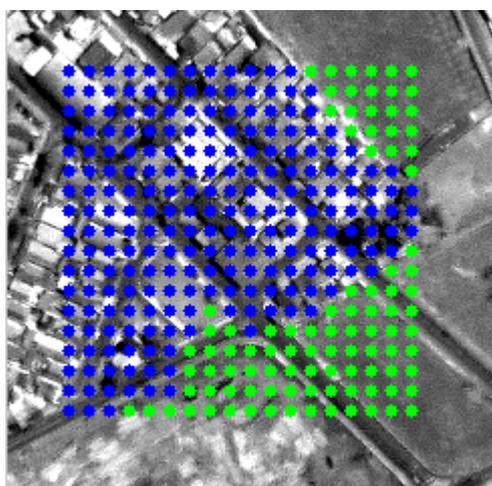


Fig. 3. Imagem oriunda do satélite Ikonos, após classificação.

Uma vez que a imagem satélite foi bem classificada, os centroides que foram calculados podem ser utilizados em imagens videográficas que são processadas pelo programa embarcado.

VI. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Tanto as imagens de satélite quanto as de videografia são da mesma região, a saber, a cidade de São José dos Campos – SP.

Todas essas imagens, por ocasião do processamento do algoritmo, são monocromáticas e discretizadas em oito *bits*, ou seja, possuem 256 tons de cinza.

Após os cálculos dos dois centroides com as dez imagens de satélite, eles são usados nas imagens videográficas (as quais, numa situação real, são obtidas por meio de fotografias tiradas pelo VANT durante o voo) no intuito de separá-las em área urbana e não-urbana. O resultado é exibido na Fig. 5; a qual aborda a mesma região exibida na Fig. 4.

De maneira geral, o resultado obtido com outras imagens analisadas assemelha-se aos exibidos até agora.

Assim, muito bons resultados foram auferidos ao se usar o algoritmo *k*-médias para criar um classificador de imagens.



Fig. 4. Foto aérea em cores ilustrando área abordada na Fig. 5.

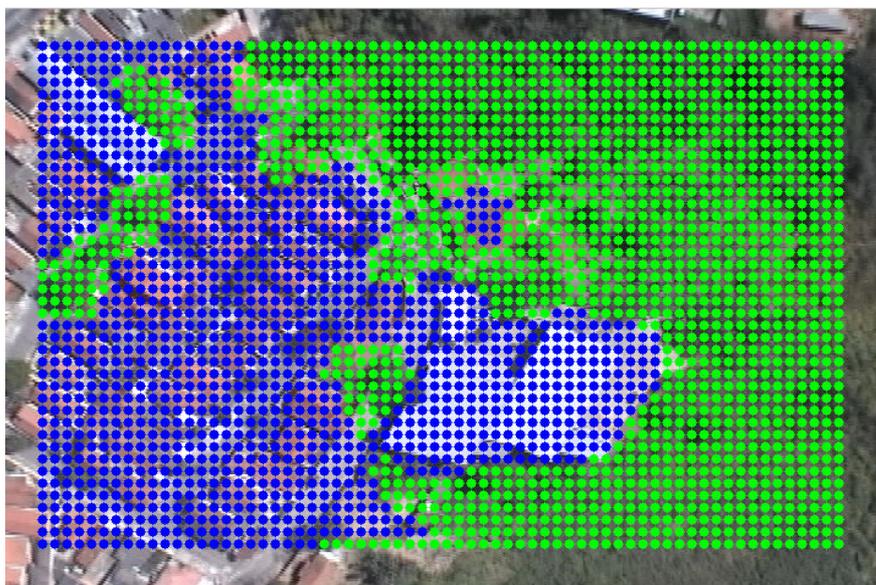


Fig. 5. Resultado do algoritmo após Fig. 4 ser processada.

VI. CONCLUSÃO

É indiscutível, em tempos hodiernos, a necessidade de se dirigir esforços em pesquisas que envolvam veículos aéreos não-tripulados.

Aqui foi mostrado que é possível realizar um pré-processamento em imagens videográficas com base em informações extraídas de imagens de satélite. O algoritmo usado para tal foi o k -médias.

A vantagem disso é a diminuição do custo computacional embarcado no VANT.

Bons resultados foram alcançados.

REFERÊNCIAS

- [1] J. B. MacQueen: "Some Methods for classification and Analysis of Multivariate Observations, *Proceedings of 5-th Berkeley Symposium on Mathematical Statistics and Probability*", 1967, Berkeley, University of California Press, 1:281-297
- [2] KUNDUR, S. e RAVIV, Daniel, "Active Vision-Based Control Schemes for Autonomous Navigation Tasks". *Pattern Recognition*, Elsevier Science, N. 33, pg. 295-308, 2000
- [3] LATOMBE, J.C. "Robot Motion Planning". Kluwer Academic Publishers, Boston, 1991.
- [4] Aldo. J, Kota. S, Gomez. J, "An approach to surveillance an area using swarm of fixed wing an quad-rotor of unmanned aerial vehicle"
- [5] Joo. S, Ippolito. C, Al-Ali. K, "Vision aided inertial navigation with measurement delay for fixed-wing unmanned aerial vehicle landing", 2007
- [6] Wu. A, Johnson. E, "Methods of localization and mapping using vision and inertial sensors", 2008
- [7] Martins. M, Medeiros. F, Monteiro. M, Shiguemori. E, Ferreira. L, Domiciano. M, "Navegação autônoma aérea por imagens"
- [8] Nadler. M, Smith. E, "Pattern Recognition Engineering", John Wiley and Sons, 1993
- [9] Webb. A, "Statistical Pattern Recognition", John Willey and Sons, Ltd, p.372, 2002.
- [10] Mingoti. S, "Análise de Dados Através de Métodos de Estatística Multivariada: Uma Abordagem Aplicada", Ed UFMG, 2005
- [11] Bishop, C.M., "Pattern Recognition and Machine Learning", Springer, 2009.