

Quantização Vetorial Aplicada à Compressão de Imagens

Vítor Braga Diniz e Waslon Terllizie A. Lopes

Resumo—Este artigo apresenta fundamentos básicos de Quantização Vetorial e tem como objetivo apresentar as análises e os resultados relacionados às aplicações da técnica de Quantização Vetorial para compressão de imagens.

Palavras-Chaves—Quantização vetorial, processamento digital de imagens, compressão de sinais.

I. INTRODUÇÃO

A compressão de sinais é um conjunto de técnicas cujo principal objetivo é a redução do número de bits necessários para representar um determinado sinal. Desta forma, procura-se atender restrições na largura de faixa em sistemas de transmissão de sinais e de memória em sistemas de armazenamento [1].

Além disso, a compressão permite uma codificação eficiente dos sinais (imagem, voz, vídeo), garantindo um bom desempenho na ocorrência de erros de transmissão e/ou armazenamento. Esta característica é essencial para diversas aplicações, como internet, comunicação multimídia, armazenamento e transmissão de imagens, comunicações móveis [2], [3].

Uma das técnicas de compressão de sinais que se destaca, mais especificamente no estudo da compressão de imagens, é a Quantização Vetorial (QV) [4], [5], que pode ser analisada como uma extensão da Quantização Escalar em um espaço multidimensional [6].

Este artigo concentra o seu conteúdo na compressão de imagens e apresenta resultados obtidos pela aplicação da quantização vetorial. O restante deste artigo encontra-se organizado da seguinte forma: A Seção II contém a formulação matemática da QV. A Seção III apresenta resultados da aplicação da QV na codificação de imagens em tons de cinza. Por sua vez, a Seção IV é voltada às conclusões e propostas para trabalhos futuros.

II. QUANTIZAÇÃO VETORIAL

Considere um vetor K -dimensional $\mathbf{x} = [x_0 x_1 \dots x_{K-1}]^T$, cujas componentes são variáveis aleatórias que assumem valores reais. Na QV, um vetor \mathbf{x} é mapeado em um vetor-código real \mathbf{y} discreto em amplitude. Afirma-se, então, que \mathbf{x} é quantizado por \mathbf{y} . Com isso, tem-se [7]

$$\mathbf{y} = Q(\mathbf{x}). \quad (1)$$

Em outras palavras, \mathbf{y} é o resultado da quantização vetorial de \mathbf{x} .

Vítor Braga Diniz e Waslon Terllizie Araújo Lopes, Departamento de Engenharia Elétrica, Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa-PB, Brasil, E-mails: vitor.diniz@cear.ufpb.br e waslon@cear.ufpb.br.

O vetor \mathbf{y} deve ser escolhido em um conjunto finito de vetores (chamado de dicionário de reconstrução) $\mathbf{Y} = \{\mathbf{y}_i, 0 \leq i \leq N-1\}$, sendo $\mathbf{y}_i = [y_{i0} y_{i1} \dots y_{i(K-1)}]^T$ e N , o número de vetores do dicionário (também conhecido como número de níveis do dicionário numa alusão a quantização escalar). Além disso, cada vetor-código é associado a uma região R_i , de modo que se o vetor \mathbf{x} estiver contido em R_i , ele será representado por \mathbf{y}_i .

Na QV, o quantizador vetorial é composto de um codificador e um decodificador, conforme apresentado na Figura 1. O codificador calcula a distorção entre o vetor que será quantizado \mathbf{x} e cada vetor \mathbf{y}_i pertencente ao dicionário \mathbf{Y} , selecionando o índice i do vetor-código de menor distorção. Cada índice é transmitido, através de um canal de comunicações, ao decodificador. Por sua vez, o decodificador gera como saída o vetor-código \mathbf{y}_i como versão quantizada de \mathbf{x} .

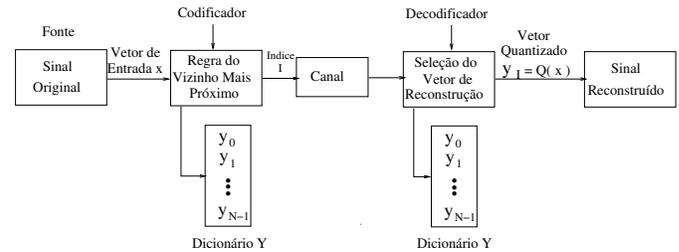


Figura 1. Diagrama de blocos do processo de quantização vetorial.

Na compressão de imagens utilizando a QV, os vetores são formados pela partição da matriz de pixels em regiões de $K_1 \times K_2$ pixels. A taxa de codificação, medida em bits por pixel (bpp), é $R = \frac{1}{K} \log_2 N$, em que $K = K_1 \cdot K_2$ é o número de pixels por região (a dimensão dos vetores-código). Além disso, para mensurar a qualidade da imagem, são utilizados dois tipos de medidas, as subjetivas (aquelas obtidas através de opiniões de pessoas) e as objetivas (as que podem ser calculadas). A qualidade da imagem quantizada é, normalmente, medida através da Relação Sinal-Ruído de Pico (PSNR – *Peak Signal-to-Noise Ratio*), que para uma imagem codificada a 8 bpp, é dada por

$$\text{PSNR} = 10 \log \left(\frac{255^2}{\text{MSE}} \right), \quad (2)$$

em que 255 representa o valor de pico da intensidade de cinza de cada pixel e MSE é o erro médio quadrático entre duas imagens $F(m, n)$ e $f(n, m)$ dado por

$$\text{MSE} = \frac{1}{n \cdot m} \sum_{i=0}^{n-1} \sum_{j=0}^{m-1} [F(i, j) - f(i, j)]^2. \quad (3)$$

Um dos objetivos da QV aplicada a imagens, além de diminuir o número de bits necessários para representar a imagem, é manter a fidelidade da imagem quantizada à original causando uma menor distorção possível. Portanto, deve atingir o menor erro médio quadrático o que maximiza o valor de PSNR.

III. RESULTADOS

Com o intuito de averiguar a eficiência da Quantização Vetorial aplicada na compressão de imagens e medir as distorções causadas pela técnica, foi realizada a QV da imagem Lena apresentada na Figura 2 utilizando dicionários com $N = 32$, 64, 128, 256 e 512 vetores-código. A quantização também considerou $k = 4 \times 4$ blocos de pixels.



Figura 2. Imagem Lena original.

Para analisar a qualidade das imagens quantizadas em relação à imagem original, foi utilizada a PSNR, calculada a partir da Equação 2, conforme apresentado na Tabela I. Observa-se relação de compromisso entre a taxa de codificação e os valores de PSNR, ou seja, quanto maior a taxa de codificação, menor o valor de PSNR.

Tabela I
RELAÇÃO SINAL-RUÍDO DE PICO PARA IMAGENS QUANTIZADAS.

Número de Vetores (N)	Taxa de Codificação (bbp)	PSNR (dB)
32	0,3125	25,55
64	0,3750	26,25
128	0,4375	26,88
256	0,5000	27,33
512	0,5625	27,85

Com base nos resultados obtidos a partir das PSNRs das imagens quantizadas utilizando dicionários com números de vetores diferentes, pode-se analisar que há uma proporcionalidade entre o número de vetores presentes no dicionário e a qualidade da imagem final, existindo um aumento de 2,3 dB entre a PSNR da imagem quantizada por dicionário de 32 vetores e o de 512, conforme ilustra a Tabela I.

Observa-se que a qualidade da imagem quantizada aumenta com o aumento do número N de vetores-código do dicionário utilizado. Por exemplo, pode ser notado na Tabela I que há um acréscimo de 2,3 dB na PSNR da imagem reconstruída quando N aumenta de 32 para 512. O efeito visual desta variação de PSNR pode ser observado na discrepância da qualidade das Figuras 3 e 4.



Figura 3. Imagem Lena quantizada com $N = 32$ vetores.



Figura 4. Imagem Lena quantizada com $N = 512$ vetores.

IV. CONCLUSÃO

Neste artigo foi apresentada a técnica da quantização vetorial para a compressão de imagens. Mostrou-se, por simulações, que a técnica consegue comprimir imagens digitais considerando taxas de codificação da ordem de 0,5 bpp mantendo uma boa qualidade subjetiva. Como trabalhos futuros, os autores pretendem analisar os efeitos dos erros de transmissão dos índices da QV através de canais ruidosos.

AGRADECIMENTOS

Vítor Braga Diniz agradece ao Programa de Educação Tutorial (PET) da Universidade Federal da Paraíba pelo suporte financeiro a esta pesquisa.

REFERÊNCIAS

- [1] N. Jayant. "Signal Compression: Technology Targets and Research Directions". *IEEE Journal on Selected Areas in Communications*, vol. 10, no. 5, pp. 796–818, June 1992.
- [2] L. V. K. Marrara and W. T. A. Lopes. "Compressão de Imagens Baseada em Quantização Vetorial e Transformada Discreta do Cosseno". In *Anais do IV Encontro Anual do Iecom em Comunicações, Redes e Criptografia (Encom 2014)*, pp. 1–2, João Pessoa, PB, Outubro 2014.
- [3] E. C. Ozan, S. Kiranyaz and M. Gabbouj. "K-Subspaces Quantization for Approximate Nearest Neighbor Search". *IEEE Transactions on Knowledge and Data Engineering*, vol. 28, no. 7, pp. 1722–1733, July 2016.
- [4] F. Madeiro and W. T. A. Lopes. "Introdução à Compressão de Sinais". *Revista de Tecnologia da Informação e Codificação*, vol. 1, no. 1, pp. 33–40, Outubro 2011.
- [5] A. Gersho and R. M. Gray. *Vector Quantization and Signal Compression*. Kluwer Academic Publishers, Boston, MA, 1992.
- [6] E. Aktarkavan and M. F. M. Salleh. "Multiple Descriptions Coinciding Lattice Vector Quantizer for Wavelet Image Coding". *IEEE Transactions on Image Processing*, vol. 21, no. 2, pp. 653–661, February 2012.
- [7] Y. Linde, A. Buzo and R. M. Gray. "An Algorithm for Vector Quantizer Design". *IEEE Transactions on Communications*, vol. 28, no. 1, pp. 84–95, January 1980.