Nâng cao hình ảnh được mã hoá bằng JPEG bằng bộ lọc …..

Amlan Kundu

US WEST Advanced Tech.,  
Boulder, CO 80303  
email: [akundu@advtech.uswest.com](mailto:akundu@advtech.uswest.com)

**TÓM TẮT**

Bộ mã hóa JPEG đã được chứng minh là cực kỳ hữu ích trong việc mã hóa dữ liệu hình ảnh. Tuy nhiên với hình ảnh được mã hoá với bitrate thấp (0,75 bit trở xuống trên mỗi pixel), hiệu ứng khối trở nên rất khó chịu. Phần viền cũng hiển thị với các hình dạng giống như là các sóng. Trong bài báo này, một thuật toán nâng cao được đề xuất để nâng cao chất lượng chung của các hình ảnh được tái tạo. Đầu tiên, các điểm ảnh của hình ảnh được mã hóa được phân loại thành ba loại lớn:

a) điểm ảnh thuộc miền gần như bất biến (Quasi-constant) nơi giá trị cường độ điểm ảnh ít thay đổi,

b) các điểm ảnh thuộc các cạnh nổi bật (DE), được phân loại bởi các cạnh sắc nét và có kích thước lớn

c) điểm ảnh thuộc các miền cấu trúc được phân loại bởi nhiều cạnh nhỏ và có tín hiệu đường mỏng. Một tổ hợp thích hợptừ một số bộ lọc không gian sử dụng thông tin ghi nhãn điểm ảnh để điều chỉnh, được sử dụng làm bộ lọc thích ứng tối ưu để nâng cao hình ảnh. Một số kết quả thử nghiệm cũng được cung cấp để cứng minh sự thành công của phương án được đề xuất.

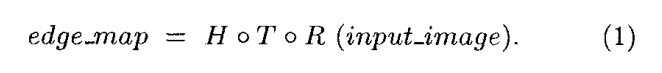
1. **Giới thiệu**

Gần đây, một số phương án cho việc xử lý hậu kỳ và hình ảnh được mã hóa tĩnh và mã hoá video được đề xuất [1, 2, 3] . Sự cần thiết đối với quá trình xử lý hậu kỳ phát sinh từ các hình ảnh khó chịu của một số vật thể hiện diện trong hình ảnh được mã hoá có bitrate thấp. Ví dụ như trong mã hóa JPEG bitrate thấp, hiệu ứng khối trên các miền QC trong hình ảnh rất khó chịu. Đồng thời, ở các cạnh khác lại xuất hiện với hình dạng giống như các sóng. Trong hình ảnh lượng tử hóa vector tốc độ bit thấp, hiệu ứng khối tương tự cũng được nhìn thấy và các cạnh thì có hình dạng lởm chởm sau khi được xây dựng lại [4]. Các hiệu ứng khối cũng nổi bật ở mã hóa fractal bitrate thấp. Các thuật toán xử lý hậu kỳ về cơ bản là các kỹ thuật làm mịn nhằm loại bỏ các vệt thể để có hình ảnh trực quan tốt hơn. Vì không có định nghĩa toán học được xác định rõ ràng thế nào là hình ảnh trực quan, các thuật toán xử lý hậu kỳ được thiết kế tốt nhất bởi những hiểu biết về bản chất của vấn đề. Đối với vấn đề hiện tại, tức là, các hiện vật thể xuất hiện trong mã hoá JPEG bitrate thấp, chúng tôi cần làm mịn đáng kể để loại bỏ các hiệu ứng khối. Mặt khác, các hiệu ứng khối có phần ảnh hưởng trên các miền kết cấu. Các cạnh yêu cầu bộ lọc đặc biệt để có thể bảo toàn các cạnh. Bên cạnh đó, sự suy thoái của các cạnh còn phát triển thêm trong quá trình xây dựng lại ảnh. Vì vậy, chúng tôi cần phải xử lý các viền, các thành phần cấu trúc và các điểm ảnh thuộc các miền Quasi-constant khác nhau. Trong phương án được mô tả trong bài báo này, các điểm ảnh trong ảnh được mã hoá được dán nhãn với ba nhãn riêng biệt. Các điểm ảnh được dán nhãn này sau đó được sử dụng để điều chỉnh các loại lọc không gian khác nhau được thiết kế cho các loại điểm ảnh khác nhau.

1. **Phân loại 3 loại điểm ảnh**

Mục tiêu của chúng tôi là phân loại mỗi pixel thuộc miền nào trong ba loại miền điểm ảnh khác nhau - miền DE (miền các cạnh nổi bật), miền kết cấu và miền QC - nhưng không cần phân loại quá chi tiết các điểm ảnh vào các miền.

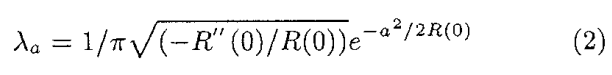
**Phân loại các viền**: Đầu tiên, các viền, cạnh được xác định. Thay vì sử dụng các phương thức tính toán phức tạp, chúng tôi sử dụng phương thức được miêu tả trong [5] vì phương thức này cốp thể dễ dàng điều chỉnh để phát hiện các cạnh, viền nổi bật mà không cần tính toán nhiều. Phương thức tính toán được định nghĩa bằng công thức:



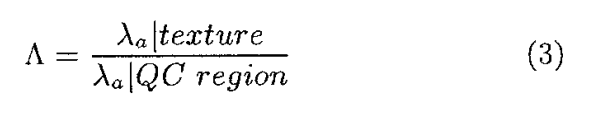
Phần tử R, với mỗi của sổ trượt, tính toán giá trị của các điẻm ảnh trong của sổ. Nếu cường độ ấy vượt quá ngưỡng T1, thì điểm ảnh ở trung tâm được coi là một điểm ảnh thuộc cạnh. Sau đó, phần tử T phân loại các điểm ảnh quanh đểm ảnh trung tâm ấy thành 2 nhóm (nhóm có cường độ cao và nhóm có cường độ thấp). Quá trình này được phân loại dựa trên ngưỡng T2. Gọi N là số điểm ảnh thuộc nhóm có cường độ cao. Dưới 1 số giả định, có thể thấy rằng N tuân theo phân phối chuẩn cơ bản. Phần tử H sử dụng một số mô hình thử nghiệm giả thuyết để đưua ra quyết định cuối cùng xem điểm ảnh ở trung tâm có phảit là điểm ảnh thuộc viền hay không.

**Phân loại các thành phần cấu trúc:** Các điểm ảnh thuộc miền QC và miền kết cấu được tách riêng với nhau dựa trên một tiêu chuẩn đơn giản – số lần giao nhau bằng 0 - và một quá trình lọc ngưỡng. Số lần giao nhau qua 0 được tính theo cách dưới đây: trong một cửa sổ trượt cỡ n\*n, tính giá trị trung bình của tất cả các điểm ảnh, rồi sau được trừ vào giá trị mỗi điểm ảnh. Đặt giá trị cường độ của mỗi điểm ảnh là Ti. Theo kết quả, sẽ có một số giá trị dương, và một số giá trị âm. Sự thay đổi dấu giữa 2 giá trị liên tiếp theo bất cứ hướng nào được tính là 1 lần giao nhau qua 0 theo hướng đó. Số lần giao nhau qua 0 (NZC) được đếm theo cột, hàng và theo hai đường chéo. Cả miền QC và miền kết cấu đều có lượng lớn các giá trị NZC, vì vậy mục tiêu là sử dụng các tham số NZC cùng với một số giá trị độ lệch chuẩn (LSD) để phân biệt giữa miền QC và miền kết cấu. Trong nghiên cứu của chúng tôi, một tham số đơn giản đại diện cho LSD được đề xuất sử dụng. Sau khi các giá trj đểm ảnh được trừ, nếu giá trị tuyệt đối của nó ebs hơn 1 gá trị được chon từ trước(gọi là ß), thì giá trị của điểm ảnh đấy được đặt = 0. Còn không thì giá trị của điểm ảnh đó vẫn được giữ nguyên. Quá trình tính NZC được lặp lại 1 lần nữa sau khi quá trình lọc ngưỡng này được thực hiên. Trong miền QC, số luộng các giá trị NZC mới sẽ ít hơn số giá trị NZC ban đầu nếu chọn được một giá trị hợp lý. Trong miền kết cấu, thì giá trị mới NZC không có nhiều khác biệt so với giá trị NZC ban đầu. Do đó, giá trị NZC sau khi được tính lại (gọi tắt là RNZC) có thể giúp phân biệt giữa miền QC và miền kết cấu.

Cách thức phân biệt các thành phần kết cấu này cũng tương tự như bài toán vượt bậc trong lý thuyết tính toán ngẫu nhiên. Vì số lượt giao nhau qua 0, hay là giao nhau qua ß, được tính toán song song với 1-D, chúng tôi mặc định rằng giá trị cường độ Ti cùng với 1-D là kết quả của một quá trình ngẫu nhiên mà mỗi biến có giá trị trung bình bằng 0. Chúng tôi cũng cho rằng quá trình này là bình thường và có thể nhận biết được. Do đó, mật độ chéo cấp (đối với cấp a) được tính bởi công thức:

****

Trong đó R(T) là tương quan của quá trình. Mục tiêu của chúng tôi là tìm a (hoặc ß), dưới một số giả định, rằng chắc chắn số lần giao nhau qua 0 của miền kết cấu cao hơn nhiều so với miền QC. Tương tự như vậy, đặt R2(T) là tương quan của quá trình khi miền được tính toán ở đây là miền kết cấu. Chúng tôi cho rằng R1(T) có dạng c1f1(T) trong đó f1(0) = 1, f1(∞) = 0 và f1’(T) = -ve. Chúng tôi cũng cho rằng R2(T) có dạng c2f2(T)cos(wt) trong đó f2(0) = 1, f(∞) = 0 và f2’(T) = -ve. Để các hàm tương quan có giá trị, f1(.) và f2(.) tiến tới 0 trong khi |T| tiến tới ∞. Thành phần tuần hoàn của R2(T) là một giả định đơn giản nhưng cho thấy rõ các đặc điểm của miền kết cấu vì tương quan của miền kết cấu không bị thay đổi như trong miền QC. Chúng tôi định nghĩa



Có thể thấy rằng các giao tầng a của miền kết cấu sẽ lớn hơn nếu điều kiên sau được thoả mãn:



Ở đây, c1 là phương sai của miền QC. Nếu chúng tôi cho rằng phương sai của miền QC không bao giừo vượt quá 4% của miền năng lượng, thì với miền từ 0-255, ß rơi vào khoảng 12. Tổng kết lại, thuật toán phân loại điểm ảnh được thực hiện theo các bước sau:

* Phần từ xác định viền được sử dụng đầu tiên để tìm các viền nổi bật
* Nếu RNZC lớn hơn η (đọc là Eta) (trong phương trình (5)) tại bất kỳ điểm ảnh còn lại nào, thì điểm ảnh đó được coi là thuộc miền kết cấu. CÒn không, nó thuộc miền QC.

η được tính theo cách sau. Trong miền QC, mỗi giá trị của điểm ảnh, theo giả định, đều tuân theo phân phối Gauss N(0, σ). Vì ß xấp xỉ bằng 1,22σ, khả năng mà điểm ảnh khác 0 xấp xỉ 0,125. Với mỗi điểm ảnh khác 0, có thể thêm tối đa 4 giá trị vào RNZC vì điểm ảnh này có thể được đếm theo 4 chiều (ngang, dọc và 2 hướng chéo). Vì vậy, giá trị xấp xỉ đẹp đầu tiên của η là:



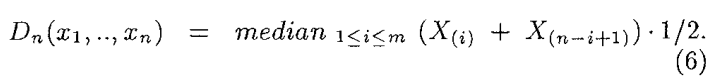
Ở đây, n2 là kích thước của cửa sổ. Đối với của sổ 5x5 được dùng trong thí nghiệm của chúng tôi, η trong khoảng (10-12) là hợp lý.

1. **Tối ưu bộ lộc không gian thích ứng cho việc nâng cao chất lượng**

Trong miền QC, bộ lọc Hodges-Lehman D được sử dụng để làm mượt hình ảnh được tái xây dựng vì bộ lọc này rất hiệu quả trong việc làm mượt các nhiễu có phân phối shorttailed. Các nhiễu trong khối QC thường xuất hiện dưới dạng phân phối shorttailed

* 1. **Bộ lọc**

Cho Xi với 1<=i<= n làm mẫu lấy từ một khoảng với phân phối F(x,0) và tỉ trọng f(x,0) với f(.) đối xứng qua 0, liên tục và dương trên đường cong của F,[x:0<F(x) <=1]. Cho X(1),…., X(n) theo thứ tự liên tiếp của các mẫu. Cho n=2m hoặc n=2m-1. Trong bất cứ trường hợp nào, chúng tôi định nghĩa bộ lọc D là:



**Bộ lọc ngưỡng D:** Đầu tiên, các điểm ảnh với cường độ trong khoảng (c – khoảng) và (c+ khoảng) được chọn. Sau đó, bộ lọc D được áp dụng với các điểm ảnh nằm trong khoảng đó, thường thì c là giá trị cường độ của điểm ảnh nằm ở trung tâm của cửa sổ/

Trong miền DE, tính chất của nhiễu thường là phân phối longtailed. Bộ lọc median có hiệu quả tốt trong việc lọc những nhiễu như vậy. Đồng thời, bộ lọc median có thể giữ lại được các viền. Kết quả thí nghiệm của chúng tôi cho thấy, với các miền bao quanh miền cạnh , bộ lọc median 5x5 hoặc 7x7 là cần thiết cho việc lọc nhiễu. Một bộ lọc khác được chúng tôi cân nhắc là bộ lọc median đa tầng. Coi 1 cửa sổ cỡ nxn với 4 cửa sổ phụ rộng 1 điểm ảnh dọc theo các chiều ngang, dọc và 2 đường chéo. Các cửa sổ đó được đánh thứ tự W1,… W4. Đặt zi bằng với trung bình (của tất cả các điểm ảnh trong Wi) Giá trị lớn nhất và nhỏi nhất của 4 giá trị trung bình trên được đặt là y(max)(n) và y(min)(n). Đặt a(n) là điểm ảnh ở trung tâm. Kết quả của bộ lọc median đa tầng được tính theo công thức:



Tiếp theo, chúng tôi biểu diễn tổ hợp lọc hiệu quả nhất được xác định qua các thí nghiệm.

* 1. **Tổ hợp lọc thích ứng**
     1. Một bộ lọc 5x5 hoặc 7x7 được xử dụng để lọc các diểm viền ở những nơi mà các điểm ảnh trước và sau cũng được coi là điểm viền. Quá trình “làm phẳng” các viền có thể dễ dàng được nhận thấy bằng các phép giãn nở hình thái sử dụng phần tử đường ngang với 3 thành phần. Bộ lọc được lọc tiếp bởi 1 hoặc 2 bộ lọc D cỡ 3x3 qua miền QC. Bộ lọc này nếu qua miền kết cấu không cho thấy sự cải thiện về hình ảnh. Nên lưu ý rằng các thành phần kết cấu có thể hiển thị “quá mượt”
     2. Một lượt lộc 3x3 qua bộ lọc D trong miền QC rồi nối tiếp là 1 lần lọc 5x5 median đa tầng để làm mượt các điểm nhọn do các điểm trước và sau của nó cũng được tính là điểm cạnh. Sau đó bộ lọc D 3x3 được sử dụng 1 lần nữa trên toàn bộ ảnh.

**Với ảnh màu:** các thành phần R, G, B được lọc sử dụng các phương pháp được viết ở trên. Thông tin phân biệt 3 loại điểm ảnh đến từ hệ thống phân loại 3 điểm ảnh từ ảnh Y với Y được định nghĩa là Y = 0,2999.R + 0.587.G + 0.114.B. Bộ lọc trên các ảnh Y, U và V (đối lập với các ảnh R,G,B) cho thấy sự phân bổ của các màu. Sự quan sát tương tự cũng đã được thực hiện ở [3].

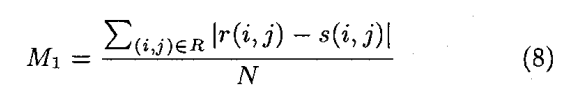
1. **Các kiểm tra và thí nghiệm về so sánh ảnh**

Vì không có tiêu chí đánh giá chung nào được quy định để diễn tả về chất lượng của các hình ảnh, một buổi kiểm tra dựa trên tiêu chí cá nhân đã được tổ chức. Một cặp ảnh được trình chiếu trên màn hình bên cạnh nhau. Hai hình ảnh được tạo ra dựa trên 2 phương án lọc khác nhau (một trong 2 ảnh có thể là ảnh gốc), và chúng được đặt theo thứ tự ngẫu nhiên. Người xem ảnh được hướng dẫn chọn 1 trong 2 ảnh được chiếu, và rồi sau đó họ mới cho những người xem biết ảnh nào được sử dụng phương án lọc nào.

Thuật toán nâng cao được sử dụng trên 1 mảnh đã được mã hoá (0,625bit/điểm ảnh) như trong hình 1(a). Các hình 1(b) và 1(c) là ảnh được sử dụng các phương án lọc (2) và (1) đã được miêu tả từ trước. Hình 1(d) cho ta thấy phân loại 3 loại điểm ảnh trên ảnh 1(a). Với các cách so sánh hình ảnh như đã nói ở trên, nó đã được chứng minh rằng các phương án nâng được đưa ra có cải thiện chất lượng của hình ảnh. Thí nghiệm này cũng được thực hiện trên 1 số ảnh thang xám khác với điều kiện quan sát tương tự. Sự cải thiện về hình ảnh, cụ thể trong việc loại bỏ các hình khối, được thể hiện trong 1 số hình ảnh sẽ được biểu diễn ở dưới.

4.1 **Thang đo M1 đối với ảnh phụ**

Tạo ảnh phụ từ việc trích xuất mã của ảnh hoặc ảnh sau khi được xử lý. Đặt tín hiệu của ảnh mới là s(i,j) trong các miền QC và giá trị trung bình của s(i,j) là r(i,j). Cho biết tập hợp của (i,j) reong miền QC thuộc R. M1 được tính theo công thức sau:



Trong đó N là số điểm trong R. M1 là trung bình độ lệch tuyệt đối trong cường độ của các điểm ảnh khác hoặc ảnh lỗi.Với bộ lọc lý tưởng nhất, thì M1 nên bằng 0, tức là, không có sự khấc biệt. Nên lưu ý một điều rằng nếu thêm một hằng số vào giá trị của các điểm ảnh, thì nó không gây ảnh hưởng đến chất lượng hiển thị của ảnh, miên là hằng số ấy là nhỏ so với dải các giá trị của các điểm ảnh. Với ảnh đã được mã hoá (Hình 1(a)) M1 = 1,44 trong khi ảnh xử dụng 2 phương án lọc (1) và (2) có M1 = 1,32. Các giá trị M1 tương tự cũng được tính ra được từ các ảnh thang xám và ảnh hậu xử lý. Tuy nhiên, cách tính này không có tác dụng đối với miền kết cấu và miền viền.

Với ảnh màu với các màu sáng, các hiệu ứng khối thường không xuất hiện rõ cho đến khi bit rate thấp (1:30 hoặc ít hơn). Các màu sáng thường sẽ che đi các vật thể. Phương án lọc này cũng có hiệu quả đối với các ảnh mã hoá JPEG có màu có bit rate cực thấp, nhưing quá trình lọc diễn ra trên từng khung màu R, G, B .

Khi mã hoá JPEG bắt đầu được sử dụng nhiều, kỹ thuật nâng cao này sẽ sớm trở thành một kỹ thuật cần thiết trong các trường hợp ảnh có bit rate thấp. Bộ số thí nghiệm sơ bộ trên ảnh thang xám bitrate thấp sư dụng bọ lọc tương tự cũng được tiến hành. Một lần nữa, có thể thấy rõ những cải thiện rõ rệt trong việc giảm hiệu ứng khối.

1. **Trích dẫn**

[1] R.A. Gopinath et al. ,”Wavelet based post-processing of low bit rate transform coded images”, Proc. of ICIP, Austin, Texas,pp. 913-917, 1994

[2] T. -S. Liu and N. S. Jayant, ”Adaptive post-processing algorithms for low bit rate video signals”, Proc. Of ICASSP ’94, Adelaide, Australia, pp. V-401 - V-404.

[3] V. Ramamoorthy, ”Removal of staircase effects in coarsely quantized video sequences”, Proc. of ICASSP ’92, San Francsisco, CA, pp. 111-309- 111-312, 1992.

[4] ”Enhancement of Vector Quantized Images by Adaptive Nonlinear Filtering,” patent awarded (#5218649) to US WEST with A. Kundu, V. Ramamoorthy and M. Terry as the authors.

[5] A. Kundu and S.K. Mitra, ”Image Edge Extraction Using A Statistical Classifier Approach,” IEEE Trans. on PAMI, PAMI-9, 4, 569-577, 1987.

[6] P. J. Bickel and J. L. Hodges, ”The Asymptotic Theory of Galton’s Test and a Related Simple Estimate of Location,” Annals of Mathematical Statistics, 38, pp. 73-89, 1967

