

Phương pháp siêu phân giải kết hợp các phép biến đổi giữa miền tần số và miền Wavelet

Super-Resolution Method Combining Transforms between the Frequency Domain and Wavelet Domain

Lê Tiến Thường, Nguyễn Văn Dương

Abstract. Super-resolution allows overcoming the limitations of the imaging system without the need of additional hardware. However, a precise alignment of the input images is an essential part for such algorithms. If the low resolution images are under-sampled and have aliasing artifacts, the performance of standard registration algorithm decreases. Thus, we propose a frequency domain technique to precisely register a set of aliased images, based on their low-frequency, aliasing-free part. And then, a reconstructing method depended on bicubic interpolation, projection iteration and Papoulis Gerch algorithm, are applied to produce a high resolution image. To approach the restoration for very high distorted images, we propose a clever discrete Wavelet transform for input images to obtain the output images in which vertical or horizontal edges are emphasized. The next step is applying super-resolution methods in frequency domain mentioned above for the images. Our algorithm is compared with others' such as Marcel's and Keren's.

Keywords: Super-resolution techniques, Image Enhancement, Discrete Wavelet Transform.

I. GIỚI THIỆU

Số lượng các điểm ảnh trong máy ảnh kỹ thuật số [6] cũng thường thể hiện như là độ phân giải của một ảnh. Nhu cầu có thêm nhiều điểm ảnh nữa, hay độ phân giải cao hơn, kết hợp với công suất tính toán ngày một tăng, đã tạo nên một sự quan tâm lớn trong kỹ thuật siêu phân giải ảnh (SR). Thực tế, một số lượng không nhỏ các bài báo đã được đăng về siêu phân giải ảnh và các chủ đề liên quan khi những công việc đầu tiên của Tsai và Huang vào năm 1984. SR ám chỉ quá trình thu

được một ảnh độ phân giải cao (HR) từ một vài tấm ảnh độ phân giải thấp (LR), như là một sự cải thiện độ phân giải. Sự cải thiện chất lượng dựa trên các điểm ảnh không trùng lẫn giữa các tấm ảnh. SR là một cách tiếp cận cố gắng giải quyết vấn đề cải thiện ảnh với phần mềm hơn là phần cứng.

Hầu hết các thuật toán SR đòi hỏi sự sắp xếp chính xác của nhiều ảnh, hay frames. Trong thực hành, như sự kết hợp thông tin từ nhiều ảnh thì không đơn giản. Có hai vấn đề chính cần được giải quyết trong một thuật toán SR. Trước tiên, tất cả các ảnh đầu vào cần được sắp xếp một cách chính xác lên nhau theo một mắt lưới tham khảo. Tiếp theo, một ảnh HR sẽ được khôi phục dựa trên các thông tin của các ảnh LR bằng phương pháp nội suy, liền sau đó là các bộ lọc triệt nhiễu, mờ. Nếu một trong hai bước trên được thực hiện không tốt thì ảnh kết quả sẽ không tốt và chúng ta không có lợi gì nữa với phương pháp SR này. Trong bài báo này chúng tôi tập chung vào phần sắp xếp chính xác các ảnh và nội suy ra ảnh SR. Chúng tôi cũng đặt vấn đề giải quyết bài toán khó hơn khi có sự chồng lẫn của các ảnh đầu vào. Khi ảnh đầu vào không bị chồng lẫn hoàn toàn thì chúng ta có thể sử dụng thành phần không chồng lẫn để khôi phục ảnh.

Bài báo này phát triển thuật toán SR sử dụng cả hai phép biến đổi Wavelet và Fourier. Sự cải thiện của ảnh sẽ được thể hiện rõ nét trong sự kết hợp của phương pháp SR trong cả hai miền này. Bằng phép biến đổi Wavelet rời rạc ta sẽ tạo ra các ảnh đầu vào có sự nhấn mạnh các cạnh theo phương ngang và

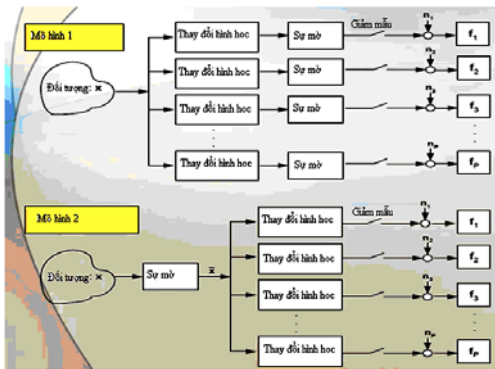
thẳng đứng để bổ sung thêm thành phần tần số cao bị thiếu hụt trong các ảnh LR. Trong phép biến đổi Wavelet chúng ta có sử dụng các mức lặp khác nhau. Ở mức lặp cao hơn sẽ tiết kiệm thông tin phải lưu trữ và số lượng các hệ số tính toán, nhưng bù lại thì thuật toán nội suy đặt ra lại trở nên phức tạp hơn.

II. THÀNH LẬP VẤN ĐỀ

a. Mô hình thành lập ảnh LR

Để có thể khôi phục ảnh HR từ nhiều ảnh LR thì trước hết ta cần quan tâm tới nguyên nhân nào khiến ta chỉ thu nhận được tấm ảnh LR.

Hình 1 chỉ ra các bước khác nhau mà một ảnh LR được tạo nên. Do đó, nhiệm vụ của chúng ta là tìm cách làm ngược lại quá trình trên để thu được ảnh HR.



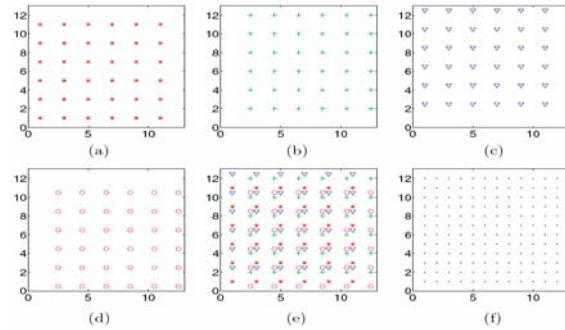
Hình 1. Mô hình thành lập ảnh LR

b. Siêu phân giải ảnh

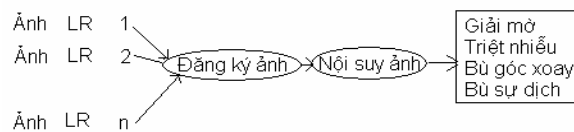
Tăng độ phân giải của một ảnh sử dụng các kỹ thuật SR thông thường đòi hỏi phân biệt nhiều hơn các chi tiết trong ảnh cuối cùng. Bằng cách cộng thêm các ảnh của cùng một cảnh, chúng ta cố gắng cộng thêm thông tin cho sự tái bản. Tiêu biểu, các thông tin này là các nội dung tần số cao của ảnh đó. Có các cách khác nhau để cộng thêm thông tin tần số cao cho một ảnh. Nếu chúng ta biết được rằng ảnh thuộc loại nào, chúng ta có thể sử dụng kiến thức phần đó để tăng hiệu quả. Một cách như vậy ta gọi là một cách tiếp cận mô hình. Ví dụ, nếu chúng ta biết rằng ảnh thể hiện về tập tin chữ, ta có thể dùng phương pháp nhận dạng ký tự, và thay thế chúng bằng các ký tự rõ nét

với chất lượng cao hơn. Như vậy kiến thức về mô hình ảnh cho phép ta tính toán thông tin tần số cao.

Trong bài báo này, chúng tôi chỉ tập chung vào cách tiếp cận trừu tượng của SR. Chúng tôi sử dụng các thông tin khác nhiều hơn là một mô hình ảnh chính xác, và do đó có thể áp dụng cho nhiều loại ảnh nói chung. Cụ thể hơn, chúng tôi sẽ tính toán các thông tin tần số cao từ sự chồng lấn mà được thể hiện trong các tấm ảnh. Một cách trực quan, ta có thể hiểu phương pháp SR như sau: Ta có bốn ảnh là sự xoay và dịch của nhau một số lẻ điểm ảnh theo phương ngang, dọc, đường chéo [3]. Như vậy một phương diện hình học nếu ghép cả bốn tấm này lên nhau theo một mặt lưới tham khảo ta sẽ có một tấm ảnh với độ phân giải tăng gấp đôi. Thực tế thì sự dịch chuyển giữa các tấm ảnh là nhỏ từ sự dịch của tay người chụp hay của đối tượng được chụp, nhưng chắc chắn là sự dịch chuyển này không thể chính xác là một nửa điểm ảnh. Do đó việc chọn một mặt lưới [4] HR rồi dùng nội suy để tạo ra một tấm ảnh độ phân giải gấp đôi là cần thiết. Tiếp đến là các bộ lọc nhiễu, mờ như là một phép làm ngược lại của sự thành lập ảnh LR.



Hình 2 (a) Sự phân bố điểm ảnh của ảnh LR 1; (b) Sự phân bố điểm ảnh của ảnh LR 2; (c) Sự phân bố điểm ảnh của ảnh LR 3; (d) Sự phân bố điểm ảnh của ảnh LR 4; (e) Sự phân bố điểm ảnh của ảnh LR đã được kết hợp từ 4 ảnh LR trên; (f) Lưới HR



Hình 3. Sơ đồ thực hiện phương pháp SR

III. PHƯƠNG PHÁP THỰC HIỆN

1. Miền tần số

Phương pháp miền tần số cho phép ta ước lượng sự dịch theo phương ngang, thẳng đứng và sự xoay một cách riêng rẽ. Giả sử ta có tín hiệu hai chiều $f_0(x)$ và $f_1(x)$ là sự xoay một góc α và dịch một đoạn x_1 .

$$f(x) = f_0(R(x + x_1)) \quad (1)$$

$$\text{Với } x = \begin{pmatrix} x_h \\ x_v \end{pmatrix}, x_1 = \begin{pmatrix} x_{1,h} \\ x_{1,v} \end{pmatrix}, R = \begin{pmatrix} \cos \alpha & -\sin \alpha \\ \sin \alpha & \cos \alpha \end{pmatrix}$$

a. Ước lượng xoay

Biến đổi Fourier f_0 và f_1

$$\begin{aligned} F_1(u) &= \iint_x f_1(x) e^{-j2\pi u^T x} \\ &= \iint_x f_0(R(x + x_1)) e^{-j2\pi u^T x} \\ &= e^{-j2\pi u^T x_1} \iint_{x'} f_1(R(x')) e^{-j2\pi u^T x'} dx' \end{aligned} \quad (2)$$

Với F_1 là biến đổi Fourier của f_1 , và F_0 là biến đổi Fourier của f_0 . Ta đặt $x' = x + x_1$, and $x'' = Rx'$. Như vậy (2) trở thành:

$$\begin{aligned} |F_1(u)| &= |e^{-j2\pi u^T x_1} \iint_{x'} f_1(R(x')) e^{-j2\pi u^T x'} dx'| \\ &= |\iint_{x'} f_0(R(x')) e^{-j2\pi u^T x'} dx'| \\ &= |\iint_{x''} f_0(x'') e^{-j2\pi u^T x''} dx''| \\ &= |F_0(Ru)| \end{aligned} \quad (3)$$

Ta thấy rằng $|F_1(u)|$ là một phiên bản quay của $|F_0(u)|$ [7] với cùng một góc quay như trong miền không gian và không bị ảnh hưởng của sự dịch x_1 . Nhiệm vụ của chúng ta bây giờ là tính góc giữa $|F_1(u)|$ và $|F_0(u)|$. Chúng tôi đề xuất một phương pháp hiệu quả để giải quyết vấn đề này. Ta đi tính

$$H(\theta) = \int_{\theta - \Delta\theta/2}^{\theta + \Delta\theta/2} \int_0^\infty |F(u_r, u_\theta)| du_r du_\theta \quad (4)$$

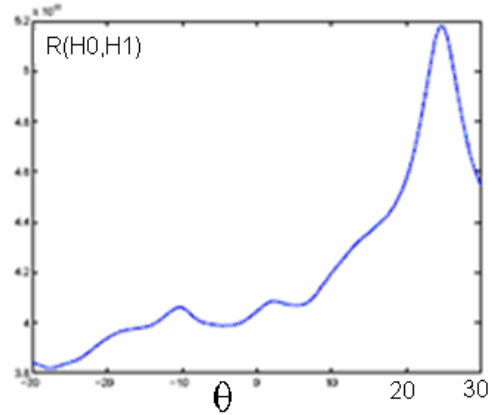
Trong bài báo này góc $\Delta\theta = 0.1^\circ$. Như vậy các biên độ của tín hiệu trong miền tần số được tính cộng dồn lại trong mỗi góc 5° . Sau đó ta đi tìm giá trị lớn nhất của $H(\theta)$ là $|H(\theta^*)|$.

Áp dụng cho cả $|F_1(u)|$ và $|F_0(u)|$ ta lần lượt có $|H_1(\theta)|$ và $|H_0(\theta)|$. Sau đó tìm được giá trị lớn nhất $|H_1(\theta_0 - \alpha)|$ và $|H_0(\theta_0)|$.

Nếu hai giá trị này là duy nhất thì ta dễ dàng thấy rằng sự xoay ảnh chính là sự xoay của hai vector H một góc α . Ta chỉ việc lấy hai góc α làm cho hai vector đạt giá trị lớn nhất thì ra kết quả cần tìm.

Trong trường hợp ta có hơn một góc θ làm cho các vector H đạt giá trị lớn nhất ta sẽ tính tương quan giữa hai vector này $R[\theta'] = E\{H_0[\theta]H_1[\theta - \theta']\}$. Ta có $R[\theta]$ đạt giá trị lớn nhất $R_{\max} = H_0^2$ khi và chỉ khi $\theta' = \alpha$ ($=25^\circ$ trong hình 4).

Thực tế, ngay cả trong trường hợp có duy nhất nghiệm là H đạt giá trị lớn nhất thì ta cũng có thể dùng tương quan như vừa đề cập. Chính vì thế biện pháp áp dụng chung là dùng tính tương quan giữa H_0 và H_1 .



Hình 4. Tính tương quan giữa H_1 và H_0

b. Ước lượng dịch

Giờ ta chỉ xét sự dịch: $f_1(x) = f_0(x + x_1)$. $f_1(x)$ là sự dịch một đoạn x_1 của f_0 . Biến đổi sang miền tần số ta có:

$$\begin{aligned} F_1(u) &= \iint_x f_1(x) e^{-j2\pi u^T x} dx = \iint_x f_0(x + x_1) e^{-j2\pi u^T x} dx \\ &= e^{-j2\pi u^T x_1} \iint_{x'} f_0(x') e^{-j2\pi u^T x'} dx' = e^{-j2\pi u^T x_1} F_0(u) \end{aligned} \quad (5)$$

$$\Rightarrow \frac{F_0(u)}{F_1(u)} = e^{j2\pi u^T x_1} \Rightarrow \frac{d(F_0(u))}{d(F_1(u))} = j2\pi x_1 e^{j2\pi u^T x_1}$$

Dựa vào kết quả trên ta thấy thực chất sự dịch x_1 trong miền không gian được tính bằng độ dốc của sự khác pha giữa F_1 và F_2 trong miền tần số.

c. Áp dụng cho các ảnh bị chồng lấn

Chúng ta áp dụng các phương pháp tính toán trên cho các ảnh bị chồng lấn. Ảnh bị chồng lấn xảy ra khi tần số lấy mẫu nhỏ hơn tần số Nyquist ($N < 2F_{\max}$). Ví dụ ta có một tín hiệu giới hạn dải $f(t)$ với tần số lớn nhất K và chu kỳ $T=1$. Các hệ số Fourier được cho bởi α_k ($-K \leq k \leq K$). Như vậy giả sử ta có tập lấy mẫu thứ nhất $z(n)$ và tập lấy mẫu thứ hai trễ t_1 . Tần số lấy mẫu là N .

$$\text{Ta có: } z(n) = f(n/N) \quad (6)$$

$$z_1(n) = f\left(\frac{n+t_1}{N}\right) \quad (7)$$

Nếu như tần số lấy mẫu lớn hơn tần số Nyquist thì ta có kết quả biến đổi sang miền tần số

$$Z_0(k) = \frac{1}{N} \sum_{n=0}^{N-1} z_0(n) \omega^{-kn} = \alpha_k \quad (8)$$

$$Z_1(k) = \frac{1}{N} \sum_{n=0}^{N-1} z_1(n) \omega^{-kn} = \alpha_k z_1^k \quad (9)$$

Như vậy ta thấy rằng mối quan hệ giữa Z_0 và Z_1 là tuyến tính. Do đó ta dễ dàng tính được sự sai lệch giữa hai tín hiệu này bằng cách lập tỷ số Z_1/Z_0 . Tuy nhiên trong trường hợp tín hiệu bị chồng lấn, hay $N \leq 2K$, thì mối quan hệ đơn giản này không còn nữa. Bây giờ ta có:

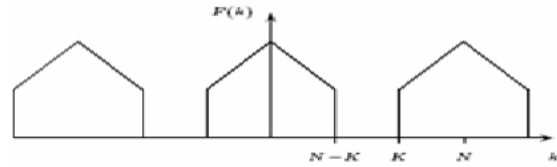
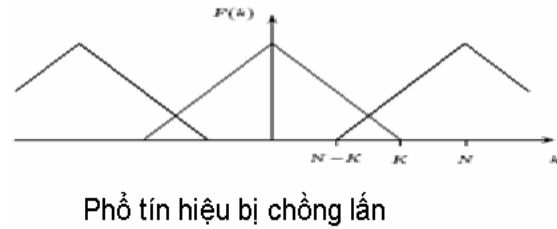
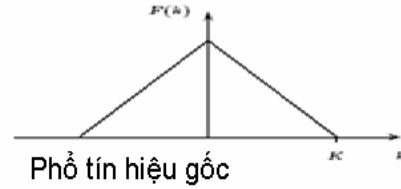
$$Z_0(k) = \frac{1}{N} \sum_{n=0}^{N-1} z_0(n) \omega^{-kn} = \sum_i \alpha_{k+iN} \quad (10)$$

$$Z_1(k) = \frac{1}{N} \sum_{n=0}^{N-1} z_1(n) \omega^{-kn} = \sum_i \alpha_{k+iN} z_1^{k+iN} \quad (11)$$

Ta thấy rằng mối quan hệ giữa Z_0 và Z_1 bây giờ là không tuyến tính. Trong nghiên cứu của chúng tôi, một giả sử được đặt ra rằng các tín hiệu không bị chồng lấn hoàn toàn, hay $N > |K|$.

Thực tế thì với hầu hết các ảnh LR thu được chỉ bị chồng lấn một phần, nên giả sử này dường như không làm có hại bài toán.

Với giả sử như vậy ta xét các tần số thấp k , với $|k| < N-K$, chỉ một toán hạng trong tổng của (10) là khác không, và $Z_1(k)/Z_0(k)$ vẫn là pha tuyến tính, và bài toán trở về như với trường hợp lấy mẫu với tần số lớn hơn hay bằng tần số Nyquist. Thành phần không bị chồng lấn [5] thu được bằng cách đưa tín hiệu đầu vào qua bộ lọc thông thấp với tần số cắt $N-|K|$ trước, được thể hiện trong hình 5.



Hình 5. Áp vào bộ lọc thông thấp cho tín hiệu đầu vào, với tần số cắt $N-|K|$.

d. Các phương pháp khôi phục

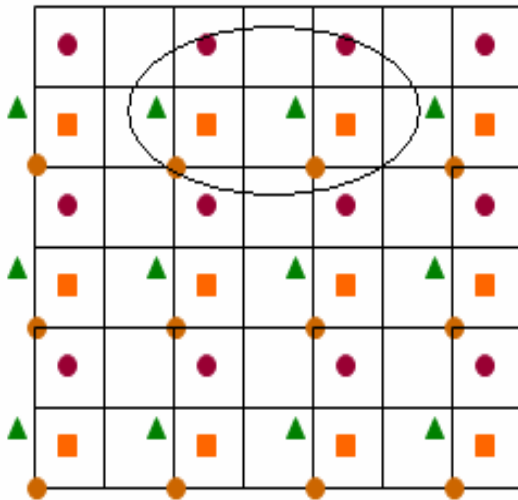
Khôi phục ảnh gồm hai bước chính: Nội suy ảnh và dùng các bộ lọc triệt nhiễu và mờ. Trong bài báo này chúng tôi không tập chung vào phần này, nhưng cũng giới thiệu các thuật toán khôi phục mà đã sử dụng trong phần mềm xử lý ảnh của chúng tôi.

Trước hết là phương pháp nội suy song lập phương [2], phương pháp này nội suy một điểm ảnh trên lưới HR từ tám điểm ảnh lân cận từ các ảnh LR, như được thể hiện trong hình 6. Trong phần mềm xử lý ảnh của chúng tôi thực hiện thì phương pháp này cho kết quả

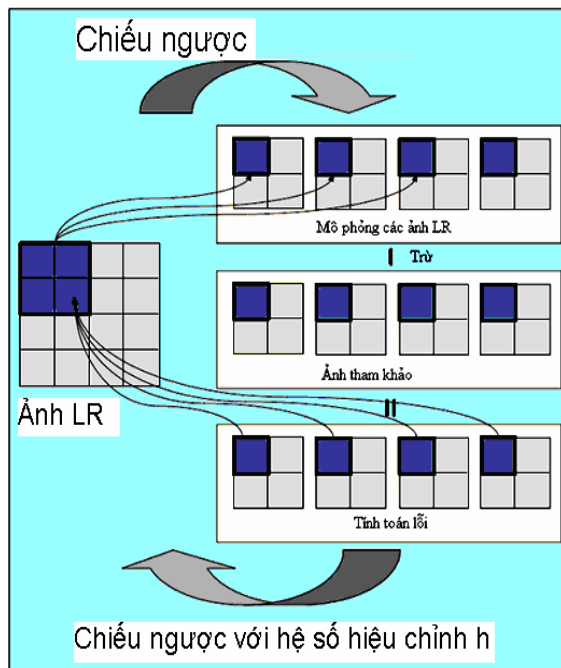
rất tốt. Nhưng nhược điểm là khối lượng tính toán cao.

Phương pháp thứ hai chúng tôi sử dụng là phương pháp chiếu ngược [1] được thể hiện rõ trong hình 7.

Phương pháp này giảm khối lượng tính toán nhưng kết quả lại phụ thuộc rất nhiều vào kinh nghiệm chọn lựa hệ số điều chỉnh.



Hình 6. Nội suy song lập phương



Hình 7. Sơ đồ thực hiện phương pháp chiếu ngược

2. Áp dụng cho ảnh đã được biến đổi Wavelet rời rạc

Biến đổi Wavelet khai triển một tín hiệu, hay một hàm, vào trong miền Wavelet. Cũng như tất cả các biến đổi khác, như biến đổi Fourier hay Gabor, mục đích chính của phép khai triển một tín hiệu là thu được thông tin mà không thể hiện hay không được rút ra từ tín hiệu trong miền gốc (thường là miền không gian và thời gian). Biến đổi Wavelet được sử dụng trong bài báo này, cụ thể là phép biến đổi rời rạc hai chiều, bởi vì thông tin duy nhất mà nó cung cấp về ảnh, và nó giúp làm rõ các thông tin về cạnh.

a. Biến đổi Wavelet rời rạc (DWT):

Biến đổi Wavelet rời rạc sử dụng các bộ lọc thông thấp và thông cao, $h(n)$ và $g(n)$, để khai triển một tín hiệu số. Chúng ta phân ra nhiều các mức của biến đổi Wavelet rời rạc:

$$\text{Mức 1: } f(t) = \sum_k c_{1,k} \phi_{1,k}(t) + \sum_k d_{1,k} \psi_{1,k}(t) \quad (14)$$

$$\text{Mức 2: } c_{1,k} = \sum_k c_{2,k} \phi_{2,k}(t) + \sum_k d_{2,k} \psi_{2,k}(t) \quad (15)$$

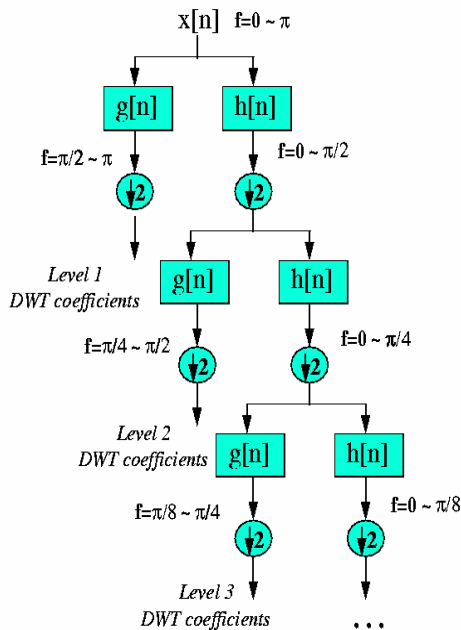
$$\text{Mức m: } c_{m,k} = \sum_k c_{m,k} \phi_{m,k}(t) + \sum_k d_{m,k} \psi_{m,k}(t) \quad (16)$$

Trong đó các hệ số c_k được tạo ra bởi bộ lọc thông thấp, $h(n)$, và được gọi là các hệ số xấp xỉ. Các hệ số d_k được tạo ra bởi bộ lọc thông cao và được gọi là các hệ số chi tiết. Các hệ số xấp xỉ cung cấp thông tin về các tần số cao. Các hệ xấp xỉ và chi tiết được tạo ra từ nhiều mức khác nhau bằng cách lặp quá trình này trên các hệ số xấp xỉ cho mỗi mức, như được mô tả trong hình 8. Như vậy ta thấy rằng với mức càng cao thì lượng thông tin lưu trữ càng ít, số lượng tính toán sẽ giảm đi, nhưng cũng đồng thời với sự mất mát thông tin mà chúng ta phải đánh đổi.

b. Biến đổi Wavelet hai chiều (DWT-2D)

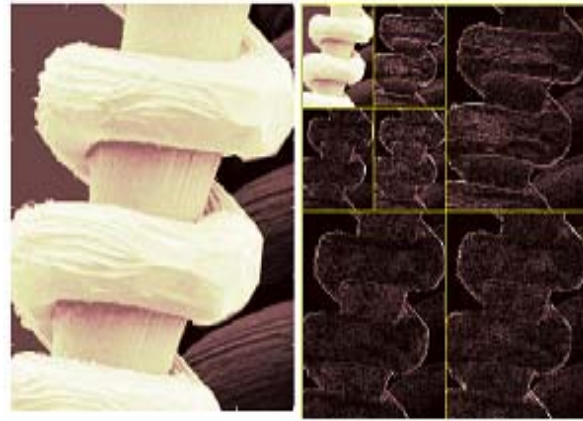
Chúng ta đề cập đến phương pháp biến đổi này vì rằng ta đang giải quyết bài toán cải thiện ảnh, mà ảnh là tín hiệu hai chiều. Trong phần nghiên cứu này chúng tôi sẽ thực hiện phép DWT-2D như là phép

biến đổi Wavelet một chiều lần lượt theo hàng và cột của ảnh số. Như vậy bước đầu tiên ta sẽ thực hiện là biến đổi DWT cho hàng của ảnh, nó sẽ tạo ra hai ảnh mới, trong đó một ảnh là một tập các hệ số hàng xấp xỉ, và tập các hệ số hàng chi tiết. Các bộ lọc phân tích tiếp theo được áp dụng cho các cột của mỗi ảnh mới để tạo ra bốn ảnh được gọi là các dải con. Các hàng và cột được phân tích với một bộ lọc thông cao ký hiệu H, và bộ lọc thông thấp ký hiệu L.



Hình 8. Sơ đồ DWT [8]

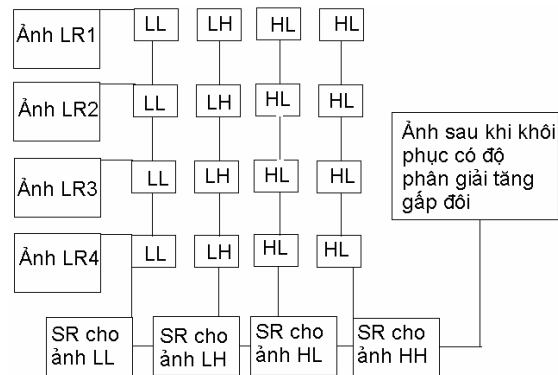
Ví dụ nếu một ảnh dải con được tạo ra sử dụng một bộ lọc thông cao cho các hàng và lọc thông thấp cho các cột, nó được gọi là dải con HL. Mỗi dải con sẽ cung cấp các thông tin khác nhau về ảnh. Các dải con LL là sự sấp xỉ thô của ảnh và loại bỏ các thông tin tần số cao. Dải con LH sẽ loại bỏ thông tin tần số cao theo hàng và nhấn mạnh thông tin tần số cao dọc theo cột. Kết quả là một ảnh mà các cạnh theo phương thẳng đứng được nhấn mạnh. Tương tự thì dải con HL nhấn mạnh các cạnh theo phương ngang, và dải con HH nhấn mạnh các cạnh theo phương đường chéo (được thể hiện rõ trong hình 9).



Hình 9. Biến đổi Wavelet rời rạc hai chiều cho ảnh SEM, với một lần lặp (mức 2)

c. Sơ đồ thực hiện

Trong sơ đồ này ta ví dụ lấy 4 ảnh LR đầu vào. Ta thực hiện biến đổi Wavelet rời rạc hai chiều, mức 2, lần lượt cho từng tấm, và thu được bốn dải con cho mỗi tấm ảnh. Áp dụng thuật toán SR cho từng loại dải con của 4 tấm ảnh đầu vào, ta thu được bốn ảnh kết quả. Áp dụng SR một lần nữa cho các ảnh mới thu được này ta có được ảnh cuối cùng sau khôi phục có độ phân giải tăng gấp đôi.

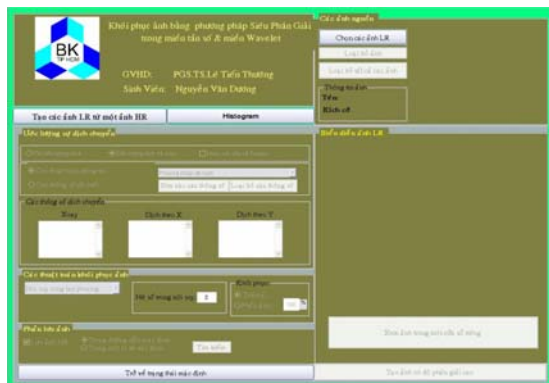


Hình 10. Sơ đồ thực hiện phương pháp SR cho các ảnh sau khi biến đổi Wavelet

IV. KẾT QUẢ VÀ ĐÁNH GIÁ

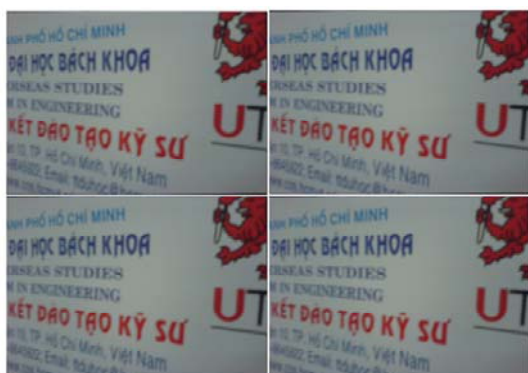
Trước hết, chúng tôi giới thiệu phần mềm xử lý được viết trên Matlab “Siêu phân giải ảnh trong miền tần số và miền Wavelet”, như trong hình 11. Một số

phần mềm tính toán nhỏ được viết thêm trong phần mềm này như Histogram, Generation, nhằm mục đích so sánh đánh giá giải thuật, cũng như là đánh giá chất lượng ảnh sau khi khôi phục.

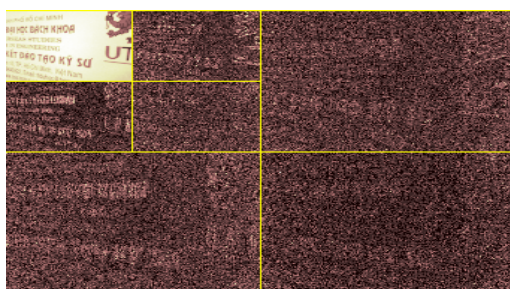


Hình 11. Giao diện phần mềm SR

Trong phần này chúng tôi sử dụng một máy camera W900_1.0Mp để thu vài tấm ảnh LR như là đầu vào của phần mềm xử lý ảnh. Đầu tiên, ta chụp bốn tấm ảnh như trong hình 12.



Hình 12. Bốn ảnh LR



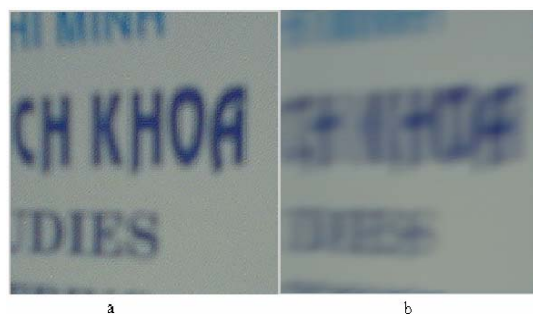
Hình 13. Biến đổi Wavelet rời rạc 2 chiều, mức 2

Rotations	Shifts x	Shifts y
0	0	0
-0.1	-0.823423	-0.931089
0.3	-0.247774	-0.413876
-0.1	-0.279478	-0.603098

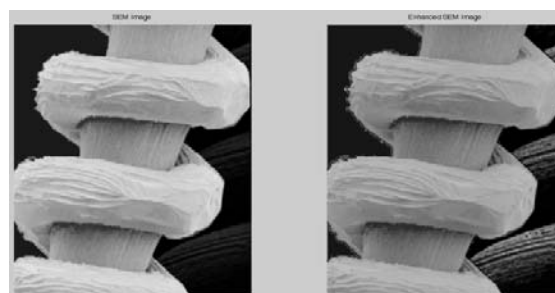
Hình 14. Đánh giá sự dịch chuyển



Hình 15. Ảnh HR sau khi khôi phục



Hình 16. So sánh giữa hai ảnh được khôi phục bởi thuật toán của Marcel và thuật toán đề [9]



Hình 17. So sánh giữa phương pháp SR đề xuất khi không áp dụng (trái) và áp dụng (phải) DWT-2D cho các ảnh LR đầu vào

Khi áp dụng DWT-2D ta thấy được nhiều thông tin hơn nhất là đối với các ảnh có nhiều cạnh, thể hiện trong hình 17.

Về mặt định lượng, chúng tôi đưa ra phương pháp thống kê được thể hiện trong Bảng 1. Bảng 1 cho phép đánh giá tính hiệu quả của thuật toán đề xuất và thuật toán nổi tiếng cũng trong miền tần số của Marcel và một trong những thuật toán tốt nhất hiện nay của Keren trong miền không gian. Kết quả cho thấy là tốt hơn đặc biệt là đối với phép xoay, trong đó 50x4 ảnh được thực hiện và so sánh.

Các thông số	Phương pháp đề xuất		Marcel		Keren	
	μ	σ	μ	σ	μ	σ
Dịch	0.020	0.041	0.555	0.800	0.022	0.026
Xoay	0.023	0.016	0.375	0.081	0.024	0.039

Bảng 1. So sánh giữa các phương pháp SR (50 mẫu) [5]

Những yếu tố ảnh hưởng xấu tới giải thuật:

- Yếu tố tịnh tiến của các bước ảnh LR: Như đã phân tích trong phần II Thành Lập Vấn Đề, sự tăng độ phân giải dựa trên các pixel không chồng lấn nhau của các ảnh LR. Chính vì thế, nếu như trong trường hợp các ảnh LR chỉ là phép dịch của nhau một số nguyên lần điểm ảnh (pixel) thì thuật toán của chúng ta không còn ý nghĩa. Nhưng thực tế thì trường hợp này ít xảy ra vì chúng ta luôn có sự dịch chuyển xảy ra cho cả camera và đối tượng được chụp.
- Sự dịch quá xa giữa các ảnh LR: Thường thì các LR mong muốn chỉ là các phiên bản dịch và xoay rất ít của nhau. Trong trường hợp sự dịch là quá lớn có thể sẽ xuất hiện thêm nhiều thông tin rất khác nhau giữa các ảnh LR (xuất hiện thêm nhiều cạnh). Điều này có thể ảnh hưởng tới giá trị θ_* làm cho $H(\theta)$ max ($=|H(\theta_*)|$), nên dẫn tới sự ước lượng phép xoay bị sai.

V. KẾT LUẬN

Các phương pháp siêu phân giải đang trở nên thực sự hữu ích trong cải thiện ảnh. Trong bài báo này, siêu phân giải ảnh với thuật toán đề ra cho kết quả rất tốt. Phương pháp đề xuất cho kết quả rất tốt khi thực hiện

biến đổi Wavelet rời rạc hai chiều cho các ảnh đầu vào. Tuy nhiên việc này làm gia tăng khối lượng tính toán, chính vì thế mà sử dụng mức càng cao của phép biến đổi Wavelet rời rạc sẽ giúp giảm bớt khối lượng tính toán, tức mất mát thông tin. Đó cũng là điều mà chúng ta luôn phải đánh đổi giữa khối lượng tính toán và chất lượng của kết quả thu được.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] Papoulis, "A new algorithm in spectral analysis and band-limited extrapolation", IEEE Transactions on Circuits Syst, 1975
- [2] Gerchberg R. W, "Super-resolution through error energy reduction", Optica Acta 21-9, 1974
- [3] S. Farsiu, D. Robinson, M. Elad, P. Milanfar, "Fast and robust Super-resolution", IEEE Transactions on Signal Processing, March, 2003
- [4] Sina Farsiu, Dirk Robinson, Michael Elad, Peyman Milanfar, "Advances and Challenges in Super-resolution", IEEE Transactions on image processing, March, 2004
- [5] Patrick Vandewalle, "Super-resolution from un-registered aliased images", PhD.thesis, Polytechnique, France, 2006
- [6] R. K. Luneberg, "The Mathematical Theory of Optics" Cambridge U. Press, Cambridge, UK, 1966
- [7] L. Lucchese and G. Cortelazzo, "A noise-robust frequency domain technique for estimating planar rotations", IEEE Transactions on Signal Processing, vol. 48, pp. 1769–1786, June 2000.
- [8] S. N. Nguyen and P. Milanfar, "A Wavelet-Based Interpolation-Restoration Method for Super-resolution", IEEE Transactions on Signal Processing vol. 19, no. 4, pp. 321–338, 2000
- [9] B. Marcel, M. Briot, and R. Murrieta, "Calcul de translation et rotation par la transformation de Fourier", Traitement du Signal, vol. 14, no. 2 pp. 135–149, 1997.

Ngày nhận bài : 5/08/2008

SƠ LƯỢC VỀ TÁC GIẢ

LÊ TIỀN THUỜNG



Sinh năm 1957 tại TP.HCM.

Tốt nghiệp đại học năm 1981, nhận bằng tiến sĩ năm 1998 tại đại học Tasmania, Australia ngành Điện tử-Viễn thông, được phong chức danh

Phó Giáo sư năm 2003.

Hiện công tác tại Khoa Điện - Điện tử, ĐH Bách Khoa TP.HCM

Lĩnh vực nghiên cứu: Xử lý tín hiệu, Thông tin số, xử lý tín hiệu radar, wavelet và ứng dụng, neural fuzzy systems.

Email: thuongle@hcmut.edu.vn

NGUYỄN VĂN DƯƠNG

Sinh năm 1984 tại Thanh Hóa.

Tốt nghiệp đại học Bách Khoa TP.HCM năm 2008.

Hiện đang công tác tại Trung Tâm Du Học thuộc đại học Bách Khoa TP.HCM.

Lĩnh vực nghiên cứu: Xử lý tín hiệu, Thông tin số, wavelet và ứng dụng, hệ thống mạng viễn thông không dây.

Email: duong538@yahoo.com