

ملخص :

في الوقت الحاضر، يتزايد الطلب على صور الأقمار الصناعية ذات الدقة العالية بحيث أصبح ممكنا إنجاز تطبيقات مختلفة. إلا أنه يصعب في بعض الأحيان الحصول على هذه الصور بالاقتران على استعمال آلات تصوير ذات دقة عالية على أساس CCD و قد يعود هذا للتكلفة الباهظة لهذه الآلات أو إلى تحديات بنوية في عملية تصميمها. في هذه الحالة، يمكن استعمال التقنيات الجد عالية الدقة للحصول على صورة ذات دقة عالية انطلاقا من سلسلة متتابعة من الصور المنخفضة الدقة، متفاوتة في الزمن و مأخوذة على نفس الصورة. تعرض هذه المنشورة مقارنة أخرى للدقة الجد عالية لصور الأقمار الصناعية معتمدة على وظائف Walsh. هذه المقاربة الجديدة، التي سبق عرضها بالنسبة ل-I-D في ملتقيات دولية أخرى، تعرض فوائد عديدة أي الصلابة ومدة الحساب القصيرة بعض التجارب الاختبارية تم عرضها في هذه المنشورة لتوضيح إنجازات هذه الطريقة الجديدة.

Résumé :

De nos jours, les images satellitaires à haute résolution sont de plus en plus demandées permettant ainsi des applications diverses. Cependant, il est parfois difficile d'obtenir ces images en utilisant seulement des caméras à haute résolution à base de CCD et ceci peut être dû au coût élevé de ces caméras ou bien à des limitations physiques dans leur conception. Dans ce cas, les techniques de Super-Résolution peuvent être utilisées pour obtenir une image haute résolution à partir d'une séquence d'images, à basse résolution, décalées dans le temps et prises sur la même scène. Cette publication présente une nouvelle approche pour la Super-Résolution d'images satellitaires basée sur les fonctions Walsh. Cette nouvelle approche, déjà présentée pour le cas 1-D dans d'autres rencontres internationales, présente plusieurs avantages à savoir robustesse et temps de calcul moindre. Quelques expériences expérimentales sont présentées dans cette publication pour illustrer les performances de cette nouvelle méthode.

Abstract :

Nowadays, the satellite images at high resolution are more and more requested thus permitting various applications. However, it is sometimes difficult to get these images while using only some cameras at high resolution to the basis of CCD and this can be due to the high cost of these cameras or to the physical limitations in their conception. In this case, the techniques of Super-Resolution can be used to get a high-resolution image from a sequence of images, to low resolution, baffled in the time and taken from the same scene. This publication presents a new approach for the Super-Resolution of satellite images based on the Walsh functions. This new approach, already presented for the 1-D case in other international meetings, presents several advantages as hardness and least calculation time. Some experimental experiences are presented in this publication to illustrate the performances of this new method.

I. Historique

Tsai et Huang [1] étaient les premiers à proposer une méthode pour la Super-Resolution d'images à partir d'une séquence d'images à basse résolution non bruitées. Les images utilisées étaient celles de Landsat qui capturerait des images de la même scène chaque 18 jours.

Cet algorithme fréquentiel, visait à estimer l'image haute résolution dans le domaine fréquentiel et basé sur les propriétés de la transformée de Fourier. Ur et Gross [2] assumaient que le modèle de la prise de vue est connu ainsi que le décalage entre les images. Après interpolation des images à basse résolution dans une grille supérieure, ces dernières sont contrastées avec un filtre de restauration. Peleg et co-auteurs [3] estimaient une image initiale et simulaient les images basse résolution. L'erreur entre les images simulées et les images réelles, qu'on minimise par itération, nous permet d'obtenir une meilleure estimation de l'image haute résolution. D'autres approches détaillées ont été proposées dans ce sens dans la littérature pour résoudre ce problème et qui peuvent être trouvées dans [4-10].

II. Introduction

Le problème concerné dans ce travail est la reconstruction d'une image haute résolution à partir d'une séquence d'images basse résolution décalées relativement entre elles. Dans un premier temps, nous assumons que les images ne sont pas bruitées. La Figure 1 schématise ce problème.

Les techniques de Super-Resolution peuvent être définies par une famille de méthodes pour la création d'image haute résolution à partir d'une séquence d'images décalées dans le temps sur une même scène. Ces images sont généralement prises à partir de points différents. Cet aspect d'amélioration de la résolution d'images, constitue sans doute un domaine attracteur vu les différentes applications qui peuvent se découler par la suite.

L'imagerie médicale, la surveillance et la reconnaissance des objets sont quelques exemples d'application de la Super-Resolution.

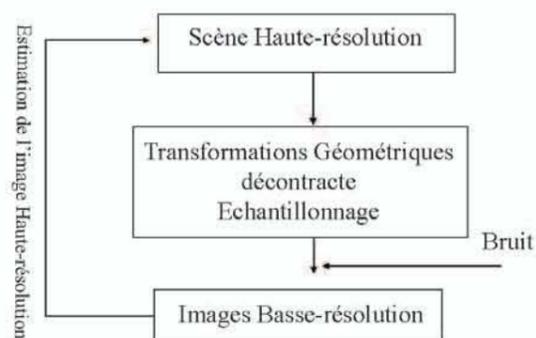


Fig. 1 : Le processus de Super-Resolution

La Super-Resolution est rendue possible grâce à l'information présente dans la séquence d'images basse résolution. Les détails perdus lors d'acquisition de l'image et l'effet du bruit, peuvent être retrouvés grâce à cette approche. La figure 2 montre le principe de la Super-Resolution pour le cas 1D.

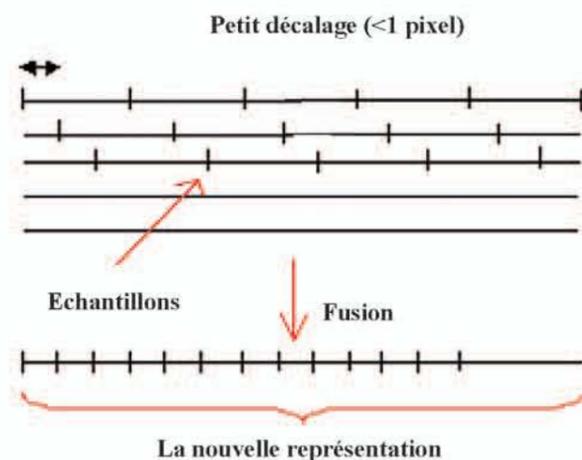


Fig. 2 . Principe de la Super-Resolution

Dans cette publication, un rappel du modèle mathématique déjà présenté dans ce sens [11,12], est présenté pour le cas 1D et qui sera généralisé pour les images 2D. Une expérience est présentée en utilisant des images satellitaires réelles. La dernière section présente la conclusion et les axes de recherche qui en découlent de ce travail.

III. Description du modèle

Le problème discuté ici concerne la reconstruction d'une image à résolution améliorée à partir d'une séquence d'images décalées à l'ordre de sub-pixel. Cette nouvelle approche est basée sur la représentation d'un signal par la superposition de membres d'un ensemble de fonctions faciles à générer, dans notre cas, les fonctions orthogonales Walsh. Un des avantages de cette représentation est la facilité d'identifier n'importe quel composant et la facilité de générer ces fonctions. Les fonctions Walsh forment un ensemble ordonné d'ondulations prenant les amplitudes +1 et -1. Une définition détaillée de ces fonctions peut être trouvée dans [13]. La figure 3 présente un exemple des 16 premières fonctions de Walsh.

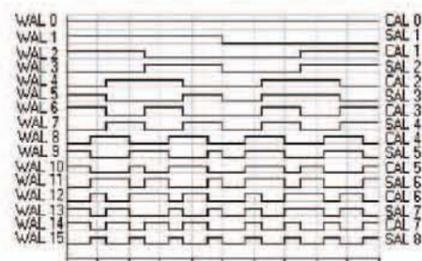


Fig 3 . 16 premières fonctions de Walsh

La scène originale $f(x)$ représente l'image à grande résolution et nous définissons par $P_M(f)$ la projection de l'image sur 2^M pixels en utilisant les séquences W_0 . Dans ce cas l'intensité d'un pixel n dans une image de résolution M est donnée par :

$$f^{(M,n)} = 2^M \int_{2^{-M}n}^{2^{-M}(n+1)} f(x) dx \quad (1)$$

Ceci peut être simplifié par :

$$f^{(M,n)} = 2^{M/2} \langle f, W_0^{(M,n)} \rangle \quad (2)$$

avec:

$$\langle f, W_0^{(M,n)} \rangle = \int_{2^{-M}n}^{2^{-M}(n+1)} f(x) W_0^{(M,n)} dx \quad (3)$$

Donc, la projection de f avec 2^M pixels peut être définie par:

$$P_M(f) = 2^{-M/2} \sum_{n=0}^{2^M-1} f^{(M,n)} W_0^{(M,n)}(x) \quad (4)$$

Dans [11,12], il a été prouvé mathématiquement que la différence entre les deux projections est donnée par:

$$P_M(f) - P_{M-1}(f) = \sum_{n=0}^{2^M-1} \langle f, W_1^{(M-1,n)} \rangle W_1^{(M-1,n)}(x) \quad (5)$$

De l'autre côté, on a proposé dans la même référence une idée pour estimer les coefficients inconnus $\langle f, W_1 \rangle$. Si on désigne par $f^{(M,n)}$, $f^{(M,n)}$ et $f^{(M,n)}$ les intensités respectivement du pixel n , $n+1$ de l'image de référence et le pixel n de l'image décalée, on a :

$$f_{\Delta}^{(M,n)} = 2^M C_0 f^{(M,n+s)} + 2^M C_1 \langle f, W_1^{(M,n+s)} \rangle + 2^M D_0 f^{(M,n+s+1)} \dots + 2^M D_1 \langle f, W_1^{(M,n+s+1)} \rangle$$

avec,

$$C_k = \int_{2^{-M}(n)}^{2^{-M}(n+1)} h_{\rho}^{(M,n)}(x) W_k^{(M,n)} dx \quad (6)$$

et,

$$D_k = \int_{2^{-M}(n)}^{2^{-M}(n+1)} h_{\rho}^{-(M,n)}(x) W_k^{(M,n)} dx \quad (7)$$

La reconstruction peut donc être faite ligne par ligne à partir de deux images décalées selon un seul axe en débutant la reconstruction du dernier pixel en procédant par récurrence. On note ici, que pour le cas du dernier pixel d'une ligne, nous assumons que l'image est constante et de ce fait la valeur de $\langle f, W_i^{(M, I+1)} \rangle$ est nulle d'après la définition de W_i .

IV. Cas deux-dimensions

Le modèle 1D proposé dans cette approche peut être généralisé directement pour le cas d'images à deux dimensions. Dans ce cas, on définit l'intensité d'un pixel (i,j) dans une image de résolution 2^{2M} par :

$$f^{(M,i,j)} = 2^{2M} \int_{2^{-M}(i)}^{2^{-M}(i+1)} \int_{2^{-M}(j)}^{2^{-M}(j+1)} f(x,y) dx dy \quad (8)$$

Afin de simplifier l'implémentation de cette approche et en analysant le modèle déjà proposé pour le cas 1D, on peut assumer que le 2D peut être considéré comme étant une combinaison de deux modèles 1D. Figure 4 présente schématiquement ce principe. Dans ce cas, la reconstruction d'une image de meilleure résolution à partir d'une séquence d'images décalées se fera suivant les deux axes x et y et s'effectue en deux étapes suivant chaque axe.

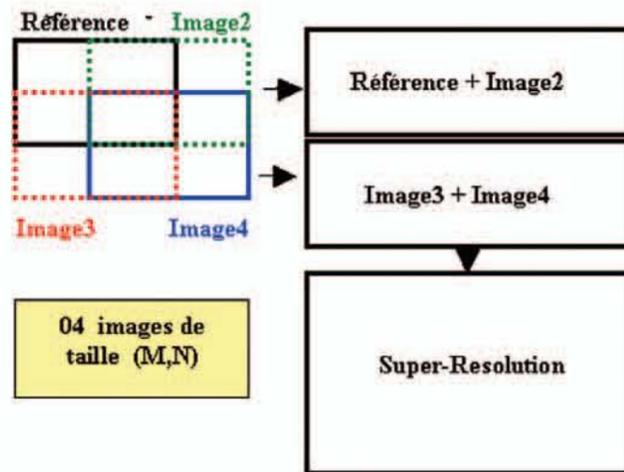


Fig 4 . Le processus de Super-Resolution pour le 2D

V. Expérimentation

Dans ce qui suit, une image, couvrant Istanbul, acquise par IKONOS de taille 383×423 a été utilisée pour dériver 04 images à résolution moindre (la moitié) décalées d'un demi pixel dans toutes les directions. Le facteur de sous-échantillonnage utilisé est de deux. Le vecteur de décalage utilisé est donc $[(0,0), (0,5,0), (0,0,5), (0,5,0,5)]$ pour les images de basse résolution. Le résultat d'interpolation d'une des images à moindre résolution en utilisant l'interpolation bi-cubic est montrée dans la figure 5. Le résultat obtenu par la Super-Résolution est montré dans la figure 6. En comparant visuellement ces deux résultats, on peut voir que l'apport de la Super-Résolution est très clair grâce aux détails qu'on peut retrouver grâce à cette technique et qu'on a probablement perdu lors de l'acquisition de ces images.

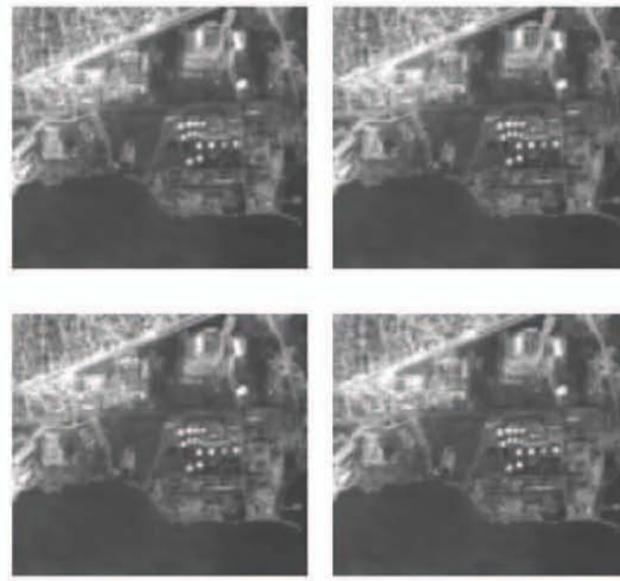


Fig 5 . Séquence d'images utilisée



Fig 6 . haut (résultat Bi-cubic, bas) résultat Super-Resolution

VI. Conclusion

Dans ce travail, une généralisation de l'approche de Super-Resolution en utilisant les fonctions Walsh, au cas deux dimensions a été proposée. Cette méthode présente l'avantage de simplicité ce qui la rend facile à implémenter. Les travaux actuels concernent essentiellement la prise en compte de l'effet du bruit sur cette méthode ainsi que sur les moyens de le réduire lors de l'acquisition de séquences décalées directement à partir d'un satellite.

VII. Références bibliographiques

- [1] **R.Y. Tsai and T.S., 1984:** Huang, Multiframe image restoration and registration, in advances in Computer Vision and Image Processing, R.Y. Tsai and T.S. Huang, eds, vol.1, pp 317-339. JAI Press Inc.
- [2] **H. Ur and D. Gross, Mar. 1992:** Improved resolution from subpixel shifted pictures. CVGIP: Graphical models and Image Processing, 54:181-186.
- [3] **M. Irani and S. Peleg, Dec 1993:** Motion analysis for image enhancement: Resolution, occlusion and transparency. Journal of Visual Communications and Image Representation. 4:324-335.
- [4] **P.Cheeseman, B.Kanefsky, R.Kruft, J.Stutz, and R.Hanson, Dec, 1994:** Super resolved Surface Reconstruction From Multiple Images, NASA Technical Report FIA-94-12.
- [5] **P.E. Eren, M.I. Sezan, and A.Tekalp, 1997:** Robust Object-Based High-Resolution Image Reconstruction from Low-Resolution Video. IEEE Trans. IP, 6(10): 1446-1451.
- [6] **S. Borman, R. Stevenson, July 1998:** Spatial Resolution Enhancement of Low-Resolution Image Sequences: A comprehensive Review with Directions for Future Research. (<http://citeseer.nj.nec.com/393340.html>).
- [7] **L. G. Brown, December 1992:** A survey of image registration techniques. Department of Computer Science, Columbia University. ACM Computing Surveys, vol 24, N°04, pp325-376.
- [8] **Brian C. Tom and Aggelos K. Katsaggelos:** Reconstruction of a high-resolution image by simultaneous registration, restoration, and interpolation of low-resolution images. Northwestern University. Department of Electrical Engineering and Computer Science. (<http://citeseer.nj.nec.com/tom94reconstruction/>).
- [9] **S. P. Kim, N. K. Bose and H. M. Valenzuela, 1990:** Recursive reconstruction of high resolution image from noisy undersampled multiframe. IEEE Transactions on Acoustics, Speech and Signal Processing, vol 38(6), pp 1013-1027.
- [10] **K. G. Beauchamp, 1975:** Walsh functions and their applications. Academic Press Edition.
- [11] **Naceur OMRANE, Phil PALMER, September 2003:** Super-Resolution using the Walsh functions: A new algorithm for image reconstruction. IEEE International Conference on Image Processing, Barcelona, Spain.
- [12] **Naceur OMRANE, Phil PALMER, September 2003:** Super-Resolution for translated satellite images using the Walsh functions. SPIE Remote Sensing 2003, Image and Signal Processing for Remote Sensing IX, vol. 5238, Barcelona.
- [13] **M. Petrou, P. Bosdogianni, 1999:** Image Processing : The fundamentals. Wiley Edition, pp47-59.