

Road extraction using radar ERS SAR Images of Algiers (Algeria)

Mohamed BAADECHE and Youcef SMARA, Algeria

Key words: SAR radar, line detection, fusion, remote sensing

SUMMARY

Road extraction can be used for several applications, such as registration with other sensor images, cartographic applications, and automatic navigation. The launch of numerous radar sensors with high resolution has aroused a great interest in radar imagery with lateral vision. Of course, its ability to provide information on the ground in all weather conditions, but others benefits are also very popular: its sensitivity to both nature and structure of the observed area, in relation to the wavelength used and polarization selected. Road network detection is reduced to look for linear structures on the image. The goal of this research is to define a semi-automatic method for the extraction of road network in radar images. In this paper, we propose a low level detection to extract linear features which become candidates for road segments and two line detectors are proposed. One of this detector is based on an edge detector widely used in coherent imagery, and the second one is based on a specific adapted filtering and uses the normalized centered correlation between two populations of pixels. They extract linear features which become candidates for road segments. These detectors are developed taking into account the speckle phenomenon, and an extensive study of their behavior as well as the behavior of the fusion of their responses is made (theoretical detection and false alarm probabilities are evaluated and computed on real images). The line detection is eventually made by the fusion of both detector responses.

The implementation of these detectors on real images, ERS-1 images on the Algiers region, allows us to deduce, according to the good detection and false alarm rate, that the presence of the coefficient of variation in the detector D2 allows a more accurate response than that of D1, the detector D1 provides answers less accurate, but is less sensitive to the assumption of homogeneous regions. The fusion of both detector responses provides a compromise between the two detectors. The following step of this work is to define a specific process to extract roads in the images.

Détection de routes dans des Images radar SAR

Mohamed BAADECHE & Youcef SMARA, Algérie

Mots clé: radar SAR, détection de lignes, fusion, télédétection

RESUME

L'avènement de plusieurs radar SAR satellitaires à haute résolution (ERS-1 et 2, JERS-1, RADARSAT) a suscité un vif intérêt dans l'imagerie du radar à vision latérale. En effet, ces systèmes assurent une couverture continue du globe terrestre à tout moment de la journée et quelques soient les conditions météorologiques, mais d'autres avantages sont aussi très appréciés : sa sensibilité à la fois à la nature et à la structure de la zone observée, en relation avec la longueur d'ondes utilisée et la polarisation choisie. Il est naturel alors d'essayer de reproduire, sur des images radar, les travaux de détection accomplis sur les images des satellites d'observation dans le domaine du visible. Parmi ceux-ci, la détection du réseau linéique tient une place particulière par la variété de ses applications (navigation automatique, mise à jour de cartes, recalage d'images multi-sources, etc.)

Un algorithme d'extraction des routes est généralement composé d'une succession de trois phases : détection, extraction et validation. Nous nous sommes intéressés dans un premier temps à la phase de détection. L'objectif principal de notre travail est de proposer une méthode de détection du réseau linéique sur des images du radar SAR à haute résolution spatiale (résolution décimétrique) qui prend en compte les statistiques d'un bruit multiplicatif (speckle). Les réseaux linéiques comprennent principalement les réseaux routiers, les réseaux hydrographiques et les voies ferrées.

Pour ce faire, nous avons effectué, dans un premier temps, une recherche bibliographique sur les méthodes de détection des structures linéaires sur des images satellitaires et plus particulièrement celles adaptées aux images radar SAR.

Par la suite, nous avons proposé l'étude et la mise en œuvre d'une méthode adaptée aux images radar SAR qui consiste à combiner les réponses des deux détecteurs de lignes D1 et D2. Le détecteur (D1) est basé sur le rapport des radiométries moyennes des zones de l'image, l'autre détecteur (D2) est basé sur le coefficient de corrélation centré et normalisé entre un modèle idéal et la zone de l'image dont il a été déduit. Ensuite, l'application de la transformée de Hough locale afin de réduire les fausses alarmes dues aux autres surfaces qui ont des comportements spéculaires dans la scène.

Nous avons appliqué cette méthode sur deux images radar SAR réelles, la première sur une zone urbaine de la ville d'Alger acquise par le capteur ERS-1, et la deuxième sur une zone non-urbaine d'une ville de Costa Rica (la Selva) acquise par le capteur aéroporté AIRSAR.

Détection de routes dans des Images radar SAR

Mohamed BAADECHE & Youcef SMARA, Algérie

INTRODUCTION

L'utilisation de données SAR pour l'extraction du réseau routier peut s'avérer indispensable dans certaines régions où les conditions climatiques ou d'ensoleillement ne sont pas toujours favorables à l'exploitation de données optiques. On peut citer pour exemple les régions humides équatoriales ou d'Asie où le taux d'humidité élevé ne facilite pas l'acquisition de données optiques.

Plusieurs travaux existent dans la littérature pour l'extraction du réseau routier sur des images optiques et radar. Différentes méthodes et outils se présentent. Nous pouvons citer, entre autres, la morphologie mathématique, la transformée de Hough, la transformée en ondelettes, les contours actifs, etc. Ces techniques utilisées dans le domaine du visible, [Aira, 1994], [Jedy, 1995], [pete, 2003], sont en effet, dans leur grande majorité, fondées sur des différences de moyennes entre zones. Or le défaut principal de ces opérateurs sur les images SAR est d'avoir un comportement différent suivant la radiométrie moyenne de la zone (taux de fausse alarme non constant).

De façon générale, la littérature fait ressortir trois phases principales que doit suivre la plupart des algorithmes d'extraction des routes à partir des images radar: une *phase détection* où l'objectif est de localiser des zones dans l'image, susceptibles d'appartenir à des routes, une *phase d'extraction* qui consiste à extraire un tracé continu du réseau routier, cette phase peut être automatique ou semi automatique et une *phase de validation* où le résultat d'extraction fait intervenir une référence extérieure [Ambe, 2005], [Ge, 2009].

Dans cette communication, nous nous sommes intéressés à la *phase détection* et nous proposons une méthode de détection des structures linéaires adaptée aux images radar à haute résolution spatiale (résolution décimétrique) soumises à un bruit multiplicatif (speckle).

A la résolution décimétrique, la route est considérée comme une structure linéaire d'une épaisseur allant jusqu'à 3 pixels. Cette méthode consiste à fusionner les réponses des deux détecteurs de lignes D1 et D2. Chaque détecteur de lignes est basé sur son détecteur de contours : D1 est construit en couplant deux détecteurs de contours [Touz, 1988] de part et d'autre de la structure linéaire et D2 est fondé sur un détecteur de contours basé sur le coefficient de corrélation centré et normalisé entre un modèle idéal et la zone de l'image dont il a été déduit. Le résultat est obtenu par l'application de la transformée de Hough afin de réduire l'effet des autres surfaces dans la scène ayant un comportement spéculaire. La méthode est testée sur des images originales d'ERS-1 et d'AIRSAR, ainsi que sur les mêmes images filtrées par des filtres adaptés aux images radar (Lee, Frost et Median) afin de voir l'effet du filtrage du speckle sur ce type de traitements.

1. METHODOLOGIE ADOPTÉE

Nous présentons dans cette partie les différentes étapes détaillées de la méthode proposée pour la détection des structures linéaires (figure.1).

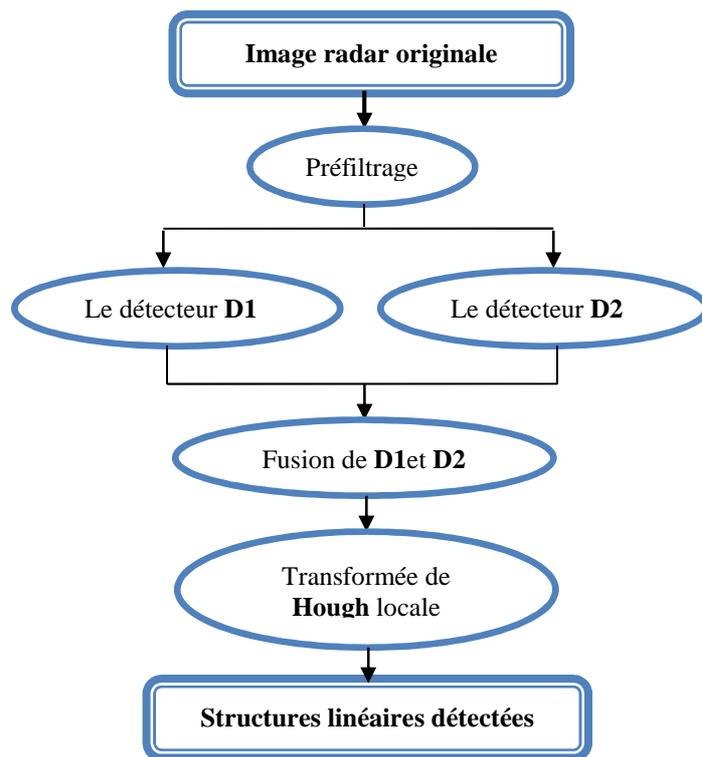


Figure 1. Les différentes étapes de la méthode proposée.

2.1 Pré-filtrage

La présence du speckle dans les images radar SAR réduit le pouvoir de perception des détails et des structures fines de la scène imagée. La réduction du speckle consiste à estimer le bruit à partir du signal observé et de le réduire en préservant la radiométrie et les informations texturales de l'image.

Certains filtres font appel à des considérations spatiales et fréquentielles simples; c'est le cas des filtres multi-vues (multi-looks) [Fjor, 1999].

D'autres filtres, plus adaptés aux données radar, se fondent sur des raisonnements statistiques plus complexes, on peut citer quelques uns des filtres adaptés les plus connus en imagerie radar : les filtres basés sur le critère EQMM tels que le filtre de Frost [Frost, 1982], le filtre de Lee [Lee, 1981] et les filtres basés sur le critère MAP (maximum a posteriori) tels que le Gamma-MAP [Bara, 1995].

Dans notre étude, nous avons utilisé deux filtres heuristiques (le filtre moyen pondéré et le filtre Median) et deux filtres adaptatifs (le filtre de Frost et le filtre de Lee).

2.2 Le détecteur de ligne D1

Une solution pour s'affranchir du problème de speckle associé à l'imagerie radar, consiste à considérer non plus la différence des valeurs radiométriques, mais leur rapport [Bovi, 1988]. Le détecteur de lignes D1 est obtenu en couplant deux détecteurs de contours « rapport » de

part et d'autre d'une région centrale [Tupi, 1998] (Figure .2).

Nous définissons la réponse d'un détecteur de contours entre les deux régions i et j par:

$$r_{ij} = 1 - \min\left(\frac{\bar{A}_i}{\bar{A}_j}, \frac{\bar{A}_j}{\bar{A}_i}\right) \quad (1)$$

$r_{12} = 1 - \min\left(\frac{\bar{A}_1}{\bar{A}_2}, \frac{\bar{A}_2}{\bar{A}_1}\right)$: Réponse du détecteur de contour entre les deux zones 1et 2

$r_{13} = 1 - \min\left(\frac{\bar{A}_1}{\bar{A}_3}, \frac{\bar{A}_3}{\bar{A}_1}\right)$: Réponse du détecteur de contour entre les deux zones 1et 3

Avec

\bar{A}_1 : La valeur radiométrique moyenne de la zone centrale (indice 1)

\bar{A}_2 : La valeur radiométrique moyenne de la zone adjacente 2 (indice 2)

\bar{A}_3 : La valeur radiométrique moyenne de la zone adjacente 3 (indice 3)

Et la réponse à une structure linéaire par r :

$$r = \min(r_{12}, r_{13}) \quad (2)$$

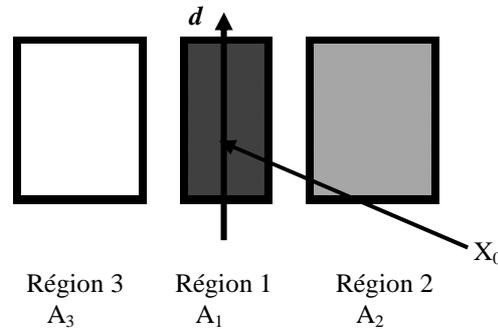


Figure 2. Masque pour la détection des structures linéaires.

Ce détecteur de ligne conserve la valeur correspondant à la valeur la plus faible entre r_{12} et r_{13} . Cette contrainte stricte assure que seules les lignes (et non les contours) seront détectées.

Un pixel est considéré comme appartenant à une ligne si sa réponse r est suffisante (plus grande qu'un seuil r_{\min} choisi à priori).

Pour étudier le comportement du détecteur, les probabilités de fausse alarme et de détection sont estimées, sous les hypothèses de Goodman [Good, 1976].

La densité de probabilité f_A de l'amplitude pour une région homogène d'intensité moyenne \bar{I} est :

$$f_A\left(\frac{t}{\bar{I}}\right) = \frac{2}{\Gamma(L)} \left(\frac{L}{\bar{I}}\right)^L t^{2L-1} \exp\left(-\frac{Lt^2}{\bar{I}}\right) \quad (3)$$

Avec

L : nombre de vues; t : variable aléatoire; Γ : La fonction gamma.

La densité de probabilité de r dépend de celles des r_{12} et r_{13} [Bark, 2005]:

$$f_r(t) = f_{r_{12}}(t)F_{r_{13}}(t) + F_{r_{12}}(t)f_{r_{13}}(t)$$

$f_{r_{12}}$: La densité de probabilité de r_{12} ; $F_{r_{12}}$: La fonction de répartition de r_{12} .

Ce détecteur a une probabilité de fausse alarme constante pour des contrastes donnés. La réponse du détecteur varie de **0** pour des contrastes nuls à **1** pour des contrastes infinis.

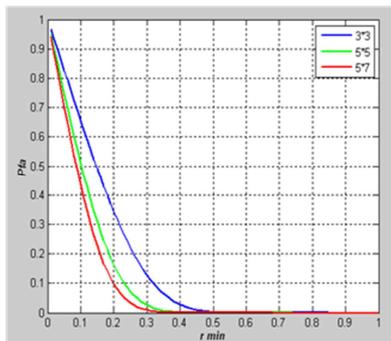
La probabilité de détection P_d s'obtient pour un seuil de décision local r_{min} donné par:

$$P_d(r_{min}, c_2, c_3) = \int_{r_{min}}^1 f_r(t/c_2, c_3) dt \quad (4)$$

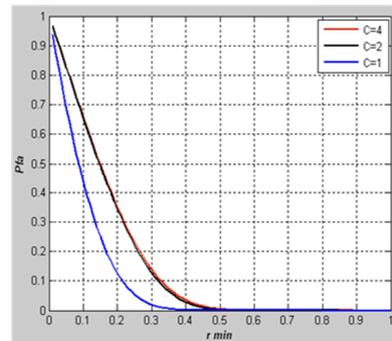
Les fausses alarmes ou fausses détections peuvent se présenter dans deux cas: la détection d'une structure linéaire sur une zone homogène ($C_2 = C_3 = 1$), ou la détection d'une ligne alors qu'il ne s'agit que d'un contour ($C_2 = 1$ et $C_3 = C$, ou $C_2 = 1$ et $C_3 = 1$). Dans ces deux cas nous pouvons déduire la probabilité de fausses alarmes p_{fa} :

$$p_{fa}(r_{min}, c) = \int_{r_{min}}^1 f_r(t/1, c) dt \quad (5)$$

Les deux figures 3 et 4, représentent ces probabilités. On constate que l'influence de la taille des zones est tout à fait minime pour des fenêtres suffisamment larges (figure 3), et donc une solution pour réduire les fausses alarmes est d'augmenter la taille de la fenêtre, mais en contrepartie les calculs augmentent d'où dépassement de capacité des calculs : en Matlab la valeur maximale est $realmax \approx 10^{308}$. On constate que la probabilité de détecter une structure linéaire sur une zone homogène est très faible pour un seuil supérieur à **0,2**. Par ailleurs, si la probabilité de fausses alarmes dans le cas d'un contour est toujours supérieure à celle d'une zone homogène, elle ne dépend plus néanmoins du contraste de ce contour au-delà d'un certain seuil (les courbes pour des contours de contraste 2 et 4 sont confondues figure 4).



a. Influence du nombre de pixels sur Pfa



b. influence du contraste C du contour sur la Pfa

Figure.3. Probabilité de fausses alarmes en fonction du seuil de décision r_{min} pour différents paramètres.

D'une façon générale, comme toujours lorsque le seuil de décision diminue, la probabilité de détection et celle de fausse alarme augmentent (figure 3). Ainsi, le seuil de décision r_{min} doit être choisi de façon à réaliser un compromis entre ces deux contraintes.

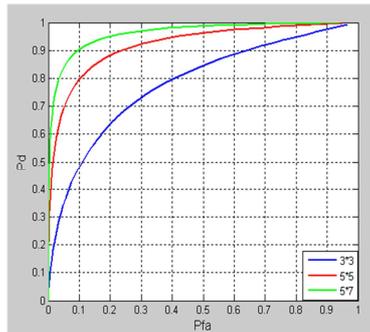


Figure.4. Probabilité de détection ($C_{I2} = 2$ et $C_{I3}=1.5$) en fonction de la probabilité de fausse alarme (contour avec $c = 2$).

La détection est effectuée avec des masques de $7*7$ pixels orientés dans 8 directions différentes uniformément réparties entre $[0, \pi]$ avec une largeur de 1 à 3 pixels de la zone centrale. Pour chaque pixel, 24 réponses sont calculées pour l'image d'ERS-1 (8 réponses pour l'image d'AIRSAR). Une fusion, par opérateur maximum généralement, est finalement opérée [Ambe, 2005] afin de détecter toutes les structures linéaires de la scène. Le résultat est testé au seuil local qui correspond à:

- Si $r > r_{\min}$ le pixel est considéré appartenant à une structure linéaire.
- Sinon à une zone homogène.

2.3 Le détecteur de ligne D2

Ce détecteur de ligne s'appuie sur un détecteur de contours basé sur le coefficient de corrélation centré et normalisé [Tupi, 1998], [Xu, 2009]. De la même façon que pour le détecteur de lignes D1, le détecteur de lignes D2 est obtenu en faisant coupler deux détecteurs de contours corrélation de part et d'autres de la zone centrale (figure 5).

Le principe de ce détecteur de contours est de chercher en un pixel X_0 le contour qui approximera au mieux la radiométrie de son voisinage.

Dans l'espace continu, un contour idéal est défini comme une marche d'escalier, c'est donc une ligne qui sépare deux zones i et j d'amplitudes constantes et passant par X_0 .

Dans l'espace discret, le contour idéal correspondant à une direction d a pour valeurs les moyennes \bar{A}_i et \bar{A}_j , il est délimité par la droite (\vec{d}, X_0) . Par convention, cette droite appartient à la région j , une fois ce contour idéal défini, nous mesurons la pertinence de l'hypothèse: il existe un contour de direction \vec{d} passant par X_0 . En effet, cette hypothèse est vérifiée comme suit :

Nous comparons le contour idéal avec la zone de l'image dont il a été déduit en évaluant le coefficient de corrélation ρ_{ij} entre ces deux populations (Figure 5).

$$\rho_{ij} = \frac{1}{\sigma_A \sigma_B} \frac{1}{n} \left(\sum_{V_{X0}} AB - n \bar{A} \bar{B} \right) \quad (6)$$

$$\rho_{ij}^2 = \frac{\sigma_B^2}{\sigma_A^2} \quad (7)$$

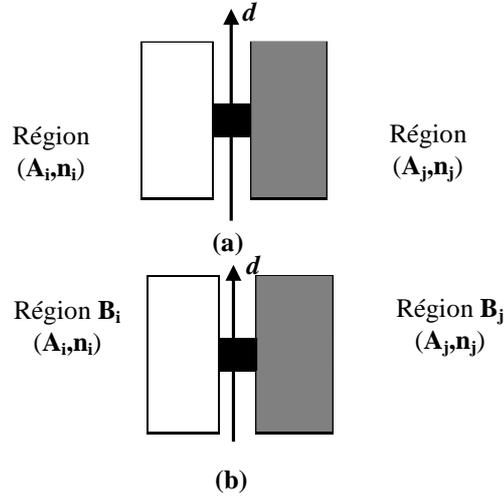


Figure 5. Principe du cross-corrélation détecteur (a) Population A (n pixels) de l'image (b) Population B (n pixels).

Avec

$$\sigma_A^2 = \frac{1}{n^2} \left[n_i n_j (\bar{A}_i - \bar{A}_j)^2 + n (n_i \sigma_i^2 + n_j \sigma_j^2) \right]$$

$$\sigma_i^2 = \frac{1}{n_i} \left(\sum_1^{n_i} A_i^2 - n_i \bar{A}_i^2 \right)$$

$$\sigma_j^2 = \frac{1}{n_j} \left(\sum_1^{n_j} A_j^2 - n_j \bar{A}_j^2 \right)$$

$$\sigma_B^2 = \frac{n_i n_j}{n} (\bar{A}_i - \bar{A}_j)^2$$

Donc la valeur de ρ_{ij} est :

$$\rho_{ij}^2 = \frac{1}{1 + (n_i + n_j) \frac{n_i \gamma_i^2 c^2 + n_j \gamma_j^2}{n_i n_j (c - 1)^2}} \quad (8)$$

$c = \frac{\bar{A}_i}{\bar{A}_j}$: Le contraste entre deux zones i et j ; $\gamma = \frac{\sigma}{A}$: Le coefficient de variation.

σ : L'écart type ; $n = n_i + n_j$; n_i et n_j : Les nombres de pixels des deux zones i et j

Le détecteur de lignes D2 est défini par la réponse minimum ρ de part et d'autre de la structure linéaire.

$$\rho = \min(\rho_{12}, \rho_{13}) \quad (9)$$

ρ_{12} : La réponse du détecteur de contours corrélation entre les deux zones 1 et 2.

ρ_{13} : La réponse du détecteur de contours corrélation entre les deux zones 1 et 3.

Là aussi, la plus petite réponse des deux détecteurs de contours est sélectionnée. Ceci nous assure que seules les lignes seront détectées.

Comme pour le détecteur de lignes D1, les réponses sont calculées dans 8 directions sur des masques 7x7, et pour différentes largeurs de la zone centrale (de 1 à 3 pixels pour l'image d'ERS-1 et 1 pixel pour l'image d'AIRSAR), et le maximum des réponses est à retenu.

Le résultat est testé à un seuil choisi ρ_{\min} :

- Si $\rho > \rho_{\min}$ le point est assimilé appartenant à une structure linéaire.
- Sinon à une zone homogène.

2.4 Fusion des réponses de D1 et D2

Chaque détecteur présente des avantages et des inconvénients. En effet, la présence du coefficient de variation dans le détecteur D2 permet d'obtenir une réponse plus précise que celle de D1. Le détecteur D1 donne des réponses moins précises, mais il est moins sensible à l'hypothèse de régions homogènes.

Pour conserver les informations délivrées par les deux détecteurs D1 et D2, nous avons choisi de fusionner leurs réponses en utilisant une somme associative symétrique [Bloc, 1996] :

$$f(x, y) = \frac{xy}{1 - x - y + 2xy} \quad x, y \in [0,1] \quad (10)$$

Cet opérateur a une attitude disjonctive pour de fortes valeurs des mesures et conjonctive pour de faibles valeurs et adaptative en fonction des valeurs de x et y dans les autres cas (Figure 6).

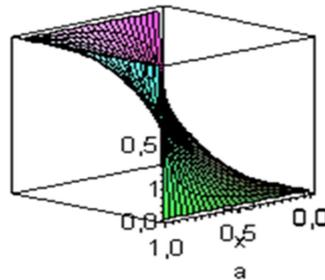


Figure 6. L'allure de $f(x, y)$

Comme le comportement de cet opérateur dépend de la position des variables par rapport à 0.5, nous avons d'abord recentré les réponses obtenues autour des seuils de décision des deux détecteurs. Elles sont ensuite utilisées dans l'équation (10). Une fusion par opérateur maximum sur toutes les directions (les 8 directions utilisées pour D1 et D2) est finalement opérée. La réponse ainsi obtenue est seuillée par rapport à 0.5.

2.5 Post-traitements

Afin de supprimer une partie du bruit, le résultat obtenu après l'étape de fusion est soumis à des post-traitements:

2.5.1 Suppression des pixels isolés

Cette étape consiste à supprimer les pixels classés éléments de structures qui sont 'isolés'. Pour chaque pixel conservé avec une direction d_k , les pixels contenus dans un faisceau angulaire de 45° autour de d_k et sélectionnés avec une direction de d_k ou avec les deux plus proches directions voisines (d_{k-1} ou d_{k+1}) sont recensés. Si le nombre des pixels sélectionnés est supérieur à un seuil, le pixel est considéré comme non isolé, sinon il est supprimé.

2.5.2 La transformée de Hough

Cet outil permet la détection automatique de structures dont la forme géométrique répond à une équation analytique (droite, cercle, ellipse, etc.). Elle a été décrite pour la première fois par Paul Hough en 1962 et est utilisée comme technique de reconnaissance de formes appliquée sur des images numériques. Les applications de la transformée de Hough sont nombreuses et variées, telles que la détection des traits du visage sur des images, la reconnaissance des codes à barres ou d'empreintes digitales.

Pour les images de télédétection, la transformée de Hough a été utilisée pour la détection du linéiques sur des images optiques [Duda, 1972], [Muni, 1999], [Yan, 2002], [Dobe, 2006]. La transformée de Hough est largement utilisée pour détecter les structures linéaires sur les images radar ; Costa [Cost, 2002], Sun [Sun, 2006] ont utilisé la transformée de Hough pour réduire des fausses alarmes causées par la présence des petites structures linéaires. Haihui [Haih, 2010] a appliqué la transformée de Hough sur les détails de la transformée en ondelettes d'une image radar SAR pour la détection du linéique.

Appliquée à la détection de droites, on a deux paramètres ρ et θ selon l'équation d'une droite en coordonnées polaires. Pour une droite dans l'espace image on a une transformée de m à 1.

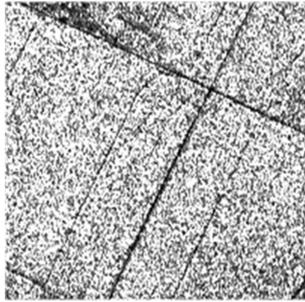
$$\rho = x \cos(\theta) + y \sin(\theta) \quad (11)$$

Où ρ désigne la distance de la droite au centre du repère image et θ l'angle entre une normale à la droite et l'axe des abscisses du plan image.

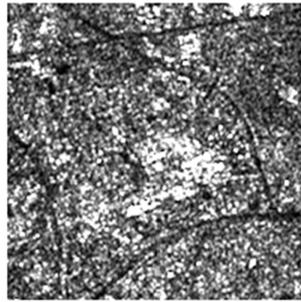
Dans notre étude, et pour une deuxième étape de post-traitement, nous avons appliqué une transformée locale afin d'avoir une nouvelle réduction des pixels isolés et de diminuer l'effet des autres surfaces de la scène ayant un comportement spéculaire [Ambe, 2005]:

- ✓ L'image est divisée en blocs de 20*20 pixels avec un recouvrement de moitié.
- ✓ L'accumulateur est simplifié et ne tient compte que des droites ayant l'une des 8 directions utilisées pour D1 et D2 et passant par la fenêtre d'étude.
- ✓ La droite qui contient le maximum des pixels ayant la même direction de cette droite est sélectionnée et les pixels lui appartenant sont conservés, les autres étant supprimés.
- ✓ Pour atténuer les problèmes liés à la discrétisation les droites retenues sont élargies sur

Nous



(a)



(b)

la
des

Figure 7. Image (200*200 pixels), (a) d'AIRSAR sur une zone rurale de Costa Rica, (b) d'ERS1 sur la zone urbaine d'Alger.

trois pixels (la parallèle de part et d'autre de la droite sélectionnée).

avons appliqué ces traitements sur l'image résultat du détecteur de fusion et phase de suppression pixels isolés.

3. RÉSULTATS EXPÉRIMENTAUX

Les tests des différents détecteurs ainsi les autres traitements d'amélioration (suppression des pixels isolés, transformée de Hough) sont effectués sur deux images radar. La première correspond à une zone non-urbaine acquise par le capteur aéroporté AIRSAR sur une zone de Costa Rica en bande C en date du 03/04/2004 (figure. 7.a), et la deuxième correspond à une zone urbaine acquise sur la région d'Alger en date du 17/08/1996 par ERS-1(figure. 7.b).

Pré-filtrage

Les figures 8 et 9 représentent les résultats obtenus après avoir filtrer les deux images par les quatre filtres que nous avons utilisés : le filtre Median, le filtre de frost, le filtre de Lee et le filtre Moyen pondéré, dont nous avons implémenté les deux derniers filtres.

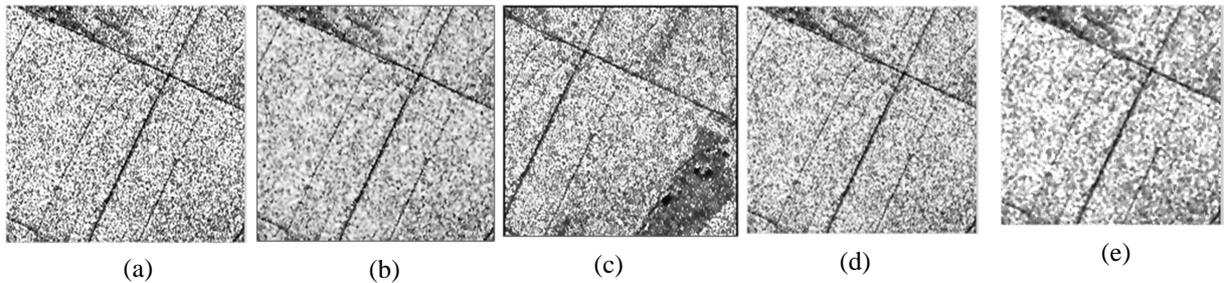


Figure 8. Résultats des différents filtres, (a) l'image d'AIRSAR, (b) après le filtre de Frost $k=10$, (c) après le filtre moyen pondéré $tho=30$, (d) après le filtre de Lee $Cu=0.3$ et $Cmax=0.42$, (e) après le filtre Median.

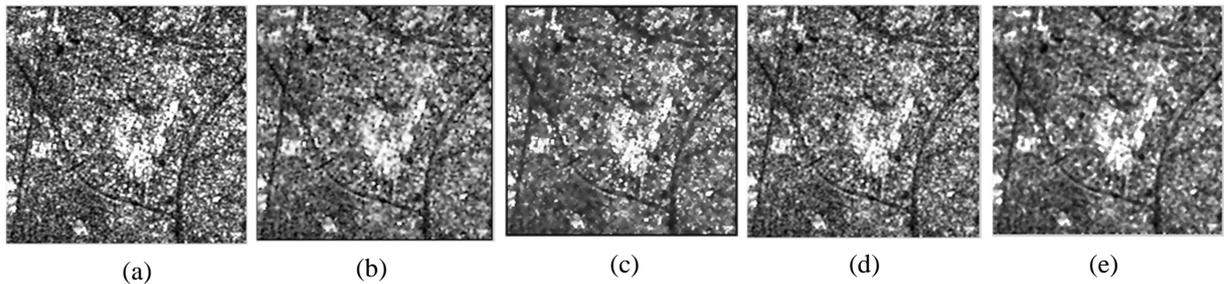


Figure 9. Résultats des différents filtres, (a) l'image d'ERS-1, (b) après le filtre de Frost $k=10$, (c) après le filtre moyen pondéré $tho=30$, (d) après le filtre de Lee $Cu=0.3$ et $Cmax=0.42$, (e) après le filtre Median.

Détection de lignes

Les détecteurs de lignes D1, D2 et Df (le détecteur de fusion de D1 et D2) que nous avons implémenté ont été appliqués et testés sur les deux images (figures 8 et 9), et également sur les deux images filtrées. Les résultats de la détection des lignes obtenus par D1, D2 et Df sont donnés par la figure 10 pour l'image d'AIRSAR et par la figure 11 pour l'image d'ERS-1.

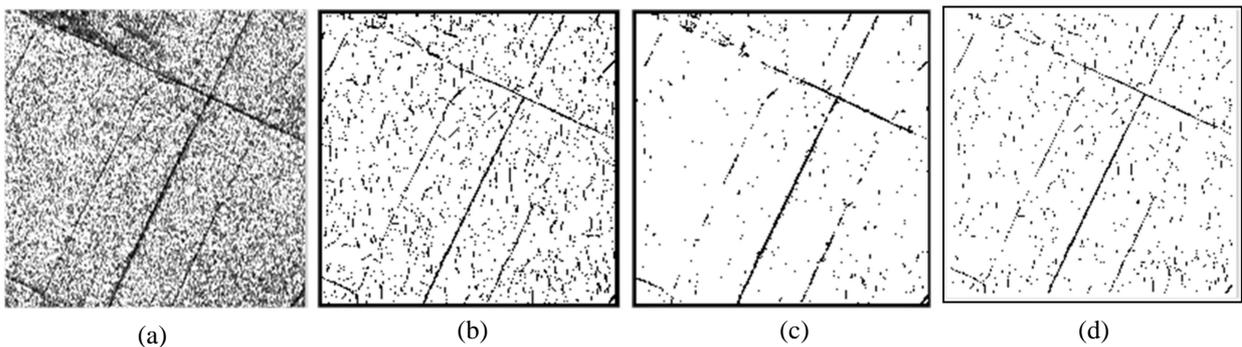


Figure 10. Résultats des différents détecteurs, (a) l'image d'AIRSAR, (b) réponse au D1, (c) réponse au D2, (d) fusion des deux réponses.

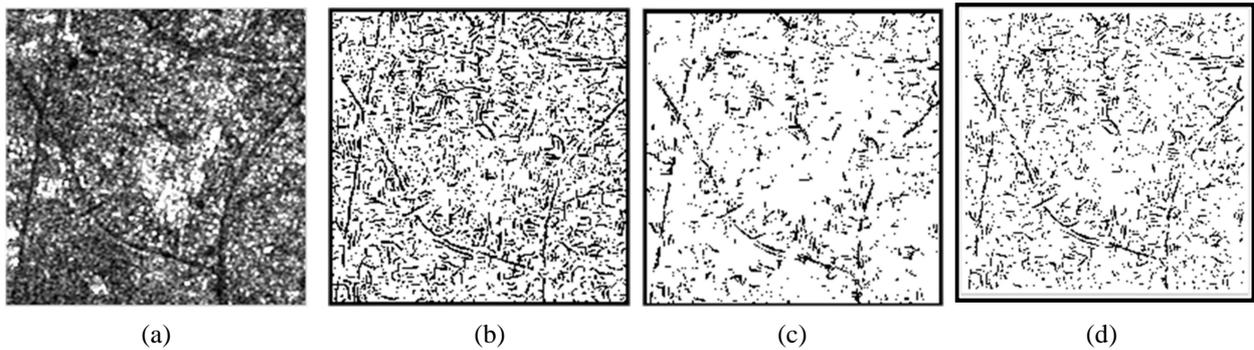


Figure 11. Résultats des différents détecteurs, (a) l'image d'ERS-1, (b) réponse au D1, (c) réponse au D2, (d) fusion des deux réponses (Df).

Transformée de Hough

Les résultats de la transformée de Hough appliquée sur les images obtenus par le détecteur de fusion Df avec et sans filtrage, sont donnés par la figure 12 pour l'image d'AIRSAR et la figure 13 pour l'image d'ERS-1.

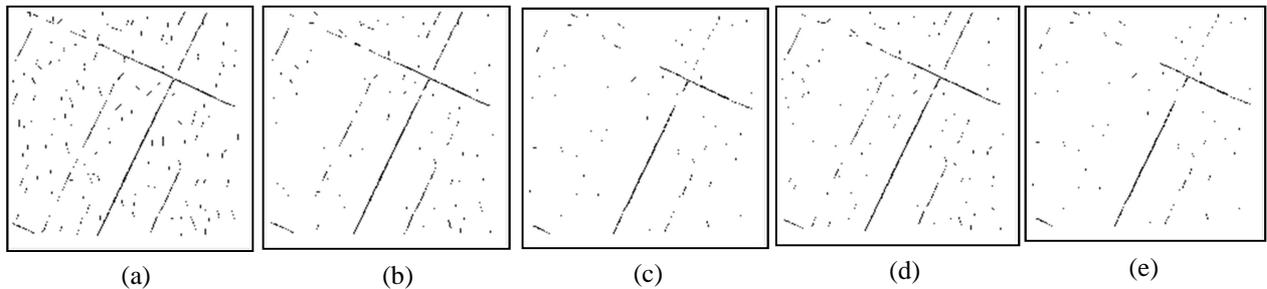


Figure 12. Résultats de la transformée de Hough, (a) l'image d'AIRSAR originale, (b) filtrée par Frost, (c) filtrée par le moyen pondéré, (d) filtrée par Lee, (e) filtrée par Median.

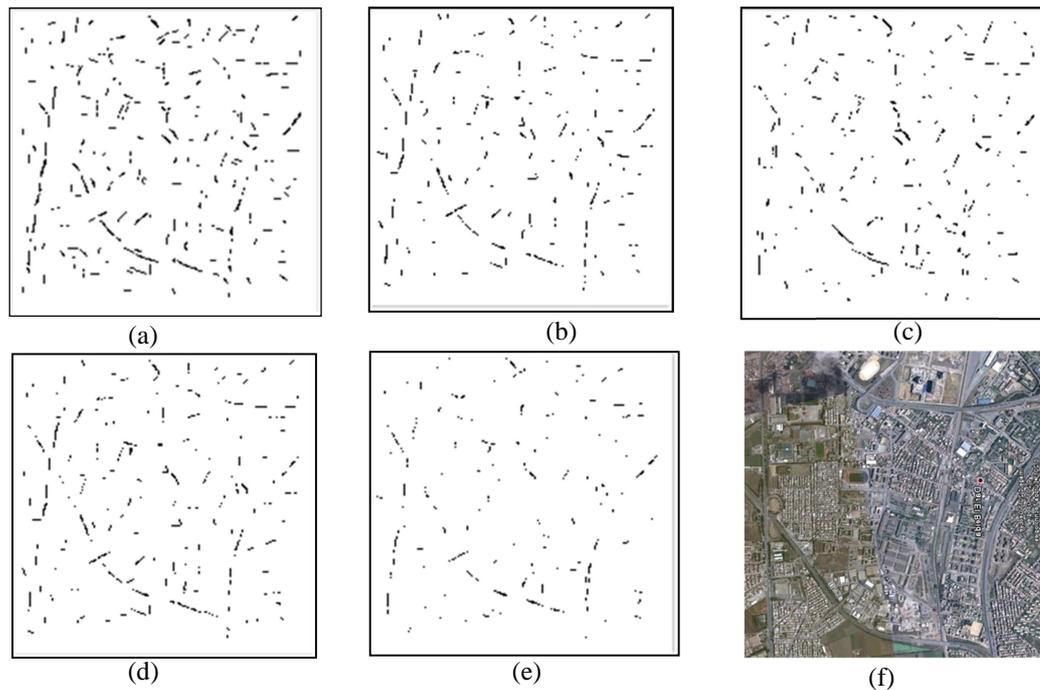


Figure 13. Résultats de la transformée de Hough, (a) l'image d'ERS-1 originale, (b) filtrée par Frost, (c) filtrée par le moyen pondéré, (d) filtrée par Lee amélioré, (e) filtrée par le Median, (f) zone de l'image à partir de google earth.

D'après les résultats présentés, nous retiendrons :

- ✓ Le détecteur D2 permet d'obtenir une réponse plus précise que celle de D1, mais il donne plus de fausses détections dans des régions homogènes. Par contre le détecteur D1 n'est pas sensible à l'hypothèse de régions homogènes, mais il est affecté par les réflecteurs spéculaires (figure.12c). Le détecteur de fusion Df fait un compromis entre les deux détecteurs D1 et D2.
- ✓ Le détecteur D1, qui utilise un seuillage local, n'a pas donné de bons résultats car le calcul de ce seuil a fait ressortir un dépassement donc manque de calculs, malgré qu'on ait utilisé MATLAB.
- ✓ La transformée de Hough a permis de réduire l'effet des surfaces non linéaires qui ont un comportement spéculaire.
- ✓ Cette méthode locale a donné un résultat satisfait dans un contexte non-urbain [Cost, 2002] , ce type d'approches ne permet généralement pas d'extraire la totalité du réseau linéique, et présente un taux de fausse alarmes non négligeables ce qui nécessite l'intervention d'autres méthodes de suivi (tracking) pour obtenir un réseau continu dans un contexte urbain où les structures linéaires sont influées par les deux phénomènes d'ombre (*shadow*) et de recouvrement (*layover*) causés par les objets en contexte.

CONCLUSION

Le problème de la détection des structures linéaires sur les images radar est un problème rendu particulièrement difficile par le phénomène de chatoiement. Devant l'inadaptabilité des

détecteurs classiquement utilisés en traitement d'images qui supposent des bruits blancs gaussiens, nous présentons dans ce travail une réponse à cette problématique par la mise en œuvre d'une méthode de détection des structures linéaires dans un voisinage local de chaque pixel, en proposant la fusion de deux détecteurs de lignes adaptés aux statistiques des images radar soumise à un bruit multiplicatif (speckle), cette étape est suivie par une transformée de Hough locale afin de réduire l'effet des autres surfaces au comportement spéculaires dans la scène (fausses alarmes).

En continuité de ce travail, nous envisageons l'implémentation d'une méthode d'extraction des routes sur des images radar SAR à partir des segments candidats obtenus par la méthode de détection des structures linéaires (déjà implémentée) en appliquant une des méthodes dites globales qui permet d'extraire la totalité du réseau routier, tel que la programmation dynamique, les graphes de Markov, etc.

REFERENCES

- [Aira, 1994] S. Airault, R. Ruskone, et O. Jamet, "Road detection from aerial images : a cooperation between local and global methods", *Image and Signal Processing for Remote sensing*, 2315, pp. 508–518. 1994.
- [Ambe, 2005] V. Amberg. "Analyse de scènes péri-urbaines à partir d'images radar haute résolution, Application à l'extraction semi-automatique du réseau routier". PhD thesis, Institut National Polytechnique de Toulouse, 2005.
- [Bara, 1995] A. Baraldi, F. Parmaggianni. "A Refind Gamma Map Sar Speckle Filter". *IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing*, vol. 33, no. 5, September, 2002
- [Bark, 2005] M. Barket. "Signal Detection and Estimation". second edition. Artech House Radar Library, 711 pages. 2005
- [Bloc, 1996] I. Bloch, *Information combination operators for data fusion: A comparative review with classification*, *IEEE Transactions on Systems, Man and Cybernetics*, SMC-26, pp. 52–67. 1996.
- [Bolo, 1999] Ph. Bolon, J. Chanussot, I. Issa, and P. Lambert. "Comparison of prefiltering operators for road network extraction in sar images". *IEEE Proc. ICIP'99. International Conference on Image Processing*, Kobe-Japan, 2 :924–928, October, 1999.
- [Bovi, 1988] A. C. Bovik. "On detecting edges in speckle imagery". *IEEE Transactions on Acoustics, Speech and Signal Processing*, ASSP-36(10), October 1988.
- [Byou, 2002] K. Byoung, J. Jeong-Hun Jang, K. Hong, "Road Detection in Spaceborne SAR Images Using a Genetic Algorithm", *IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing*, vol. 40, No. 1, January 2002
- [Chan, 2001] J. Chanussot, G. Mauris, and P. Lambert. "Fuzzy fusion techniques for linear features detection in multitemporal sar images". *IEEE Trans. on Geoscience and Remote Sensing*, 37(3): 1292–1305, May 2001.
- [Cost, 2002] R. C. S. Costa, F. N. S. Medeiros, "Linear Features Detection in SAR Images for Urban Analysis", in *Proc. IEE Bra. Symp. Computer Graphics and Image Processing (SIBGRAPI'02)*, Fortaleza, Ce, Brazil, pp. 1530-1834, 2002.
- [Duda, 1972] Duda, R.O. et Hart, P.E, "Use of the Hough transformation to detect lines and curves in pictures". *Communications of the ACM*, 15, 1, 11-15. 1972
- [Fjor, 1999] R. Fjortoft, "Segmentation d'Images Radar par Détection des Contours", Thèse de doctorat, Institut National Polytechnique de Toulouse, 1999.
- [Fros, 1982] Frost, V. S., Stiles, J. A., Shanmugan, K.S., Holtzman, J.C., A model for radar images and its application to adaptive digital filtering of multiplicative noise. *IEEE Transactions on pattern analysis and machine intelligence*, PAMI 4, 2, pp.157-165. 1982.
- [Good, 1976] J. W. Goodman, "Some fundamental properties of speckle", *Journal Optical Society of America*, 66(11), pp. 1145–1150, 1976.
- [Haih, 2010] W. Haihui, W. Yanli, Z. Tongzhou, "Automated detection in SAR images by using wavelet filtering and Hough transform", *Education Technology and Computer Science (ETCS)*, 3 pp. 202–206. 2010
- [Jedy, 1995] B. JEDYNAK, "Modèles stochastiques et méthodes déterministes pour extraire les routes des images de la terre vues du ciel", Thèse de doctorat, Université Paris Sud, 1995.
- [Lee, 1981] Lee, J.S, "Speckle suppression and analysis for synthetic aperture radar images", *optical Engineering*, 25, 5, pp. 636-643. 1981.

- [Muni, 1999] R. Muni, Junco, L. et Otero, A., 1999. "A robust software barcode reader using the Hough transform". In International Conference on Information Intelligence and Systems, 313p.
- [pete, 2003] R.Péteri, "Extraction de réseaux de rues en milieu urbain à partir d'images satellites à très haute résolution spatiale". Thèse de doctorat de l'Ecole des Mines, 2003.
- [Sun, 2006] H. Sun, F. Su, Y. Zhang, "Modified Roa Algorithm Applied To Extract Linear Features", Systems and Control in Aerospace and Astronautics, 5 pp.1213. 2006.
- [Touz, 1988] R. Touzi, A. Lopes, and P. Bousquet. "A statistical and geometrical edge detector for SAR images". IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing, 26(6), pp. 764– 773, November 1988.
- [Tupi, 1988] F. Tupin, H. Maitre, J.-F. Mangin, J.-M. Nicolas and E. Pechersky, "Detection of linear features in SAR images: Application to road network extraction". IEEE Trans. Geosci. Remote Sens, vol. 36, no. 2, pp. 434–453, Mar. 1998.
- [Xu, 2009] G. Xu, J. Sun, J. Yanwei, Z. Huang, "A Fast Interactive Road Extraction Algorithm From SAR Imagery", IEEE Trans. Geosci Remote Sens, pp.1-4, décembre 2009.

NOTES BIOGRAPHIQUES

Mohamed BAADECHE est ingénieur en électronique de formation. Il s'inscrit à l'Ecole Doctorale des Technologies et Applications Spatiales à Alger et obtient son diplôme de Magister en traitement d'images et SIG en 2012. Son principal intérêt est porté sur le développement méthodes d'extraction de routes dans les images radar SAR au niveau du Laboratoire de Traitement d'Images et Rayonnement de la Faculté d'Electronique et d'Informatique de l'Université Houari Boumediene des sciences et de la technologie d'Alger.

Youcef SMARA est enseignant chercheur. Ingénieur d'état en Electronique de l'Ecole Nationale Polytechnique d'Alger en 1976, titulaire d'un magister en Traitement d'images de l'Institut d'Electronique de l'Université des Sciences et de la Technologie Houari Boumediene, Alger, en 1985, Docteur d'Etat en traitement d'images et télédétection de la même université en 1998. Actuellement Professeur et Directeur de recherche, Enseignant au niveau de la post-graduation "Traitement du Signal et des Images" et directeur du laboratoire de traitement d'images et rayonnement .Les principaux thèmes de recherche, associés au traitement d'images de télédétection et plus particulièrement à l'imagerie radar et la fusion de données, traitent des problèmes fondamentaux ainsi que les applications associées. La production scientifique est sanctionnée par plus d'une centaine de publications, de communications internationales et nationales.

CONTACTS

Professeur Youcef SMARA

Université des Sciences et de la Technologie Houari Boumediene ((U.S.T.H.B))
Faculté d'Electronique et d'Informatique,
Laboratoire de Traitement d'Images et Rayonnement (LTIR),
BP 32 El-Alia Bab-Ezzouar 16111
Alger,
ALGERIE
tel: 213 (21) 24 79 12 p.806
Fax: 213 21 24 71 87
Email : ysmara@usthb.dz ; yousmara@yahoo.com