Pistage de cibles dans du fouillis très dense par réseau neuronique

Jean-François Beaumont, étudiant 2e cycle

Dr. Dominic Grenier, directeur de recherche

Dr. Éloi Bossé, co-directeur de recherche,

Centre de Recherche de la Défense de Valcartier (CRDV)

Abstract: The use of neural networks can potentially aid to solve the problem of tracking targets into very dense clutter. Indeed, it is possible to implement with a neural network a recursive procedure which computes the spatio-temporal cross-correlation between data of several consecutive scans of a radar image. Such a procedure brings significant improvment with respect to classical methods.

Résumé: L'utilisation de réseaux de neurones peut aider à résoudre le problème du pistage de cibles dans un fouillis très dense. En effet, il est possible d'implanter avec un réseau de neurones une procédure de calcul récursif de la corrélation croisée spatio-temporelle entres les points obtenus lors de balayages successifs d'une image radar. Ce type de procédure permet d'apporter une amélioration significative par rapport aux méthodes classiques.

Les méthodes classiques de pistage telles que le maximum de vraisemblance et les filtres de Kalman adaptatifs produisent un taux très élevé de fausses alarmes lorsque le fouillis (clutter) est presque aussi dense que le signal. Ces techniques perdent beaucoup de leur efficacité en présence de cibles multiples (lorsque le fouillis est aussi dense que le signal), car la présence d'un grand nombre de cibles fait que certaines pistes se forment en se promenant d'un point à l'autre arbitrairement et dans n'importe quelle direction.

Une nouvelle technique utilisant les réseaux de neurones pour la réjection du fouillis a été développée par Liou et Sadjaddi [1]. L'idée de la méthode est d'exploiter les dépendances temporelles et spatiales consécutives des points sur une piste afin de les discriminer du bruit de fond (fouillis). L'implantation de cette méthode utilise une architecture de réseau de type "feed-forward".

Une image multi-balayage est obtenue en prenant plusieurs images à deux dimensions, à des intervalles de temps uniformes, à l'aide d'un senseur dont le référentiel est fixe. Considérant la réponse du senseur comme une image binaire, si ce dernier fournit une intensité à un point particulier de l'image, alors le pixel correspondant sera mis à 1, autrement, il sera mis à 0. Ainsi, la modèlisation de l'image d'un balayage peut s'exprimer comme:

$$Y(x, y, t_n) = S(x, y, t_n) + \Big[1 - S(x, y, t_n)\Big] N(x, y, t_n) \tag{1}$$

où x et y sont les positions discrètes du pixel dans un plan à deux dimensions, t_n est l'unité de temps ou le nombre de balayage, et Y est l'image constituée de la cible S et du fouillis N. Il est important de noter ici que Y, S et N sont tous des vecteurs de nombres binaires. Ainsi, $Y(x, y, t_n) = 1$ peut correspondre autant à la cible qu'au foullis. En considérant le scénario ou l'on a une cible seule se déplaçant selon une certaine direction, celle-ci construit une piste dépendante du temps. Il y a alors corrélation entre les différents balayages. C'est cette corrélation entre les points appartenant à la cible, qui sera utilisée pour éliminer les points appartenant au fouillis.

Dans l'optique de vouloir conserver toute l'information sur le déplacement de la cible (directions du mouvement, variations de vitesse et position initiale), le calcul de la corrélation entre les points est effectué de façon récursive et sur trois balayages consécutifs. Sachant que les points appartenant au fouillis ne forment pas nécessairement une piste pour plus que deux balayages successifs, on éliminera la très grande majorité des fausses pistes. En assumant que la cible bouge à une vitesse maximum de ν pixels soit en direction de x ou de y entre les balayages successifs, la corrélation entre les points peut être calculée à l'aide de l'équation (2) dans laquelle la fonction de seuil binaire $g(\alpha)$ prendra la décision de conserver ou non le point $Y^{(k)}(x, y, t_n)$ si le résultat de la somme est supérieur ou inférieur au niveau du seuil fixé (0 dans ce dernier cas).

$$Y^{(k)}(x, y, t_n) = g\Bigg[Y^{(k-1)}(x, y, t_n) \Bigg(\sum_{i_1 = -|\nu|}^{|\nu|} \sum_{j_1 = -|\nu|}^{|\nu|} Y^{(k-1)}(x + i_1, y + j_1, t_{n+1}) \Bigg) \times \Bigg(\sum_{i_2 = -|\nu|}^{|\nu|} \sum_{j_2 = -|\nu|}^{|\nu|} Y^{(k-1)}(x + i_1 + i_2, y + j_1 + j_2, t_{n+2}) \Bigg) \Bigg] \tag{2}$$

$$g(\alpha) = \begin{cases} 1, & si \quad \alpha > 0 \\ 0, & si \quad \alpha \le 0 \end{cases} \tag{3}$$

L'implantation sous forme d'un réseau de neurones est obtenue en reformulant l'équation (2) comme suit:

$$Y^{(k)}(x, y, t_n) = g\Bigg[\sum_{i_1 = -|\nu|}^{|\nu|} \sum_{j_1 = -|\nu|}^{|\nu|} Y^{(k-1)}(x + i_1, y + j_1, t_{n+1}) U(i_1, j_1) \Bigg] \tag{4}$$

où

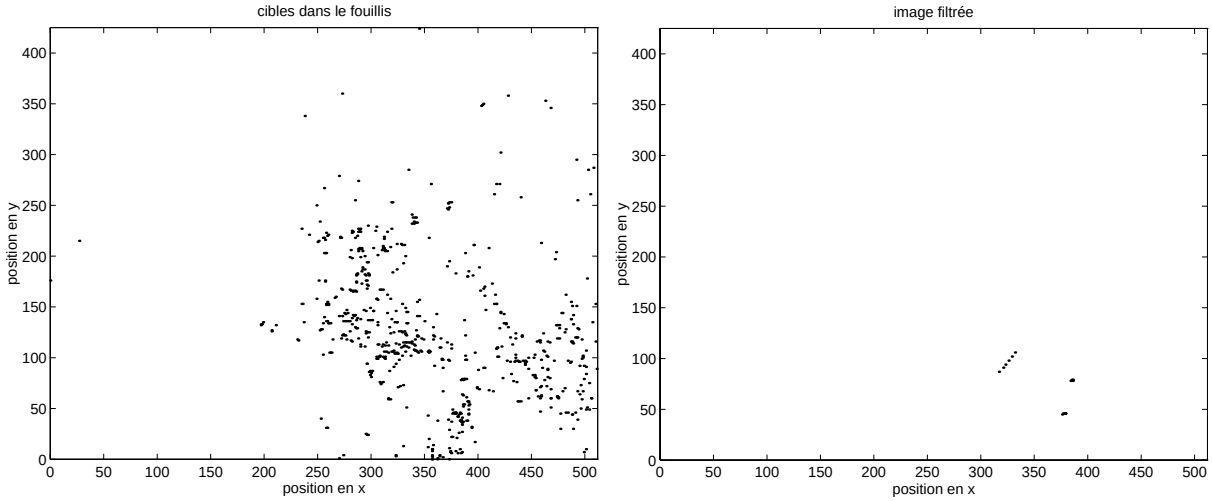
$$U(i_1, j_1) = \sum_{i_2 = -|\nu|}^{|\nu|} \sum_{j_2 = -|\nu|}^{|\nu|} Y^{(k-1)}(x, y, t_n) Y^{(k-1)}(x + i_1 + i_2, y + j_1 + j_2, t_{n+2}) \tag{5}$$

On peut alors constater que les équations (4) et (5) sont analogues à celles de la structure d'un réseau de neurones de type "feed-forward". Dans l'équation (4), $U(i_1, j_1)$ peut être con-

sidéré comme les connexions de poids du réseau avec $Y^{(k-1)}(x + i_1, y + j_1, t_{n+1})$ comme valeurs d'entrées et $Y^{(k)}(x, y, t_n)$ comme valeur de sortie (du neurone en question).

L'algorithme implantant la méthode de calcul sous forme d'un réseau neuronique a été programmé en langage C. On peut voir ci-bas le résultat obtenu pour un scénario contenant une cible dans un environnement relativement dense en fouillis. Selon les auteurs, cette méthode permettrait un taux de réjection du fouillis d'au moins 97%. On améliore généralement les résultats (surtout en présence de sources de bruit corrélées) en modifiant les équations du réseau de neurones (ajout d'un facteur de pondération qui est fonction de la valeur des indices i_1,i_2,j_1 et j_2) pour ainsi rejeter plus de fausses alarmes. Le travail résultant consisterait alors à comparer cette nouvelle méthode pour rejeter les fausses alarmes avec celles plus classiques basées sur l'analyse spatio-temporelle (Porat [2]), d'analyser les différences et d'apporter des conclusions.

Exemple de résultat:



Références:

[1] Liou, R.J., Azimi-Sadjadi, M.R., "Dim target detection using high order correlation method", *IEEE transaction on aerospace and electronic systems*, Vol. 29, No. 3, July 1993.

[2] Porat, B., Friedlander, B., "A frequency domain algorithm for multiframe detection and estimation of dim targets", *IEEE transaction on pattern analysis*, PAMI, 72, 1990