Thèse

présentée en vue d'obtenir le grade de docteur de l'École
Nationale Supérieure des Télécommunications

Spécialité: **Signal et Images**

DALILA CHERIFI

Utilisation d'un modèle symbolique pour
l'interprétation des images Radar à Ouverture
Synthétique

Soutenue le: 30 mars 2005 devant le jury composé de :

René GARELLO	Président
Philippe BOLON	Rapporteurs
Eric POTTIER	
Lucien WALD	Examineur
Henri MAITRE	Directeurs de Thèse
Florence TUPIN	

Résumé

Au fil des années, l'imagerie radar à synthèse d'ouverture (RSO) s'affirme comme une modalité fiable et pertinente en télédétection. Le flux de plus en plus important de données radar nécessite de mener à bien des travaux améliorant la lisibilité des images et aboutissant à des outils, semi-automatiques ou automatiques, de détection et d'identification d'objets, tels que les réseaux routiers.

En effet, la détection du réseau routier sur ce type d'images par des opérateurs de bas niveau tels que les détecteurs de lignes nous donne un taux de fausses détection élevé. Ceci est dû notamment à la présence du speckle. D'où la nécessité de faire suivre l'étape de bas-niveau par une étape de plus haut niveau, dans laquelle nous injectons des informations structurelles sur la forme des routes par l'intermédiaire d'un modèle symbolique.

A cet effet, nous proposons dans cette thèse de traiter deux niveaux de modèles symboliques, par complexité croissante. Dans un premier temps nous traitons un modèle assez complet issu de données cartographiques, avec des informations spatiales relativement précises. Dans un second temps nous utilisons un modèle grossier correspondant à un schéma "manuel" représentant les objets à extraire avec des indications approximatives sur leurs formes et leurs positions relatives.

Ainsi, nous proposons dans cette thèse deux approches pour intégrer au mieux cette information exogène. En effet, dans une première partie, nous proposons une méthode markovienne qui permet par l'intermédiaire du terme *a priori* d'introduire des connaissances sur les objets recherchés. Dans une seconde partie, nous proposons une méthode de recherche de chemin optimal basée sur la programmation dynamique.

Enfin, nous présentons notre méthode d'extraction de réseau routier sur les images radar (RSO) en utilisant des données symboliques ainsi que quelques applications de notre travail.

Mots clefs

Images RSO, extraction des routes, champs de Markov, Programmation dynamique.

Abstract

Synthetic Aperture Radar (SAR) instruments are active microwave sensors that operate independently of time of day and weather conditions. SAR can achieve high resolution from long range and provide information about the physical structure and the electrical properties of remotely sensed objects. There has been a growing interest in SAR for automatic target recognition.

We are interested in this thesis by road detection in spaceborne SAR (Synthetic Aperture Radar) images. Several approaches have been proposed in the literature. They generally consist of two steps : in the first step they use a local operator like edge and line detectors and then they apply a global criterion which incorporates additional knowledge about the structure of the objects to be detected.

The aim of this thesis is the detection of road on SAR images starting from a graphical sketch of road defined by a user which is considered as a model of road.

To do this we propose to compare two methods. The first one combines both local and global criteria based on Markov Field(MRF). It is based on a previously published methods for road detection in SAR images. The second method use a dynamic programming, it defines a cost which depends on local information, and performs a summation minimization process in a graph.

The results obtained with the two approach applied to different SAR images are presented and evaluated with an objective criterion.

Finally, we applied our method based of dynamic programming to extract road network on the different SAR images and we present some applications of our work.

Keywords

SAR Images, Road extraction, Markov Field,Dynamic Programming.

Table des matières

1	Introduction aux images Radar à Synthèse d'ouverture (RSO)	29
1.1	Historique et applications	29
1.2	Généralités sur le Radar en Télédétection	31
1.3	L'équation Radar	33
1.4	Radar à visée latérale	35
1.5	Compression d'impulsions	38
1.6	Synthèse d'ouverture	38
1.7	Modélisation probabiliste des images Radar	39
1.7.1	Origine du speckle	39
1.7.2	Le speckle pleinement développé	39
1.7.3	Les images multivues	43
1.8	Propriétés statistiques du second ordre du speckle : Fonction d'auto-corrélation	49
1.9	Description de la scène texturée	50
1.10	Propriétés statistiques du premier ordre	50
1.11	Distribution statistique de l'intensité	51
1.12	Propriétés statistiques du second ordre d'une scène texturée, fonction d'autocorrélation :	52
1.13	Conclusion	53
2	Extraction de routes : Etat de l'art	55
2.1	Introduction	55
2.2	Opérateurs de bas-niveau	56
2.2.1	Extraction de contours	56
2.2.2	Extraction de lignes	59
2.2.3	Extraction de lignes de crête	63
2.3	Le suivi de lignes	63
2.3.1	Recherche de chemin optimal	63
2.3.2	Les Champs de Markov	64
2.3.3	Filtrage de Kalman	65
2.3.4	Approches hiérarchiques	66
2.3.5	Les contours actifs	66
2.3.6	Traitement multirésolution	67

2.3.7	Résultats et Discussion	68
2.4	Conclusion	71
3	Analyse des données symboliques	73
3.1	Introduction	73
3.2	Construction du modèle précis : Analyse d'une carte	74
3.2.1	Classification des cartes	75
3.2.2	Détection automatique des données sur les cartes	76
3.2.3	Traitement des données extraites de la carte	79
3.3	Construction du modèle symbolique imprécis	85
3.4	conclusion	86
4	Recherche des routes par une méthode markovienne	87
4.1	Introduction	87
4.2	Rappels sur les champs markoviens	87
4.2.1	Notations, définitions	88
4.2.2	Probabilités d'une configuration	89
4.2.3	Algorithmes de simulation et d'optimisation	90
4.3	Utilisation d'un modèle symbolique pour l'extraction de routes	93
4.3.1	Définition du graphe	96
4.3.2	Vraisemblance	96
4.3.3	Distribution a priori $p(L)$	99
4.3.4	Distribution a posteriori $p(L (D, R))$ et minimisation de l'énergie :101	
4.4	Le choix des différents paramètres	101
4.5	Définition des scores	103
4.5.1	La variation énergétique :	103
4.5.2	La distance :	103
4.5.3	La variation angulaire	103
4.5.4	L'observation :	103
4.5.5	Le rapport des longueurs :	104
4.5.6	Coefficient de qualité :	104
4.6	Résultats	108
4.7	Discussions	114
4.7.1	Résultats qualitatifs :	114
4.7.2	Résultats quantitatifs :	115
4.8	Conclusion	119
5	Recherche du chemin optimal en utilisant la Programmation Dynamique	121
5.1	Introduction	121
5.2	Principe fondamental de la Programmation Dynamique	122
5.3	Recherche d'un chemin optimal en utilisant un modèle symbolique pour l'extraction de routes	123

5.3.1	Le coût d'un chemin	125
5.3.2	La fonction du coût :	127
5.4	Résultats	129
5.5	Discussions	136
5.5.1	Résultats qualitatifs :	136
5.6	Connexion des amorces de routes et recherche de chemin optimal	141
5.7	Conclusion	143
6	Recherche du réseau routier sur l'image RSO	145
6.1	Introduction	145
6.2	Recherche des chemins optimaux dans un réseau routier en utilisant un modèle extrait de la carte	145
6.2.1	Recherche des chemins optimaux par tronçons	147
6.2.2	Recherche des chemins optimaux par chaînes	148
6.3	Recherche des chemins optimaux dans un réseau routier en utilisant un modèle symbolique non précis	152
6.4	Conclusion	164
7	Applications	165
7.1	Recalage automatique entre une carte et une image Radar	165
7.1.1	Introduction	165
7.1.2	Recalage grossier par appariement de zones urbaines	166
7.1.3	Détection des agglomérations dans l'image radar et dans la carte	169
7.1.4	Résultats de la mise en correspondance	171
7.1.5	Résultats de la recherche du chemin optimal par programmation dynamique	172
7.2	Fusion des données	174
7.3	Conclusion	175
A		181
A.1	Exemple classique de la Programmation Dynamique	181
A.1.1	Le problème du sac-à-dos	181
A.1.2	Les plus courts chemins dans un graphe	182
B	Détecteurs de contours	185
B.1	Opérateurs différentiels du premier ordre	185
B.2	Opérateurs optimaux	186
B.3	Opérateurs différentiels du deuxième ordre	187
B.4	Détecteur rapport	187
B.5	Implémentation du filtre exponentiel symétrique	188
B.6	Détecteur de ligne de Ziou	189

TABLE DES MATIÈRES

C Recalage grossier	193
C.1 Méthode 1	193
C.2 Recalage grossier en utilisant un modèle symbolique non précis ni en forme, ni en position	194
Bibliographie	197
Bibliographie	197