

LA DETERMINATION AUTOMATIQUE DE SILHOUETTE

Philippe VALERY

THOMSON-CSF "DIVISION DES ACTIVITES OPTRONIQUES" 52, rue Guynemer BP 28 - ISSY LES MOULINEAUX CEDEX
 Cette communication présente les travaux réalisés dans le cadre des Marchés DRET n°86/384 et 88/350.

RESUME

Le système décrit dans cet article a pour but la détermination automatique de silhouette de véhicules militaires sur l'imagerie infra-rouge.

L'originalité du système réside dans la mise en oeuvre de multiples bases de règles spécialisées pour une tâche du système (extraction d'indices visuels, analyse du contenu de l'image) et dans l'utilisation d'un formalisme de réseau sémantique pour la modélisation.

Le processus de segmentation bas-niveau est guidé par trois bases de connaissances. Cette organisation permet d'utiliser trois types de traitements : détection de contours, recherche de régions homogènes, fusion de deux sources de primitives.

L'interprétation de l'image sera effectuée par une méthode de prédiction-vérification d'hypothèses permettant de prendre en compte des différences importantes de point de vue ainsi que des occlusions partielles (masquage naturels ou contremesures).

SUMMARY

This paper presents a system designed for automatical outlining of military vehicles on infrared images.

The system's originality consists of several sets of rules, each of them specialized for a particular task (image features extraction, image content analysis). The models of vehicles are described with a semantic network formalism.

The segmentation process is guided by three knowledge sources. This organization allows the use of three types of processings : edge detection, homogeneous regions extraction, fusion of both techniques.

Picture interpretation will be achieved using a method of generation and evaluation of hypotheses. This task will be able to take into account large variations in position and conditions of observation and some partial occlusions (natural masks or countermeasures).

I - INTRODUCTION :

L'autonomie des systèmes d'armes modernes passe par le développement de capacités sensorielles leur permettant d'accomplir leur mission sans intervention d'un opérateur. L'imagerie infrarouge, outre sa discrétion, fournit une information riche lorsqu'il s'agit d'identifier des véhicules militaires (blindés, hélicoptères, aéronefs).

Le système RUBIS (Rule Based Identification System) met en oeuvre des techniques d'Intelligence Artificielle pour réaliser la détermination automatique de la silhouette des véhicules présents dans la scène.

La base de connaissances du système est partitionnée en paquets de règles spécialisées. Cette organisation correspond à un enrichissement progressif de l'information et à un affinage de la connaissance que le système utilise pour analyser l'image.

Le déroulement du processus d'interprétation suit un schéma général de prédiction-vérification d'hypothèses précédé d'une segmentation bas-niveau.

Les traitements de segmentation bas-niveau sont contrôlés par trois bases de règles ayant un champ d'application restreint.



Ce champ de compétence est limité par les types d'objets sur lesquels portent leurs prémisses et actions.

La modélisation des véhicules à reconnaître est réalisée dans un formalisme de réseau sémantique qui allie une description riche et une structuration hiérarchisée des modèles.

Les processus de prédiction et de vérification d'hypothèses sont gérés par une base de règles afin d'orienter les recherches dans les directions les plus prometteuses.

2 - LA SEGMENTATION BAS-NIVEAU :

L'objet de la segmentation bas-niveau est de fournir au processus d'interprétation un ensemble de primitives suffisamment précises pour entreprendre la mise en correspondance entre les indices visuels extraits de l'image et les objets ou parties d'objets du modèle de référence.

Les algorithmes de segmentation d'images privilégient généralement un type de primitives qui sont soit les régions de luminance homogène, soit les discontinuités de luminance correspondant notamment aux limites des objets de la scène. Nous avons choisi de faire collaborer les deux types de primitives pour deux raisons essentielles. La première raison concerne leur enrichissement mutuel en détectant et en exploitant les configurations particulières.

La seconde raison est liée au processus d'interprétation. Nous cherchons à reconnaître des véhicules sur imagerie infrarouge d'extérieur. Certains détails comme les zones chaudes des objets apparaissent comme des régions diffuses tandis que certaines caractéristiques géométriques sont plus aisément identifiables en utilisant les informations de type segment de droite.

L'ensemble des régions est obtenu par l'algorithme de segmentation proposé par KOHLER (KOH-81). Cette méthode est fondée sur un seuillage multiple, les seuils étant les valeurs de luminance correspondant aux pics de l'histogramme des transitions moyennes.

Les lignes de contours sont obtenues par une détection des points de fort contraste par application de masques de convolution de type NEVATIA suivie d'un seuillage. Les chaînes continues de contours sont représentées par une liste de segments de droite obtenus par approximation polygonale.

Les défauts de segmentation se répartissent principalement selon trois catégories :

- fragmentation excessive des régions et des lignes de contour,
- non-séparation de régions physiquement distinctes ;
- mauvais placement d'un contour.

Ces défauts ont deux causes essentielles :

- un critère de segmentation mal adapté à la zone traitée (ceci est particulièrement vrai sur les images présentant à la fois des zones homogènes et des zones texturées).
- une analyse trop globale de l'image conduisant à la détermination de valeurs de paramètres localement inadaptes.

Pour pallier ces inconvénients, nous avons choisi d'améliorer la segmentation initiale par des traitements contrôlés par des bases de règles. Les prémisses de ces règles de production ont pour but la détection d'une configuration intéressante afin de déclencher dans la partie action un traitement adapté. L'analyse locale des configurations de primitives extraites permet de réaliser des traitements faisant intervenir des régions, des segments, mais également les deux types de primitives simultanément et en coopération. Cette troisième possibilité permet l'exploitation de la dualité contours/régions ho-

mogènes et donc l'enrichissement de l'information avant toute introduction de connaissances a priori sur le contenu de la scène.

Le schéma suivant (fig 1) présente l'organisation hiérarchique des paquets de règles structurés selon les types d'objets qu'ils traitent et les actions qu'ils leur appliquent.

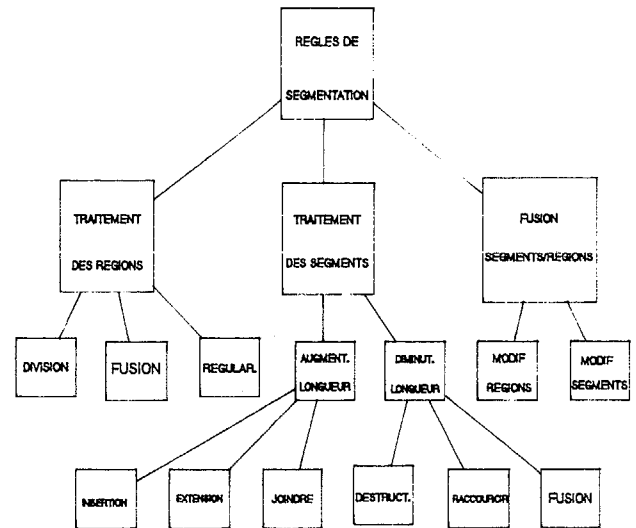


Figure 1 : ORGANISATION DE LA BASE DE RÈGLES DE SEGMENTATION.

La régularisation de deux régions adjacentes correspond à une réaffectation des pixels proches de leur frontière afin de corriger des irrégularités souvent dues au bruit.

Les règles R1 et R2 sont données ci-dessous à titre d'exemple. Elles appartiennent respectivement aux paquets "Fusion de régions" et "Raccourcissement de segments".

R1 :

====

Soient
telles que
et

et

alors

2 régions adjacentes REG1 et REG2
l'une est petite devant l'autre
leurs niveaux de gris moyens sont
proches
le gradient moyen sur leur frontière
commune est faible

fusionner REG1 et REG2

R2 :

====

Soient
tels que
et

et

alors

2 segments sécants SEG1 et SEG2 en J
SEG1 a une extrémité libre E
la distance EJ est faible par rapport
à longueur de SEG1
il n'existe aucun segment proche de E
excepté SEG2

raccourcir SEG1 de la portion EJ

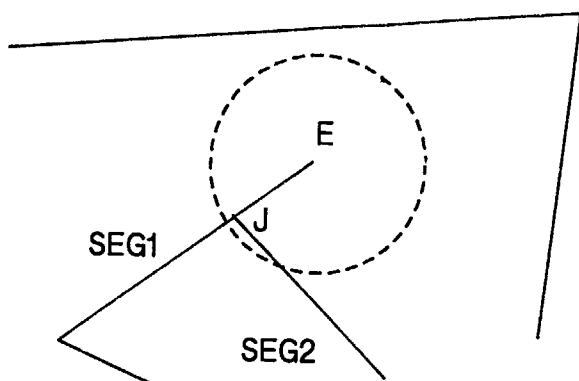


Figure 2 : CONFIGURATION D'APPLICATION DE LA REGLE R2

Le résultat de la segmentation ainsi obtenu ne peut en aucun cas fournir au processus d'interprétation un ensemble de primitives permettant de réaliser une correspondance biunivoque entre un indice visuel et un objet du modèle. La stratégie utilisée lors de choix de traitements et de paramètres visera à minimiser les erreurs de non-séparation quitte à augmenter les défauts de sur-fragmentation qu'il est possible de prendre en compte au cours de l'interprétation sans que cela entraîne impérativement une modification de la base des primitives.

Le contrôle de ces traitements vise à éviter des bouclages au cours desquels division et fusion se succéderaient indéfiniment sur une zone de l'image. Outre les attributs classiques des objets (attributs de luminance, de répartition des gradients, morphologiques, relationnels) nous avons prévu d'utiliser des attributs d'états des objets qui permettent de préciser les actions qu'il est possible de leur appliquer. Ces attributs sont modifiés par les règles de modification de régions afin d'interdire les modifications ultérieures ou bien par des métarègles évaluant la qualité de la segmentation courante.

3 - LA MODELISATION DE CIBLE :

La modélisation des objets à reconnaître est guidée par le contexte de l'application. Le système RUBIS est confronté à plusieurs facteurs qui contraignent l'établissement des modèles :

- l'utilisation de l'imagerie infrarouge qui facilite la détection des véhicules par la mise en évidence de leurs contrastes thermiques.
- les images traitées proviennent de scènes d'extérieur en environnement non coopérant (masquage par des contremesures, conditions d'illumination non maîtrisées).
- La taille de la silhouette sur image (10 à 100 pixels de côté) correspond à des véhicules situés à longue ou moyenne distance.

Nous avons donc cherché à définir un cadre de modélisation peu contraignant permettant de décrire des objets de plusieurs manières afin de prendre en compte les diverses conditions de prise de vue. D'autre part il est exclu de fonder l'analyse sur un modèle privilégiant l'aspect géométrique car l'exploitation d'une représenta-

tion images faiblement résolues (cas des véhicules placés à longue distance).

Dans cette optique, il est intéressant de concevoir un modèle fondé sur un formalisme de réseau sémantique. Le modèle d'un véhicule est décomposé en objets correspondant aux différentes entités physiques. Chacun de ces sous-objets est décrit via la notion de perspective par un ensemble de modèles bidimensionnels. Ces modèles prennent en compte les différentes orientations possibles ainsi que la notion de la distance d'observation. Chacun de ces objets est décrit par un ensemble d'attributs propres et est en relation avec les autres objets du modèle.

Les relations décrivent le positionnement relatif des formes, les exclusions mutuelles, les rapports de luminance probables. Ces relations sont codées par des règles de maintien de la cohérence. Chaque mise en correspondance d'un objet du modèle et d'un groupe d'indices visuels donne lieu à la création d'une instance de l'objet. Les règles de maintien de cohérence vérifient la validité de l'instance créée par rapport à l'ensemble des objets déjà identifiés.

4 - PROCESSUS DE MISE EN CORRESPONDANCE :

Le silhouettage automatique est effectué par une méthode de prédiction vérification d'hypothèses. Le système RUBIS est actuellement conçu pour la détermination de la silhouette d'un véhicule dont il connaît la nature.

4.1 LA PREDICTION D'HYPOTHESES :

Cette tâche a pour but la création d'un certain nombre d'hypothèses concernant l'orientation et l'échelle de l'objet sur l'image. Une hypothèse est un sextuplet de paramètres donnant les angles de site et gisement de la ligne d'observation dans le repère de l'objet, l'échelle, la position (abscisse et ordonnée) ainsi que l'orientation de la silhouette de l'objet dans l'image.

La prédiction est effectuée par la recherche dans l'image d'objets particuliers du modèle appelés îlots de confiance (ICM). Ces objets du modèle sont décrits par une configuration géométrique d'éléments remarquables (par exemple deux régions chaudes symétriques, deux lignes parallèles etc...).

La description des ICM est effectuée indépendamment de l'échelle de l'objet dans l'image. La prédiction d'hypothèses consiste à rechercher pour chaque ICM du modèle un ou plusieurs homologues dans la scène. Chaque mise en correspondance est exploitée afin d'en déduire un intervalle de validité de chacun des paramètres de l'hypothèse. Ces intervalles sont ensuite discrétisés. Les hypothèses sont constituées par le produit cartésien des ensembles obtenus, puis sont classées en calculant un score de plausibilité correspondant au nombre d'occurrences de cette hypothèse au cours de la tâche de prédiction.

4.2 LA VERIFICATION :

L'hypothèse sélectionnée permet de choisir pour chacune des parties du véhicule le modèle à utiliser lors de la phase de vérification.

La phase de vérification de chaque objet est effectuée en deux étapes :

- la détermination d'une zone de recherche
- la mise en évidence de sa silhouette.

La zone de recherche est déterminée par la projection sur l'image d'une approximation de la forme extérieure de l'objet fournie par le modèle. Les caractéristiques des primitives de l'image ayant une intersection avec la zone de recherche sont comparées aux caractéristiques de l'objet cherché afin de les inclure éventuellement à la silhouette.



Nous distinguons, lors de cette étape, deux types d'échecs :

- le rejet d'une hypothèse :
Après chaque mise en correspondance, la qualité de l'hypothèse est remise à jour. Le calcul du ratio (qualité courante / qualité maximale théorique) permet de se rendre compte en permanence du degré de plausibilité de l'hypothèse traitée.

- Les masquages d'une partie du véhicule :

Certaines erreurs de segmentation sont détectables lors de la mise en correspondance. Une région extraite de l'image peut présenter, malgré des caractéristiques globales satisfaisantes, des défauts géométriques par rapport à la forme issue du modèle. Ceci conduira à une nouvelle segmentation de la zone concernée utilisant les informations du modèle .

5 - CONCLUSION :

Une maquette du système d'extraction des régions homogènes a été réalisée en Common Lisp sur station de travail. Cette réalisation a démontré la faisabilité de l'approche visant à faire collaborer des algorithmes classiques et des traitements par règles.

L'introduction de techniques d'Intelligence Artificielle apporte les avantages suivants :

- L'utilisation pour une même tâche de plusieurs algorithmes classiques en contrôlant par les ensembles de règles leurs zones d'application, leurs paramètres et leur enchaînement.
- L'introduction d'informations à priori sur le contenu de la scène afin d'en faciliter l'exploitation et de dépasser les limites actuelles des systèmes de segmentation automatique dans le cas notamment de masquages partiels.

BIBLIOGRAPHIE :

- (CON-87) J.H. CONNELL, M. BRADY
Generating and Generalizing models of visual objects
Artificial Intelligence 31 (1987) pp 159-183
- (GIR-87) G. GIRAUDON
Chânage efficace de contour
Rapport de recherche INRIA n°605 - Fév 87
- (KOH-81) R. KOHLER
A Segmentation System Based on Thresholding
CGIP - Vol 15 - 1981 - pp 319 - 338
- (KOH-87) C.A. KOHL, A. HANSON, E. RIESEMAN
Goal-directed control of low-level processes for image interpretation
DARPA Image Understanding Workshop
Fev 87 - pp 538 - 551
- (LEV-84) M.D. LEVINE, A.M. NAZIF
An optimal set of image segmentation rules
Pattern Recognition Letters (1984) pp 243-248
- (NAZ-84) A.M. NAZIF, M.D. LEVINE
Low Level Image Segmentation :
An Expert System
IEEE PAMI - 6 - n°5 - Sep 1984
- (WIN-84) P.H. WINSTON
Artificial Intelligence
Addison-Wesley