

UTILISATION D'UN SYSTÈME D'INFORMATION GÉOGRAPHIQUE POUR L'INTERPRÉTATION AUTOMATIQUE D'IMAGES AÉRIENNES

Par Ghislaine BORDES, Olivier JAMET
IGN Laboratoire MATIS - 2, av. Pasteur - 94160 Saint-Mandé

Gérard GIRAUDON
INRIA - Domaine de Voluceau - Rocquencourt B.P. 105 - 78153 Le Chesnay

RÉSUMÉ

L'interprétation automatique des images aériennes se heurte au problème de la variabilité des images et des objets à extraire. Différentes solutions ont été proposées, l'une d'elles consistant à utiliser des données externes fournies, par exemple, par un S.I.G. Nous étudions dans cet article l'apport des S.I.G. pour l'interprétation des images et proposons une stratégie d'interprétation appliquée à l'extraction des routes et guidée par une base de données cartographiques.

1 Introduction

Les progrès réalisés dans les domaines du traitement d'images et de l'intelligence artificielle et l'apparition des premiers appareils de restitution photogrammétrique numériques permettent dès aujourd'hui d'envisager d'utiliser l'interprétation automatique des images aériennes à des fins cartographiques. Toutefois, pour être réellement opérationnelle et éviter des reprises manuelles longues et fastidieuses, l'interprétation automatique doit fournir des résultats fiables et suffisamment exhaustifs. Les méthodes classiques de traitement d'images sont extrêmement sensibles aux caractéristiques de l'image (radiométrie en particulier), aux aspects très variables des objets cartographiques à identifier. Ainsi, une méthode pourra être très efficace pour une image et inadaptée pour une autre. Différentes approches ont été envisagées pour pallier ce manque de robustesse et de généralité : les approches multi-spécialistes, les approches semi-automatiques et les approches multi-sources.

Les approches multi-spécialistes partent de l'idée que les objets cartographiques sont liés à leur contexte : la présence d'un objet cartographique confirme celle d'un autre. Ces approches mettent donc en jeu des traitements spécialisés dans la détection d'un type d'objet («les spécialistes»), ces traitements sont indépendants les uns des autres, leurs résultats sont confrontés pour valider les objets détectés. De telles approches ont été

mises en oeuvre par Nagao et Matsuyama [6], et dans le système MESSIE [3]. Ces approches, très riches et très prometteuses font le plus souvent appel à des systèmes experts complexes, difficiles à mettre en oeuvre.

L'approche semi-automatique vise au contraire une opérationnalité à plus court terme. Il s'agit de faire intervenir un opérateur pour guider la détection. L'opérateur peut par exemple fournir une position approximative des objets à détecter, choisir les algorithmes de traitement à mettre en oeuvre et les valeurs de leurs paramètres ou amorcer un algorithme de suivi (pour la détection des routes, par exemple, dans [1]).

L'approche multi-sources, plus récente, utilise la complémentarité de différentes sources d'information pour détecter les objets avec fiabilité. Cette approche a principalement été mise en oeuvre pour des images issues de plusieurs capteurs ou de plusieurs canaux d'un même capteur. L'utilisation de données symboliques (cartes scannées, Systèmes d'Information Géographique...) se développe (voir par exemple [5] et [7]) ; elle permet d'avoir des informations sur le contenu de la scène et donc sur le contexte des objets à détecter avant même d'avoir commencé l'interprétation. Cette information a priori permet de guider et de valider l'interprétation.

Dans cet article, nous abordons un exemple d'approche multi-sources, dans lequel nous utilisons une image aérienne et des informations symboliques issues d'un S.I.G. Dans le paragraphe 2, nous justifions l'utilisation d'un S.I.G. pour l'interprétation automatique. Puis nous présentons notre problématique et la stratégie d'interprétation que nous avons choisie pour la résoudre.

2 L'apport des S.I.G. à l'interprétation automatique

2.1 Pourquoi utiliser un S.I.G. ?

L'intérêt des S.I.G. pour l'interprétation des images aériennes a été mis en évidence (voir [4]) depuis plusieurs années, avant même qu'il existe des S.I.G. réellement opérationnels.

Lorsqu'on dispose d'un S.I.G. sur la zone que l'on souhaite interpréter, on sait d'une part où se trouvent les objets cartographiques et d'autre part quelles sont leurs caractéristiques intrinsèques et leur contexte, c'est à dire leurs liens avec les autres objets. L'information géométrique sur la localisation des objets que l'on veut extraire permet de guider plus ou moins précisément la recherche des primitives dans l'image. On limitera ainsi la recherche aux zones de l'image où le S.I.G indique la présence d'objets à détecter.

Une des principales difficultés de l'interprétation d'image est de définir des modèles génériques (en terme de géométrie et de radiométrie en général) pour les objets que l'on veut détecter. Bien souvent, les objets de l'image ne sont pas détectés parce qu'ils échappent au modèle générique. L'information apportée par le S.I.G. concernant la nature et le contexte des objets cartographiques est essentielle, en ce sens qu'elle va permettre d'adapter le modèle générique à chaque objet recherché.

2.2 Comment utiliser la connaissance apportée par un S.I.G. ?

On peut envisager plusieurs façons d'utiliser la connaissance apportée par les S.I.G. Trois grands types de méthodes peuvent être cités :

- Les méthodes où l'on recherche les primitives (lignes ou zones) dans l'image sans utiliser la connaissance du S.I.G. Puis on met en correspondance les primitives de l'image et les objets du S.I.G. Ceci permet de valider les primitives et de recalibrer les objets du S.I.G. sur elles. Cette méthode ne peut être opérationnelle que si les objets du S.I.G. sont assez peu différents des objets tels qu'ils apparaissent dans l'image.
- Les méthodes où les données vectorielles du S.I.G. sont mises sous forme d'images (carte de distance au réseau hydrographique par exemple) et peuvent ainsi être intégrées dans un processus de fusion d'images. Ce type de méthode a été mis en oeuvre pour des classifications d'images satellitaires, dans [7] par exemple.
- Les méthodes où les objets du S.I.G. sont projetés dans l'image et où les traitements de l'image sont contraints par le S.I.G. : les zones de recherche sont contraintes, le choix des algorithmes et des valeurs de leurs paramètres est guidé.

Le choix de la méthode est étroitement lié au type de S.I.G. dont on dispose et à l'objectif que l'on s'est fixé (en termes de précision par exemple).

3 Notre problématique

3.1 L'interprétation automatique des images à l'Institut Géographique National.

La saisie initiale de la base de données topographiques (BDTopo®) sur l'ensemble du territoire français nécessitera plus de 15 ans, si elle est faite selon le processus classique de restitution photogrammétrique. Cette base de données est destinée à remplacer la carte topographique au 1:25 000, ses objets auront une pré-

cision géométrique de l'ordre du mètre selon les 3 axes x, y et z.

Afin d'accélérer la saisie de la base de données, l'I.G.N. étudie les solutions que pourraient apporter des processus d'interprétation automatique ou semi-automatique. Plusieurs thèmes cartographiques sont actuellement à l'étude : la restitution automatique du relief, des bâtiments et des routes. Pour notre part, nous nous intéressons plus particulièrement à la détection automatique des routes. Dans ce même domaine de l'extraction du réseau routier, l'approche multi-spécialiste et l'approche semi-automatique (voir [1]) présentées en introduction font également l'objet de travaux de recherche à l'I.G.N.

3.2 Les images aériennes utilisées.

Les images aériennes dont nous disposons sont des photographies aériennes panchromatiques à l'échelle du 1:30 000 et scannées au pas de 18mm ; la résolution des images numériques ainsi obtenues est donc de 0.54m. Les photographies utilisées sont comparables à celles du processus photogrammétrique classique.

Les images numériques sont ensuite redressées et corrigées sous forme d'ortho-images. L'image est alors compatible avec une projection cartographique.

3.3 Le S.I.G. dont on dispose

Le S.I.G. dont nous disposons est la base de données cartographiques (BDCarto®) de l'I.G.N. C'est actuellement le S.I.G. le plus précis existant pour l'ensemble du territoire français et c'est donc, à ce titre, le plus adapté à nos besoins.

La BDCarto® est destinée à la rédaction des cartes du 1:100 000 au 1:250 000. Elle contient les réseaux de communication, le réseau hydrographique, des objets ponctuels remarquables et une couche d'occupation du sol. Sa précision géométrique est de 20m en écart-type.

Le réseau routier de la BDCarto est un graphe composé de tronçons routiers (les arcs) et de carrefours (les noeuds). Les tronçons et les carrefours ont des attributs sémantiques (nombre de voies, nombre de chaussées, classement administratif par exemple pour les tronçons).

La BDCarto® a été acquise par scannage de carte au 1:50 000, ces planches scannées ont ensuite été vectorisées. Ce processus d'acquisition entraîne des erreurs de positionnement géométrique des objets qui sont liées aussi bien à la nature de la carte qu'aux méthodes de vectorisation employées. La précision géométrique du réseau routier de la BDCarto® est donc très loin de la précision attendue pour le résultat final de l'interprétation.

Notre objectif est donc d'extraire le réseau routier avec une précision métrique, dans les images aériennes, en utilisant au mieux les connaissances apportées par la BDCarto®.

4 La méthode d'interprétation choisie

Etant données l'imprécision géométrique de la BDCarto®, par rapport à la résolution de l'image, et la

richesse sémantique de ses objets, nous avons choisi une méthode d'interprétation du type de la troisième méthode décrite en 2.2. C'est-à-dire qu'on projette le réseau routier de la BDCarto dans l'image, et qu'on recherche les primitives routières au voisinage de ce réseau approximatif tout en contraignant les algorithmes de traitement d'images.

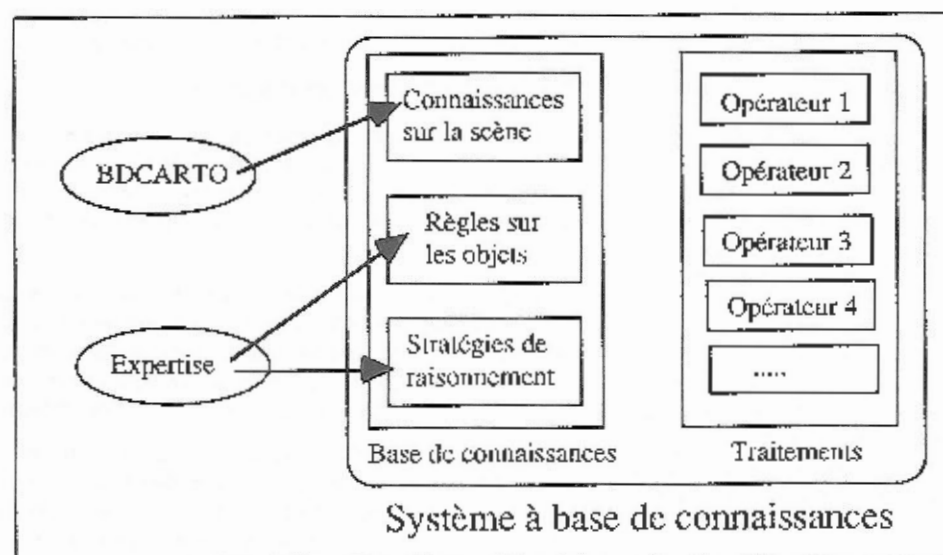
4.1 La stratégie d'interprétation

L'idée maîtresse de notre stratégie d'interprétation est qu'il est plus facile d'extraire les routes pour lesquelles la BDCarto donne une information fiable (en termes de précision géométrique en particulier) et que, pour les autres routes, on pourra s'appuyer sur les routes déjà extraites. Notre stratégie d'interprétation consistera donc à commencer par rechercher dans l'image les routes les plus fiables de la BDCarto® puis à s'appuyer sur les portions de route déjà extraites pour rechercher les routes les moins fiables.

Le second point essentiel de notre stratégie d'interprétation est l'utilisation de plusieurs opérateurs d'extraction de route. Dans le cas des tronçons routiers fiables, on choisira le traitement le plus approprié et on adaptera ses paramètres en fonction de la nature du tronçon (sa largeur par exemple) et de son contexte. Pour les tronçons plus difficiles, on pourra lancer plusieurs opérateurs en parallèle et fusionner leurs résultats. Dans tous les cas, les opérateurs d'extraction de route sont appliqués uniquement au voisinage des tronçons de la BDCarto®.

4.2 Architecture du système d'interprétation

Une des solutions courantes pour garantir l'indépendance des traitements et des connaissances est d'utiliser un système à base de connaissances. Ce type de système est particulièrement bien adapté à l'utilisation de connaissance structurée telle que celle de la BDCarto® (cf schéma ci-dessous).



4.3 L'acquisition de la connaissance

La construction d'un tel système à base de connaissances passe par une phase essentielle d'acquisition de la connaissance. Dans notre cas, la connaissance fournie par la BDCarto® est directement intégrée dans la base de connaissances, en tant que connaissance sur la scène.

Pour mettre en oeuvre notre stratégie d'interprétation, il faut associer à chaque tronçon de la BD une valeur de fiabilité. Nous avons réalisé une étude statistique (pour plus de détails se reporter à l'article [2]) permettant de prédire la fiabilité de la position géométrique de tout tronçon de la BDCarto®. Cette connaissance est exprimée sous forme de règles sur les objets. La fiabilité «a priori» est calculée à partir des attributs du tronçon et de son contexte, puis elle est stockée sous forme d'attribut des tronçons.

D'autre part, le système doit être capable de choisir le traitement le plus efficace en fonction des caractéristiques du tronçon routier à rechercher. Il faut donc acquérir les connaissances nécessaires ; c'est-à-dire étudier statistiquement l'efficacité des différents opérateurs (en termes de qualité géométrique et d'exhaustivité du résultat principalement) en fonction des caractéristiques des tronçons de la BD.

Conclusion

L'utilisation d'un S.I.G. pour guider et fiabiliser l'interprétation automatique des images est particulièrement prometteuse. Elle requiert toutefois la mise en oeuvre de systèmes complexes, capables de gérer l'imprécision des données fournies par le S.I.G. et d'utiliser au mieux ces données. Le système à base de connaissances que

nous proposons est actuellement en cours d'élaboration, la première phase consistant à acquérir les connaissances nécessaires à la mise en oeuvre des mécanismes de contrôle. L'étude de la fiabilité des tronçons que nous avons réalisée dans cette première phase nous permet de définir un ordre de recherche des

tronçons dans l'image, en fonction des caractéristiques de chaque tronçon. Cette étude conforte notre stratégie d'interprétation qui vise à extraire les portions de route les plus fiables en premier lieu puis de s'appuyer sur elles pour extraire les autres routes.

Références

- [1] S.Airault and O.Jamet, 1994. *Détection et restitution automatiques du réseau routier sur images aériennes*, RFIA, Vol1, pp 519-531, Paris.
- [2] G.Bordes, G.Giraudon, O.Jamet, 1995. *Road Extraction Guided by a Cartographic Database : Creating a Strategy*. ICCV 95 - Workshop on Context Based Vision, Cambridge (MA)
- [3] P.Garnesson, G.Giraudon and P.Montesinos, 1989. *Messie : A multi expert system in computer vision application for aerial imagery interpretation*. Actes du 7eme congrès RFIA - AFCET, vol2, pp 817-831, Paris.
- [4] M.MacKeown, 1984. *Knowledge-based aerial photo interpretation*. Photogrammetria 39, Elsevier Science Publishers, pp91-123.
- [5] H.Moissinac, P.Guérin, I.Bloch and H.Maitre, 1994. *Image Interpretation Using Symbolic Data*. Actes du 7ème congrès «EUSIPCO» sur le traitement du signal, vol I, pp 431-434, Edinburgh.
- [6] N.Nagao, T.Matsuyama, 1980. *A structural analysis of complex aerial photographs*, Plenum Press New-York.
- [7] L.Roux, 1994. *A multi-sources approach for satellite image interpretation*. SPIE, Image and Signal Processing for Remote Sensing, Vol 2315, Rome.