

Segmentation de Bois Gravés utilisant les Intégrales Floues

Victor Chen, Michel Roussel

LAM, groupe Traitement d'Images
Université de Reims – IUT de Troyes
9, rue de Québec
10026 Troyes Cedex - France
v.chen, m.roussel@iut-troyes.univ-reims.fr

Résumé. Ce travail s'inscrit dans les préoccupations de la ville de Troyes qui s'attache à valoriser son riche patrimoine ancien. Afin de garder une traçabilité des tampons de bois gravés, la bibliothèque municipale de Troyes projette de cataloguer les échantillons collectés en constituant une base de données. L'objectif du travail ici consiste, en partant d'une prise de vue du tampon, à obtenir l'impression qu'il aurait produit sur papier. La stratégie que nous mettons en œuvre pour résoudre cette problématique s'appuie sur un système de traitement utilisant l'analyse pyramidale des ondelettes de Haar et la fusion de données caractéristiques par les intégrales floues. Les résultats obtenus actuellement semblent confirmer la pertinence de notre approche.

1. Introduction

Dans cette communication, nous décrivons une démarche originale pour segmenter des images tampons (figure 1) réalisées à partir de bois gravés moyennant la technique de fusion de données. La stratégie que nous avons développée pour extraire l'image produite par un bois à partir du bois gravé s'appuie sur une méthode d'agrégation utilisant les intégrales floues [Grabish, 1994]. Un grand nombre d'approches de fusion de données telles que l'inférence Bayésienne, les règles de Dempster-Shafer et les opérateurs flous peuvent être trouvées dans la littérature [Bloch, 1996] [Shafer, 1976]. Les plus prometteuses concernent les intégrales floues qui jouissent de propriétés remarquables pour l'agrégation (monotonie, idempotence, non décroissance...). Dans leur forme la plus générale, elles incluent tous les opérateurs moyens pondérés ou hybrides, ce qui leur confère un attrait certain dans la fusion d'informations et dans les problèmes traitant des décisions multicritères. Depuis les travaux de Keller [Keller, 1990], l'implication des intégrales floues ne cesse de croître dans le domaine de la reconnaissance de formes ou de traitement d'images. Devant cette expansion, nous nous sommes intéressés au développement de ce modèle de fusion au service de la classification des caractéristiques des tampons gravés.



FIG. 1 – Image du bois gravé et son image obtenue après impression

2. Segmentation des images

En raison de la nature des figurines constituées principalement des traits, des sillons et des aplats (ou empreintes), l'utilisation des opérateurs classiques de traitement d'images (Sobel, Deriche..) ne nous a pas permis de discriminer ces différentes structures. Pour contourner cette problématique, une chaîne de traitements basée sur une décomposition pyramidale [Mallat, 1989] est appliquée pour mettre en évidence à la fois les aplats et le dimensionnement des contours et en particulier les points singuliers. Actuellement, cette analyse multirésolution est constituée d'un banc de filtres d'ondelettes de Haar, sa mise en oeuvre algorithmique est très simple et peu coûteuse en temps de calculs.

2.1 Présentation de filtres d'ondelettes de Haar 2D

L'utilisation de la transformée en ondelettes est motivée par sa capacité à mettre en oeuvre le principe de focus d'attention par le biais de l'analyse multirésolution. Dans cette démarche, on admet à une résolution donnée, que les objets se reconnaissent plus facilement dans une image à faible résolution; tandis que des détails peu significatifs dans une image à haute résolution disparaissent pour une résolution réduite facilitant la détection. A l'aide de ses itérations successives à différentes échelles, nous pouvons non seulement détecter et localiser les régions émergentes qui correspondent a priori à des aplats mais aussi établir une carte de contours. Contrairement à la procédure classique de décomposition qui font appel à la décimation, l'algorithme que nous développons ici supprime les sous-échantillonnages et ne considère lors d'un passage d'une résolution à l'autre que des convolutions qui opèrent par insertion des zéros suivant un processus similaire à l'algorithme à trous (Feauveau 1990). La construction des coefficients d'ondelettes de Haar est réalisée suivant quatre filtres

d'ondelettes 2D décrits par les matrices suivantes: $F_{LL} = \frac{1}{2} \begin{bmatrix} 1 & 1 \\ 1 & 1 \end{bmatrix}$ (lissage de l'image),

$F_{LH} = \frac{1}{2} \begin{bmatrix} 1 & 1 \\ -1 & -1 \end{bmatrix}$ (détection de contours verticaux), $F_{HL} = \frac{1}{2} \begin{bmatrix} 1 & -1 \\ 1 & -1 \end{bmatrix}$ (détection de contours horizontaux), $F_{HH} = \frac{1}{2} \begin{bmatrix} 1 & -1 \\ -1 & 1 \end{bmatrix}$ (détection de contours diagonaux). Dans l'opération du codage en sous bandes, les indices L et H représentent respectivement les basses et hautes fréquences du filtre F.

2.2. Extraction des aplats

Afin de mieux appréhender la finesse des contours et la taille des aplats, une implantation d'un filtre de Wiener est associée en fin de l'analyse pyramidale. Pour extraire les aplats, on recherche les caractéristiques des aplats à partir de lignes d'images lissées. La première étape consiste à localiser les intervalles occupées par des zones sombres en faisant appel à la technique de chapeau haut de forme, opérateur bien connu en morphologie mathématique pour la détection des pics de signaux en hauteur et/ou en épaisseur croissante. A l'issue de cette étape, on caractérise les zones émergentes en calculant les moments d'ordre 1 et 2 des luminances et les niveaux du dénivellement entre les zones voisines. Dans l'étape finale, on procède à la classification des zones en fusionnant les paramètres caractéristiques par l'intégrale de Choquet.

3. Agrégation de données

3.1 Stratégie de combinaison de données

Dans le cadre de cette application, la procédure d'agrégation de données est réalisée à partir de trois paramètres caractéristiques de l'image qui sont la luminance (x_1), le coefficient des dispersion (x_2) et la hauteur du dénivellement (x_3) entre le fond et les aplats. Cette opération de fusion peut être décrite par la relation suivante telle que $r = F[x_1, x_2, x_3]$ dans laquelle r représente le résultat de la fusion, F un opérateur de fusion. En raison des contraintes (encrage, accidents, texture faible) inhérentes à l'existence des tampons et celles liées aux conditions d'acquisition des images (inhomogénéité des images, surbrillance), les deux dernières caractéristiques sont extraites sur des lignes d'image. Cette approche de caractérisation apparaît particulièrement intéressante pour décrire le contenu de l'image et semble nous montrer sa capacité à distinguer d'une manière aisée des aplats du fond.

3.2 Mesures et Intégrales floues

Désignons par $X = \{x_1, x_2, \dots, x_m\}$ un ensemble fini non vide et $P(X)$ un ensemble des parties de X . Une mesure floue notée g_λ est une application g de $P(X)$ dans $[0, 1]$ et vérifiant les deux propriétés suivantes:

- $g(\emptyset) = 0$, $g(X) = 1$ et $g(A) \leq g(B)$ si $A \subseteq B$.
- si $A \cap B = \emptyset$ alors $g(A \cup B) = g(A) + g(B) + \lambda g(A)g(B)$ avec $\lambda > -1$ et $\lambda \neq 0$.

Ce paramètre λ est obtenu en résolvant l'équation suivante:

$$1 + \lambda = \prod_{i=1}^n (1 + \lambda g^i) \text{ où } g^i = g_\lambda(\{x_i\}).$$

Une fois la valeur de λ déterminée, on évalue les différentes valeurs de mesure floue $g_\lambda(A)$ susceptibles d'être utilisées dans le processus d'agrégation moyennant la relation suivante:

$$g_\lambda(A) = \frac{\prod_{x_i \in A} (1 + g^i) - 1}{\lambda} \text{ avec } A \subseteq X.$$

La notion d'intégrale floue découle de celle de mesure floue [Sugeno, 1991]. Ce sont des intégrales de fonctions réelles définies par rapport à une mesure floue. Supposons que ces fonctions soient préalablement ordonnées telles que: $0 \leq h(x_1) \leq h(x_2) \leq \dots \leq h(x_n) \leq 1$ et posons $A_i = \{x_i, x_{i+1}, \dots, x_n\}$. Dans le domaine de la fusion d'information, les deux types d'intégrales floues que nous rencontrons sont l'intégrale de Sugeno et l'intégrale de Choquet.

- L'intégrale de Sugeno est définie de la manière suivante:

$$S_g(h(x_1), \dots, h(x_n)) = \bigvee_{i=1}^n (h(x_i) \wedge g(A_i))$$

- L'intégrale de Choquet par:

$$C_g(h(x_1), \dots, h(x_n)) = \sum_{i=1}^n (h(x_i) - h(x_{i-1})) g(A_i) \text{ avec } h(x_0) = 0$$

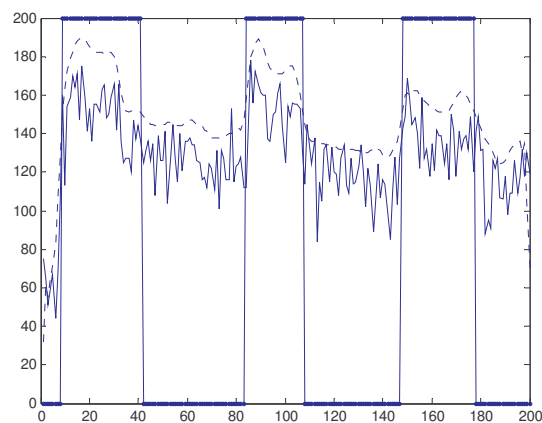
4. Applications

Nous présentons dans ce paragraphe les résultats de segmentation évalués par notre approche. L'objectif est d'isoler les parties émergentes de l'image. Nous présentons à la figure (FIG. 2) l'effet passe bas du filtre f_{LL} de Haar ainsi que l'effet du lissage par le filtre de Wiener réalisé sur une ligne d'image. Cette topographie montre qu'on peut caractériser les aplats en détectant les pentes séparant les zones claires et les zones sombres par le chapeau en haut de forme, outil bien connu en morphologie mathématique [Chermant, 1989] pour isoler les émergences topographiques non caractéristiques. Par ailleurs, à cause de la diversité des événements à isoler dans l'image, comme le montre la figure (FIG. 3) où nous devons discriminer le fond de l'aplat (profil 1) et réciproquement (profil 2), il est difficile de mettre en œuvre les techniques classiques de segmentation. Pour s'affranchir de cette dérive

topographique due à la faiblesse du dénivèlement entre l'aplat et le fond d'une part et à l'inhomogénéité de la luminance d'autre part figure (FIG. 3), on est contraint à développer un système de classification qui essaie de discriminer toutes sortes de profils en recourant à l'intégrale de Choquet pour sa gestion souple de combinaison de données. Pour cette application, les critères à agréger sont respectivement le niveau de gris, le coefficient de dispersion des niveaux de gris et la hauteur du dénivèlement, tandis que les mesures de croyance utilisées sont pour le moment choisis arbitrairement $g^1 = 0.5$, $g^2 = 0.3$ et $g^3 = 0.4$. A partir de ces singletons, nous évaluons dans le tableau (TAB 1) les autres degrés de croyance composites issus des événements combinés moyennant la formule du processus d'agrégation avec $\lambda = -0.4516$. Le score de l'agrégation des critères x_i est établi à partir des fonctions de croyance $m(x_i)$ dont les allures sont présentées à la figure (FIG-4). Le résultat global de la segmentation du bois gravé montré à la figure (FIG. 5) est très encourageant. Notre prochaine étape vise à utiliser l'approche sur d'autres séries de tampons afin de juger de sa stabilité et de sa reproductibilité.

A	$g_\lambda(A)$	A	$g_\lambda(A)$
0	0	$\{x1, x2\}$	0.7323
$\{x1\}$	0.5	$\{x2, x3\}$	0.8097
$\{x2\}$	0.3	$\{x1, x3\}$	0.6458
$\{x3\}$	0.4	$\{x1, x2, x3\}$	1

TAB 1 – Calcul des degrés de croyance composites



—— signal original ----- effet du filtrage par les ondelettes de Haar et le filtre de Wiener

FIG. 2 – Détection des zones émergentes

Segmentation de Bois Gravés utilisant les Intégrales Floues

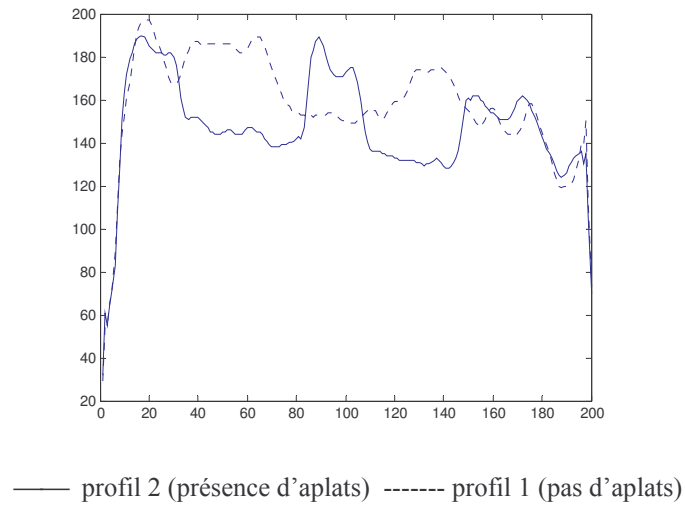
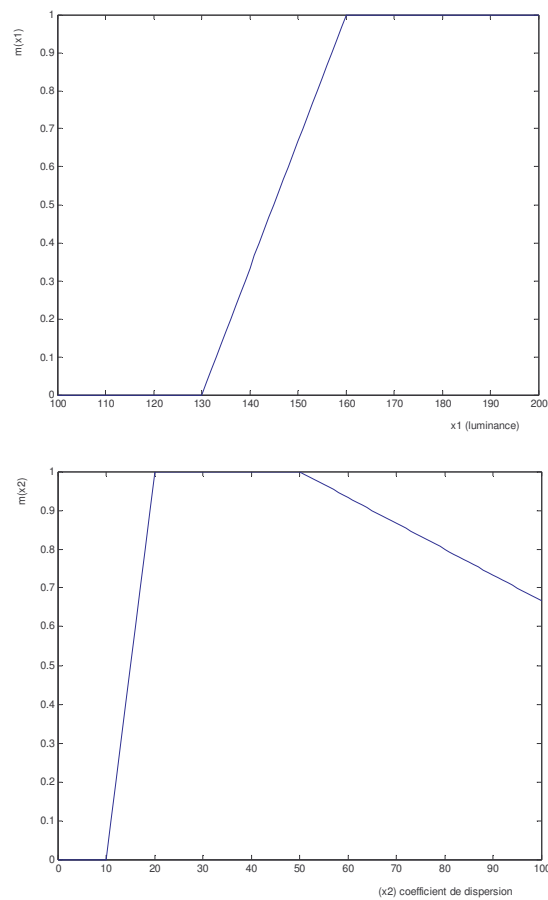


FIG. 3 – Exemple de difficulté de discrimination de deux signaux similaires



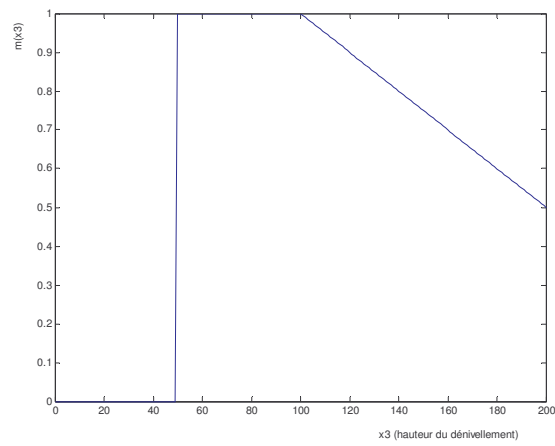


FIG. 4 – Caractéristiques des fonctions de croyance (a) luminance, (b) coefficient de dispersion, (c) hauteur du dénivellement



FIG. 5 – Résultat de segmentation du bois gravé

5. Conclusion

Par le biais de cette stratégie, nous obtenons actuellement une bonne impression de l'image tampon sans avoir à effectuer trop de retouches. Le cadre applicatif concerne la segmentation des images de tampons médiévaux. Les résultats obtenus sont perceptuellement satisfaisants et permettent de penser que cette approche de segmentation fournira un bon outil pour d'autres applications. Des points durs subsistent encore, l'automatisation de la segmentation est somme toute réthibitoire en raison de la diversité des matériaux utilisés et de la variété de tampons à traiter; la qualité de la segmentation est trop tributaire des phénomènes liés aux problèmes d'encrage et aux accidents subits par le bois au cours de son existence, ainsi l'intervention de l'expert est souvent nécessaire pour juger de la bonne discrimination des objets. Des efforts sur ce point pourraient améliorer la méthode par addition du raisonnement humain moyennant des modèles de représentation de connaissances adaptés.

Références

- [Grabisch et Nicolas, 1994] Grabisch M. et Nicolas J. M. (1994), Classification by fuzzy integral: performance and tests, *Fuzzy Sets Systems*, 65, pp 255-271, 1994.
- [Bloch, 1996] Bloch I. (1996), Information combination operators for data fusion: a comparative review with classification, *IEEE Transaction on Sytem, Man and Cybernetics*, 26 (1), pp 52-67, 1996.
- [Shafer, 1976] G. A. Shafer G. A. (1976), *A Mathematical Theory of Evidence*, Princeton University Press, Princeton, NJ, 1976.
- [Tahani et Keller, 1990] Tahani H. et Keller J. M. (1990), Information fusion in computer vision using the fuzzy integral, *IEEE Transaction on System, Man and Cybernetics*, 20, pp 733-741, 1990.
- [Mallat, 1989] Mallat S. G. (1989), A Theory for Multiresolution Signal Decomposition: the wavelet representation, *IEEE Transaction on Pattern Analysis and Machine Intelligence*, 11 (7), pp 674-693, 1989.
- [Feauveau, 1990] Feauveau J. C. (1990), *Analyse multirésolution par ondelettes non orthogonales et bancs de de filtres numériques*, Thèse de Doctorat, Université de Paris Sud, janvier 1990.
- [Murofushi et Sugeno, 1991] Murofushi T., Sugeno M. (1991), Fuzzy t-conorm integrals with respect to fuzzy measures : generalization of sugeno integral and choquet integral, *Fuzzy Sets and Systems*, vol. 42, pp 57-71, 1991.
- [Coster et Chermant, 1989] Coster M., Chermant J. L. (1989), *Précis d'analyses d'images*, Edition Presses du CNRS, 1989.

Summary

This paper deals with the solving of one of Troyes city cares which is concerned about the development of its large ancient patrimony. In order to keep a guiding mark of engraved wooden pad, municipal library of Troyes intends to registrate collected samples by making up printpad database. The objective of this framework consists in extracting a good print from the wooden pad image. The used strategy to achieve this problem emphasizes the implementation of classification system by using the pyramid analysis of Haar wavelet and

the applying of fuzzy integrals to combine the characteristics of the image. Experiment results reported seem to show the meaningful of our approach.