

Transformations en ondelettes 2D directionnelles

Un panorama

Laurent Duval*
IFP Energies nouvelles
36e journée ISS France

07/02/2013

Résumé

La quête de représentations optimales en traitement d'images et vision par ordinateur se heurte à la variété de contenu des données bidimensionnelles. De nombreux travaux se sont cependant attelés aux tâches de séparation de zones régulières, de contours, de textures, à la recherche d'un compromis entre complexité et efficacité de représentation. La prise en compte des aspects multi-échelles, dans le siècle de l'invention des ondelettes, a joué un rôle important en l'analyse d'images. La dernière décennie a ainsi vu apparaître une série de méthodes efficaces, combinant des aspects multi-échelle à des aspects directionnels et fréquentiels, permettant de mieux prendre en compte l'orientation des éléments d'intérêt des images (*curvelets*, *contourlets* et autres *shearlets*). Leur fréquente redondance leur permet d'obtenir des représentations plus parcimonieuses et parfois quasi-invariantes pour certaines transformations usuelles (translation, rotation). Ces méthodes sont la motivation d'un panorama thématique. Quelques liens avec des outils plus proches de la morphologie mathématique seront évoqués.



FIGURE 1 – Middle : Szeged University Memorial plaque in honor of A. Haar and F. Riesz : *A szegedi matematikai iskola világhírű megalapítói* (The world-wide famous founders of the mathematical school in Szeged) ; left and right : dyadic dual-tree wavelet decompositions, from [2, 3, 4].

1 Résumé

Ce travail présente succinctement une synthèse bibliographique [1] sur les transformations en multirésolution géométriques, ou "ondelettes" bidimensionnelles, pour le traitement d'images. Ces transformations ont connu un développement rapide à partir des années 1998–1999, qui s'est concrétisé par le bourgeonnement de transformations en "-let". Les approches multirésolution revêtent un certain intérêt, pour différentes raisons (inspirées de [5]) :

1. le nombre limité d'échelles auxquelles les objets peuvent avoir un sens [6, 7, 8],
2. l'observation d'aspects "multirésolution" dans la physiologie du système visuel humain [9],
3. la possibilité de produire, au travers de capteurs, des informations numériques à différentes résolutions, ainsi que l'intérêt de niveaux hiérarchiques d'extraction d'information,

*avec Laurent Jacques, Caroline Chau, Gabriel Peyré, Signal Processing, 2011 [1].

4. la structuration multi-échelle des éléments distinctifs d'images numériques (contours, textures, bruits),
5. les avantages calculatoires de telles représentations, en termes notamment de parcimonie,
6. la robustesse, la relative généralité (pour des types de données différentes) des approches développées.

S'inspirant de modèles d'images combinant (i) parties régulières, p. ex. polynomiales par morceaux (ii) ruptures de type bords et contours (iii) textures géométriques (iv) résidus moins modélisables (bruits), de nombreuses propositions ont combiné des décompositions pyramidales/multi-échelles et d'autres outils, plus adaptés à certaines des quatre composantes citées plus haut : modélisation par polynômes ou courbes régulières, dérivées orientées, géométrie discrète, détecteurs de courbes paramétriques, morphologie mathématique, estimateurs fréquentiels locaux, flot optique, modèles aléatoires, filtres non linéaires. Cette hybridation a pu doter les transformées multi-échelle classiques d'une plus grande robustesse aux bruits, d'une sensibilité accrue à l'orientation, d'une meilleure sélectivité des fréquences, pour des représentations plus compactes et plus efficaces pour différents traitements (débruitage, déconvolution, segmentation, détection). Cette occasion permet de citer quelques travaux entre systèmes morphologique et linéaire [10, 11, 12, 5, 13, 14].

2 Remerciements

À Laurent Jacques (Université catholique de Louvain), Jesús Angulo (Mines ParisTech) et Maxime Moreaud (IFP Energies nouvelles), pour les échanges littéraires.

Références

- [1] L. Jacques, L. Duval, C. Chaux, and G. Peyré. A panorama on multiscale geometric representations, intertwining spatial, directional and frequency selectivity. *Signal Process.*, 91(12) :2699–2730, Dec. 2011.
- [2] C. Chaux, L. Duval, and J.-C. Pesquet. Image analysis using a dual-tree M -band wavelet transform. *IEEE Trans. Image Process.*, 15(8) :2397–2412, Aug. 2006.
- [3] C. Chaux, J.-C. Pesquet, and L. Duval. Noise covariance properties in dual-tree wavelet decompositions. *IEEE Trans. Inform. Theory*, 53(12) :4680–4700, Dec. 2007.
- [4] C. Chaux, L. Duval, A. Benazza-Benyahia, and J.-C. Pesquet. A nonlinear Stein based estimator for multichannel image denoising. *IEEE Trans. Signal Process.*, 56(8) :3855–3870, Aug. 2008.
- [5] H. J. A. M. Heijmans and J. Goutsias. Morphological decomposition systems with perfect reconstruction : From pyramids to wavelets. volume 183 of *Lect. Notes Comput. Sci.*, pages 279–314. Springer, 2005. Contributions in Honor of Georges Matheron in the Fields of Geostatistics, Random Sets and Mathematical Morphology.
- [6] D. Marr and T. Poggio. A computational theory of human stereo vision. *Proc. R. Soc. Lond. B*, 204(1156) :301–328, May 1979.
- [7] E. C. Hildreth. Implementation of a theory of edge detection. Technical Report AITR-579, MIT, Artificial Intelligence Lab, Apr. 1980.
- [8] D. Marr. *Vision*. The MIT Press, 2010.
- [9] J. G. Daugman. Uncertainty relation for resolution in space, spatial frequency, and orientation optimized by twodimensional visual cortical filters. *J. Opt. Soc. Amer. A*, 2(7) :1160–1169, Jul. 1985.
- [10] G. Matheron. *Ensembles aléatoires et géométrie intégrale*, volume 1 of *Les cahiers du centre de morphologie mathématique de Fontainebleau*. École nationale supérieure des Mines de Paris, 1972.
- [11] P. Salembier and J. C. Serra. Morphological multiscale image segmentation. In P. Maragos, editor, *Int. Symp. on Optics, Imaging, and Instrumentation*, volume 1818 of *Visual Communications and Image Processing*, pages 620–631, Nov. 15, 1992.
- [12] S. Mukhopadhyay and B. Chanda. Multiscale morphological segmentation of gray-scale images. *IEEE Trans. Image Process.*, 12(5) :533–549, May 2003.
- [13] B. Burgeth and J. Weickert. An explanation for the logarithmic connection between linear and morphological system theory. *Int. J. Comp. Vis.*, 64 :157–169, 2005.
- [14] J. Angulo. Morphological bilateral filtering and spatially-variant adaptive structuring functions. In Pierre Soille, Martino Pesaresi, and GeorgiosK. Ouzounis, editors, *Mathematical Morphology and Its Applications to Image and Signal Processing*, volume 6671 of *Lecture Notes in Computer Science*, pages 212–223. Springer Berlin Heidelberg, 2011.