



IDENTIFICATION DE LA NATURE DU BRUIT POUR UN FILTRAGE OPTIMAL

K. CHEHDI

ENSSAT
LASTI / Groupe Image
B.P. 447; 6, rue de Kerampont. 22 300 Lannion
GDR Traitement du Signal et de l'Image

RÉSUMÉ

Dans cet article, nous proposons une méthode d'identification de la nature du bruit (additive, multiplicative, impulsionnelle) en introduisant des critères décisionnels. La méthode développée est basée sur l'analyse des variations locales de la moyenne et de l'écart type des régions homogènes de l'image observée. Dans le cas où un bruit additif ou multiplicatif est détecté on estime ses paramètres statistiques à partir des variations locales déterminées dans la phase d'identification. Ceci nous permet par la suite d'appliquer les algorithmes de filtrage les mieux adaptés aux images à traiter.

1. INTRODUCTION

L'opération de filtrage est généralement complexe étant donné la diversité de l'origine physique des bruits (nature additive, multiplicative, impulsive, ...) affectant une image. On trouve ces bruits dans des domaines d'application variés tels que la médecine, la biologie, les images radar et satellitaires, etc.

Pour filtrer une image, il existe différentes situations: les statistiques du bruit et de l'image originale sont connues, la statistique de l'image originale est connue mais pas d'information a priori sur celle du bruit, la statistique du bruit est connue mais pas d'information a priori sur celle de l'image, enfin, aucune information a priori sur la statistique du bruit et sur celle de l'image originale. Cette dernière situation correspond à la majorité des cas réels pour les problèmes de filtrage des images numériques.

Plusieurs méthodes de filtrage de bruit additif, multiplicatif ou impulsionnel ont été développées [1-11], mais supposent que la nature du bruit soit

ABSTRACT

In this paper, we propose a method which allows detection of the additive, multiplicative or impulsive nature of the noise by decisional criteria from the degraded image. The developed method is based on the analysis of local variations of the average and of the standard deviation estimated on the homogeneous regions of the observed image. In the case where an additive or multiplicative noise is detected, we estimate its statistical parameters from the local variations determined in the identification phase. This then allows us to apply the best adapted filtering algorithms to the image to be processed.

connue. Nous avons développé une méthode d'identification de la nature du bruit et d'estimation de ses paramètres statistiques, à partir de l'image dégradée. Ceci nous permet ensuite d'appliquer l'algorithme de filtrage approprié.

Cette méthode est une optimisation des résultats d'identification obtenus par nos travaux antérieurs [12,13], en introduisant de nouveaux critères décisionnels.

Dans cet article, nous définissons les critères décisionnels permettant d'identifier la nature du bruit (nous nous sommes limités à trois types de bruit), ensuite nous estimons les paramètres statistiques de ce bruit.

2. METHODE D'IDENTIFICATION

Pour définir des critères décisionnels, nous nous sommes basés uniquement sur les statistiques locales de l'image observée. Pour cela, nous avons divisé l'image en plusieurs fenêtres et chaque fenêtre en 9 régions. Ce découpage correspond à celui de Lee auquel nous avons ajouté une région centrale [4]. En



supposant que l'image soit localement stationnaire, la notion d'homogénéité joue un rôle important pour identifier la nature du bruit. Ne disposant d'aucune connaissance a priori sur la densité de probabilité locale des images, nous avons choisi celle qui fournit une variance minimale. Une région R_i est donc dite plus homogène qu'une région R_j si la variance de R_i est plus faible que celle de R_j . Nous avons montré dans [12] que ce critère est vérifié pour une distribution gaussienne ou uniforme. C'est à dire que dans les régions homogènes seules les statistiques du bruit interviennent. Cela signifie que la variance d'une zone localement homogène est faible par rapport à celle du bruit. Le comportement des paramètres statistiques calculés sur les différentes régions homogènes nous permet de conclure sur la nature du bruit.

2.1. Caractérisation des bruits

Dans le cas d'un bruit additif on démontre que [12]:

$$\bullet \text{Var}[g_h] \equiv \text{Var}[n] \quad (1)$$

g_h indique l'observation locale homogène.

n est un bruit blanc, centré, non corrélé à l'image originale.

Dans le cas d'un bruit multiplicatif, la relation liant la variance locale de l'image observée à celle du bruit est:

$$\bullet \text{Var}[g_h] \equiv E^2[g_h] \text{Var}[n] \quad (2)$$

n est un bruit multiplicatif.

Dans le cas d'un bruit impulsionnel, la variance locale s'écrit:

$$\bullet \text{Var}[g_h] \equiv A(p) E^2[g_h] - B(p,z) E[g_h] + C(p,z) \quad (3)$$

p est la probabilité d'absence du bruit

z est une variable aléatoire $\in [0,255]$

avec :

$$A(p) = (1-p)/p$$

$$B(p,z) = 2(1-p)^2 E[z]$$

et

$$C(p,z) = p(1-p)^3 \cdot E^2[z] + (1-p) \cdot \{\text{var}[z] + pE^2[z]\} \quad (4)$$

A partir des équations (1) et (2) on déduit que le bruit est additif si, et seulement si, la variance des régions homogènes de l'image observée est constante, et multiplicatif si, et seulement si, la variance en fonction de la moyenne des différentes régions homogènes est une parabole passant par zéro.

Enfin, à partir de l'équation (3), on déduit que le bruit est impulsionnel si les variations de l'écart type en fonction de la moyenne est paratiquement une parabole ne passant pas par zéro.

Les résultats de l'identification de la nature du bruit sont corrects mais le temps de calcul reste relativement long. En effet, les critères décisionnels définis sont basés sur l'interprétation des différentes courbes obtenues.

Pour optimiser ces résultats et réduire le temps de calcul, nous avons mis au point de nouveaux critères. Cette fois-ci nous évitons la procédure de tracé et d'identification des courbes.

2.2. Nouvelles procédures d'identification du bruit

Soient $\hat{\sigma}[g_h]$ et $(\hat{\sigma}[g_h] / \hat{E}[g_h])$ les paramètres statistiques désignant successivement l'écart type local estimé et le rapport entre ce dernier et la moyenne locale estimée. Ces paramètres sont déterminés à partir des zones localement homogènes de l'image observée et ils fluctuent autour de leur moyenne:

$$E[\hat{\sigma}[g_h]] \text{ et } E[(\hat{\sigma}[g_h] / \hat{E}[g_h])]$$

avec des facteurs de dispersion:

$$\sigma [\hat{\sigma}[g_h]] \text{ et } \sigma [(\hat{\sigma}[g_h]/\hat{E}[g_h])]$$

En mesurant et en normalisant les deux facteurs de dispersion et en optant pour le modèle ayant la dispersion la plus faible on peut identifier la nature du bruit. Les paramètres normalisés sont utilisés comme critère décisionnel pour identifier la nature additive ou multiplicative du bruit. Le critère de décision dans ce cas est le suivant :

Le bruit est additif si :

$$\frac{\sigma [\hat{\sigma}[gh]]}{E [\hat{\sigma}[gh]]} < \frac{\sigma \left[\frac{\hat{\sigma}[gh]}{\hat{E}[gh]} \right]}{E \left[\frac{\hat{\sigma}[gh]}{\hat{E}[gh]} \right]}$$

sinon , il est multiplicatif.

Les différents paramètres sont estimés de la manière suivante:

$$E [\hat{\sigma}[gh]] = \frac{1}{Q} \sum \hat{\sigma}[gh]$$

$$E \left[\frac{\hat{\sigma}[gh]}{\hat{E}[gh]} \right] = \frac{1}{Q} \sum \frac{\hat{\sigma}[gh]}{\hat{E}[gh]}$$

$$\sigma^2[\hat{\sigma}[gh]] = \frac{1}{Q} \sum \{ \hat{\sigma}[gh] - E [\hat{\sigma}[gh]] \}^2$$

$$\sigma^2 \left[\frac{\hat{\sigma}[gh]}{\hat{E}[gh]} \right] = \frac{1}{Q} \sum \left(\frac{\hat{\sigma}[gh]}{\hat{E}[gh]} - E \left[\frac{\hat{\sigma}[gh]}{\hat{E}[gh]} \right] \right)^2$$

La somme concerne les K régions homogènes détectées. Si pour chaque pixel de l'image observée $g(.,.)$ on cherche la région locale homogène correspondante, nous aurons $Q = N \times N$.

Comme le bruit impulsionnel n'affecte pas l'image de la même façon qu'un bruit additif ou multiplicatif, la détection de ce bruit est faite pixel par pixel à l'aide d'un filtre médian à seuillage itératif.

L'algorithme global d'identification développé procède de la manière suivante: détection de la présence ou de l'absence des pixels dégradés par un bruit impulsionnel, si absence de ce bruit, application d'un critère décisionnel pour identifier la nature additive ou multiplicative du bruit.

2.3. Estimation de l'écart type du bruit additif ou multiplicatif

Une fois la nature du bruit détectée, la valeur estimée de l'écart type du bruit (additif ou multiplicatif) est égale à la moyenne des différentes valeurs de l'écart type de toutes les régions homogènes de l'image observée.

L'écart type des bruits est estimé de la manière suivante :

$$E [\hat{\sigma}[gh]] \quad (\text{bruit additif})$$

$$E \left[\frac{\hat{\sigma}[gh]}{\hat{E}[gh]} \right] \quad (\text{bruit multiplicatif})$$

Pour le bruit impulsionnel, il n'est pas nécessaire d'estimer ses paramètres statistiques étant donné que la plupart des filtres utilisés pour éliminer ce bruit ne demandent aucune connaissance a priori sur ces paramètres.

La méthode que nous avons développée a été testée sur plusieurs images dégradées par des bruits de nature additive, multiplicative, ou impulsionnelle. Les résultats de l'identification de la nature du bruit et d'estimation des paramètres statistiques sont très satisfaisants . Le tableau 1 en donne un exemple .

Ces résultats dépendent étroitement des masques choisis et de la taille des fenêtres. Nous avons comparé les résultats obtenus par nos masques avec ceux obtenus par les masques de Nagao et de Lee et nous avons constaté que nos masques donnent des



estimations plus précises des écarts types du bruit que les autres masques. En ce qui concerne l'identification de la nature du bruit, tous les masques testés donnent dans l'ensemble d'assez bons résultats.

La taille des fenêtres donnant un résultat optimal d'estimation est de 7×7 pour le masque de Nagao, de 15×15 pour celui de Lee et le nôtre.

nature du bruit simulé	nature du bruit détecté	écart type du bruit simulé	écart type du bruit estimé
additive	additive	16	15.72
additive	additive	8	9
multiplicative	multiplicative	0.5	0.46
multiplicative	multiplicative	0.3	0.29

Tableau 1 : résultats de l'identification des bruits. Le bruit additif simulé est gaussien et le bruit multiplicatif simulé est uniforme.

3. CONCLUSION

La méthode d'identification de la nature du bruit proposée constitue une étape importante pour filtrer une image correctement dans le cas où celle-ci est dégradée par un bruit additif, multiplicatif ou impulsif. Cette démarche permet d'appliquer de manière certaine l'algorithme de filtrage approprié au bruit pour lequel il a été conçu. Ce qui conduit obligatoirement à un résultat de filtrage optimal.

L'introduction de nouveaux critères de décision plus pertinents pour identifier la nature additive, multiplicative ou impulsive du bruit a permis d'optimiser les performances de l'algorithme d'identification. En effet, les résultats obtenus sont très satisfaisants et le temps de calcul a fortement diminué. Cet algorithme a été testé sur des images dégradées artificiellement et n'a donc pas encore été validé sur des cas réels. Ceci fera l'objet d'une prochaine étude.

REFERENCES

- [1] K. CHEHDI - A. SABRI - M. CORAZZA, "Amélioration d'un algorithme de filtrage du bruit multiplicatif", *Revue Traitement du Signal*, vol. 8 n° 1, pp. 63-74, 1991.
- [2] M. SABRI - K. CHEHDI, "Likelihood decision rule for edge preserving smoothing of noisy pictures", In Proc. IASTED '90, International Conference Signal Processing and Filtering, Lugano Suisse, pp. 5-8, 1990.
- [3] K.CHEHDI-M.SABRI, "Filtrage du bruit multiplicatif: résultats et comparaisons", GRECO-CNRS Traitement du Signal et Images; Paris 13 mars 1990.
- [4] J.S. LEE, " Digital image enhancement and noise filtering by use of local statistics", *IEEE Transaction on pattern analysis and machine intelligence*, Vol, PAMI-2, n°. 2, March 1980, pp. 165-168.
- [5] J.S. LEE, "Speckle analysis and smoothing of synthetic aperture radar images", *Computer Graphics and Image Processing*, n° 17, pp. 24-32, 1981.
- [6] J.S. LEE, "Digital image smoothing and the sigma filter", *Computer Graphics and Image Processing*, n° 24, pp. 255-269, 1983.
- [7] M. NAGAO, T. MATSUYAMAT. "Edge preserving smoothing", *Computer Graphics and Image Processing* n° 9, pp. 394-407, 1979.
- [8] D.T. KUAN, "Adaptative noise smoothing filter for images with signal dependent noise", *IEEE PAMI*, vol. PAMI-2, n° 2, March 1985, pp. 165-177.
- [9] P.F. YAN and C.H. CHEN, "An algorithm for filtering multiplicative noise in wide range", *Revue Traitement du Signal*, vol. 3, n° 2, 1986, pp. 91-96.
- [10] C.N. GALLAGHER and L. WISE", A theoretical analysis of the properties of median filters", *IEEE Trans. on Acoustics, Speech and Signal Proc.*, vol ASSP-29, n° 6, December 1981.
- [11] M. MOUHOU, " Filtres d'ordre, Filtre median recursif: analyse et évaluation des performances en analyse d'images", Thèse de l'INSA de Lyon, 1989.
- [12] K. CHEHDI, "A new approach to identify the nature of the noise affecting an image", in Proc. IEEE ICASSP' 92, pp. III.285-III.288. 1992.
- [13] K. CHEHDI, "An approach to the automatic filtering of images", In Proc. EUSIPCO' 92, pp. 1409-1412, August 1992.