

ETUDE D'UN SYSTEME D'AIDE A LA DECISION : APPLICATION AU DEBRUITAGE DES IMAGES SONAR

DEA – Traitement du signal

Ştefan-Cristian DELFI

Encadrant :

Alexandru Isar

1

PLAN

- Problématique et objectifs du mémoire
- Étude du critère de l'énergie
- Étude du critère de l'entropie
- Étude des méthodes d'apprentissage
- Conclusions et perspectives

2

PROBLEMATIQUE

- les images SONAR sont perturbées par un bruit de type speckle :

$$i_r(x,y) = i_0(x,y) \cdot b_r(x,y) \quad \text{où :}$$

i_0 = image originale

b_r = bruit speckle

i_r = image acquise

But :

- on va essayer, à partir de la théorie des ondelettes et avec des méthodes d'apprentissage, d'obtenir des images meilleures que celles acquises

3

L'ANALYSE STATISTIQUE DU BRUIT DE TYPE SPECKLE

- processus aléatoire stationnaire

- la densité de probabilité :

$$f(x) = \frac{L^L}{\Gamma(L)} \cdot x^{L-1} \cdot e^{-Lx} \quad \text{pour } x \geq 0 \quad \text{où : } L = \text{nombre équivalent de vues}$$

- la moyenne : $\mu = \int_0^{\infty} t \cdot f(t) dt = 1$

- la variance de x : $\sigma^2 = E[X^2] - \mu^2 = \frac{1}{L}$

- L augmente \Rightarrow la puissance du bruit de type speckle se concentre dans sa composante continue

- pour retirer le bruit speckle, on fait le filtrage dans le domaine de la TOD

4

LA TRANSFORMEE EN ONDELETES DISCRETE

- a 2 paramètres : l'ondelette-mère et le nombre d'itérations
- réalise les filtrages :
 - PB vertical/PB horizontal (image d'approximation)
 - PB vertical/PH horizontal (détails horizontaux)
 - PH vertical/PB horizontal (détails verticaux)
 - PH vertical/PH horizontal (détails diagonaux)

Avantages :

- la TOD du bruit est blanche et gaussienne \Rightarrow blanchissement du bruit
- sépare les signaux déterministes, utiles (qui contiennent l'information), contenus dans l'image d'approximation, des signaux aléatoires qui affectent l'image

5

LA METHODE DE DONOHO

- le schéma de la méthode :



- choix d'une ondelette-mère et d'un nombre assez grand d'itérations

L'algorithme de Donoho :

- logarithme de l'image acquise, TOD
- filtrage (HT, ST)
- TODI, inversion du logarithme

Avantages :

- résultat assez bon du débruitage

Désavantages :

- temps de calcul assez élevé (grand nombre d'itérations)
- pas d'indications sur le choix de l'ondelette-mère à utiliser

6

LES FILTRES ST, HT

- « hard-thresholding » :

$$y = \begin{cases} x & \text{si } |x| > t \\ 0 & \text{si } |x| < t \end{cases}$$

- « soft-thresholding » :

$$y[k] = \begin{cases} x[k] - t & \text{si } x[k] > +t \\ x[k] + t & \text{si } x[k] < -t \\ 0 & \text{si } |x[k]| < t \end{cases}$$

où : x = signal en entrée

y = signal en sortie

t = seuil

7

LE FILTRE BISHRINK

- dépendance entre un coefficient « wavelet » et son parent (le coefficient « wavelet » à la même position spatiale, mais à l'échelle suivante)

Si w_2 est le parent de w_1 , alors :

$$y = w + n$$

où : $w = (w_1, w_2)$, $y = (y_1, y_2)$ et $n = (n_1, n_2)$

- fonction non-Gaussienne de distribution de la probabilité :

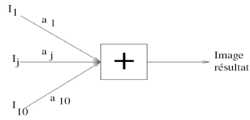
$$p_w(w) = \frac{3}{2\pi\sigma^2} \cdot \exp\left(-\frac{\sqrt{3}}{\sigma} \sqrt{w_1^2 + w_2^2}\right)$$

- fonction de seuillage :

$$w_1 = \frac{(\sqrt{y_1^2 + y_2^2} - \frac{\sqrt{3}\sigma^2}{2})_+}{\sqrt{y_1^2 + y_2^2}} \cdot y_1$$

8

LA METHODE DE LA MOYENNE



- 10 ondelettes-mères (Haar, Daubechies 4, 6, 8, 10, ..., 20)
- méthode de Donoho avec une seule itération (TOD, filtrage, TODI)
- 10 images résultat
- image finale = moyenne arithmétique des images résultat :
 $a_1 = \dots = a_j = \dots = a_{10} = 0.1$

Avantages :

- une seule itération \Rightarrow temps de calcul moindre
- le problème du choix de l'ondelette-mère n'apparaît plus

Question :

- la moyenne des 10 images résultat est-elle la pondération optimale ? ⁹

LE CRITERE DE L'ENERGIE

- l'énergie d'un signal discret 2D :

$$E = \frac{1}{n} \cdot \frac{1}{m} \cdot \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m A[i, j]^2$$

- calcul des énergies des détails horizontaux, verticaux et diagonaux
- plus l'énergie de détails est grande, plus le bruit retiré est important
 \Rightarrow pondération proportionnelle à l'énergie éliminée par chaque ondelette
- on applique la méthode de débruitage : TOD, filtrage, TODI

10

RESULTATS CRITERE ENERGIE

- réelles originales

Image	ENIL ₁	ENIL moyenne (ST)	ENIL énergie (ST); Gain en/moy	ENIL moyenne (HT)	ENIL énergie (HT); Gain en/moy
0014.05	7.6916	24.5547	24.4167 (0)	24.3440	24.1942 (0)
0014.11	8.1693	27.3101	27.0684 (0)	27.0635	26.7959 (0)
0016.09	7.3273	22.4092	22.1418 (0)	22.1572	21.8556 (0)

Les résultats en ENIL à la sortie sont supérieurs à ceux en entrée, qu'ils soient obtenus avec le filtre ST ou HT

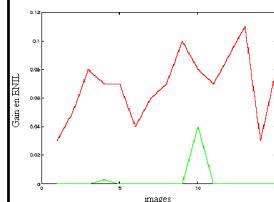
11

RESULTATS CRITERE ENERGIE

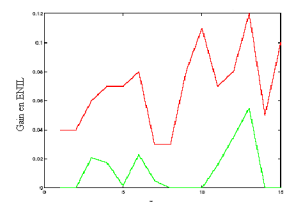
images réelles, bruit additif, HT, ST

0014.05	ENIL moyenne (HT)	ENIL énergie (HT)	Gain en/moy (HT)	ENIL moyenne (ST)	ENIL énergie (ST)	Gain en/moy (ST)
$\sigma=10$	24.3440	24.3428	0	24.5547	24.5647	0.04
$\sigma=15$	24.3440	24.3515	0.0308	24.5547	24.5510	0

Gain en ENIL pour le traitement des images réelles, critère énergie, HT



Gain en ENIL pour le traitement des images réelles, critère énergie, ST



12

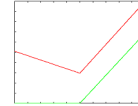
RESULTATS CRITERE ENERGIE
 images réelles, bruit additif, HT, ST, - bruit additif, filtre bishrink

0014.05	ENL _i	ENL _o
$\sigma=10$	7.6916	31.1976
$\sigma=10$	7.6916	28.2091
$\sigma=20$	7.6916	26.2227

13

RESULTATS CRITERE ENERGIE

- images synthétiques, bruit additif, résultats présentés dans le rapport



- résultats visuels de l'image Lena perturbée par un bruit additif de variance $\sigma = 25$:



image acquise

méthode de la moyenne

méthode des coefficients

14

RESULTATS CRITERE ENERGIE

-bruit speckle :

Lena	PSNR moyenne	PSNR énergie
$\sigma=0.3$	29.1702	29.1503
$\sigma=0.5$	29.1702	29.1463

- résultats par la méthode de la moyenne supérieurs à ceux obtenus par le critère de l'énergie

- méthode de la moyenne plus pertinente

- résultats bruit multiplicatif, dans le rapport

15

RESULTATS CRITERE ENERGIE

- filtre bishrink :

Lena	PSNR _i	PSNR _o
$\sigma=10$	28.1901	33.7600
$\sigma=15$	24.6840	31.4476
$\sigma=20$	22.1527	29.7328
$\sigma=25$	20.1747	28.4453
$\sigma=30$	18.6327	27.3305
$\sigma=35$	17.2615	26.5281

- les valeurs PSNR_o beaucoup plus grandes que les valeurs PSNR_i

- la variance du bruit, σ , augmente \Rightarrow PSNR diminuent

- la variance du bruit, σ , augmente \Rightarrow les différences entre PSNR_o et PSNR_i augmentent

16

LE CRITERE DE L'ENTROPIE

-l'entropie de l'image $X=x(i,j)_{i=1,N,j=1,N}$ est :

$$E = \sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^N p(i,j) \cdot \ln \frac{1}{p(i,j)} \quad \text{ou} \quad p(i,j) = \frac{|x(i,j)|^2}{\sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^N x^2(i,j)}$$

- plus l'entropie est grande, plus le signal contient du bruit \Rightarrow pondération inversement proportionnelle à l'entropie correspondante à chaque ondelette

- on applique la méthode de débruitage : TOD, filtrage, TODI

17

RESULTATS CRITERE ENTROPIE

- images réelles originales

Image	ENIL _i	ENIL moyenne (ST)	ENIL entropie (ST); Gain ent/moy	ENIL moyenne (HT)	ENIL entropie (HT); Gain ent/moy
0014.05	7.6916	24.5547	24.5595 (0.195%)	24.3440	24.3486 (0.191%)
0014.11	8.1693	27.3101	27.3152 (0.186%)	27.0635	27.0686 (0.188%)
0016.09	7.3273	22.4092	22.4132 (0.178%)	22.1572	22.1613 (0.185%)

Les résultats en ENIL à la sortie sont très supérieurs à ceux en entrée, qu'ils soient obtenus avec le filtre ST ou HT.

18

RESULTATS CRITERE ENTROPIE

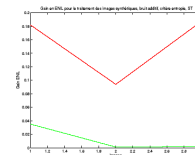
images réelles, bruit additif, HT, ST

	ENIL moyenne (HT)	ENIL entropie (HT)	Gain ent/moy (HT)	ENIL moyenne (ST)	ENIL entropie (ST)	Gain ent/moy (ST)
0014.05	24.3440	24.3493	0.046	24.5547	24.5601	0.022
$\sigma=10$	24.3440	24.3473	0.032	24.5547	24.5573	0.0105

19

RESULTATS CRITERE ENTROPIE

- images synthétiques, bruit additif, résultats présentés dans le rapport



- les résultats en ENIL varient

- gains de ENIL maximaux varient entre 0.1 et 0.19

- gains de ENIL minimaux varient entre 0 et 0.04

20

RESULTATS CRITERE ENTROPIE

- bruit speckle :

Lena	PSNR moyenne	PSNR entropie
$\sigma=0.3$	31.2503	31.2678
$\sigma=0.5$	31.2503	31.2619

- résultats par la méthode qui utilise le critère de l'entropie supérieurs à ceux obtenus par la méthode de la moyenne

- critère de l'entropie pertinent

- résultats bruit multiplicatif, dans le rapport

21

LES METHODES D'APPRENTISSAGE

Il en existe plusieurs :

- les RN : adaptent les pondérations synaptiques par rapport au changement de l'environnement

- *fuzzy* : une logique booléenne, où apparaît la vérité partielle (des degrés de vérité)

- les AG : dans chaque génération, plusieurs individus sont sélectionnés dans la population courante, modifiés pour former une nouvelle population, qui devient courante pour la prochaine itération

22

METHODE D'APPRENTISSAGE

- pondération proportionnelle à la quantité d'énergie éliminée par chaque ondelette : $\alpha_{INCESSAIRE} = \frac{E_i}{\sum_{n=1}^{10} E_n}$

- base d'apprentissage: CD Titanic, reçu de la part de l'IFREMER,

- initialisation des coefficients à 0.1,

- pour chaque image m, calcul de la somme des énergies : $E_m = \sum_{i=1}^{10} E_{m,i}$

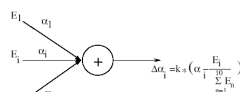
- calcul des coefficients : $\alpha_{m+1,i} = \alpha_{m,i} + k \cdot (\frac{E_{m,i}}{E_m} - \alpha_{m,i})$

- normalisation des coefficients,

- la plus grande différence entre les coefficients < précision donnée =>

=> l'algorithme s'arrête,

- sauvegarde des derniers coefficients.



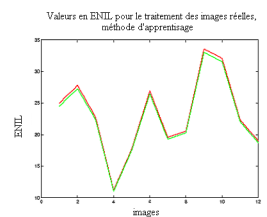
23

METHODE D'APPRENTISSAGE

- coefficients obtenus : [0.097 0.098 0.103 0.102 0.101 0.098 0.097 0.096 0.099 0.101]

- résultats pour les images réelles :

Image	ENL_moyenne	ENL_coeff	Gain (%) coeff/moyenne
0014.05.tif	24.3363	25.0177	1.96
0014.11.tif	27.2968	27.8069	1.87
0016.09.tif	22.3998	22.7894	1.74
0021.06.tif	11.0301	11.2106	1.64
0021.10.tif	17.5025	17.7232	1.26
0021.16.tif	26.4688	26.9325	1.75
0023.07.tif	19.2417	19.5659	1.68
0023.16.tif	88.5401	91.6803	3.55
0024.05.tif	20.2984	20.5771	1.37
0024.06.tif	36.1028	36.7373	1.76
0024.17.tif	33.0192	33.5822	1.71
0024.19.tif	31.5767	32.0991	1.65
0026.05.tif	22.0450	22.3358	1.32
00.28.03.tif	162.7889	168.5669	3.55
0031.15.tif	18.7145	19.0251	1.66



24

CONCLUSIONS ET PERSPECTIVES

Conclusions :

- images réelles originales \Rightarrow gain assez faible (quelques millièmes)
- images synthétiques, bruit speckle \Rightarrow résultats variables
- la méthode de la moyenne et les méthodes par les critères de l'énergie et de l'entropie donnent des bons résultats, quoiqu'ils sont proches
- bon comportement du filtre bishrink
- méthode d'apprentissage \Rightarrow gain assez bon (quelques pourcents)

Perspectives :

- d'autres ondelettes-mères
- chercher d'autres critères, peut-être plus pertinents
- augmenter le nombre d'itérations de chaque ondelette, quoique le temps de calcul augmente

25