

UNE VARIANTE NON PÉRIODIQUE DU SHARPNESS INDEX

{ ARTHUR.LECLAIRE , LIONEL.MOISAN }@PARISDESCARTES.FR

Problématique

Concevoir une **mesure de qualité image sans référence**, c'est-à-dire ne s'appuyant pas sur une version supposée idéale de l'image.

- D'autres travaux ont exploité
 - la **géométrie de l'image** [8],
 - une **étude perceptuelle** du niveau de flou [3],
 - les **phases d'une transformée en ondelettes** complexe [4],
 - les **phases de la transformée de Fourier** [1, 2, 5].

On propose ici une modification de l'indice de qualité de [2] qui soit **naturellement insensible aux effets de bord**. Le nouvel indice LSI peut être calculé sur **n'importe quel sous-domaine** de l'image.

Rappels - Sharpness Index

Soit $u : \Omega \rightarrow \mathbb{R}$. On note $TV(u)$ la **variation totale** de u calculée avec conditions de **bords périodiques**.

Dans [1] et [2], les auteurs suggèrent de mesurer la qualité d'une image (au sens de sa précision géométrique) en évaluant la **cohérence globale des coefficients de phases** de sa transformée de Fourier discrète.

L'article [1] définit la **cohérence globale de phase**

$$GPC(u) = -\log_{10} \mathbb{P}(TV(u_\psi) \leq TV(u)),$$

où $\widehat{u_\psi} = \widehat{u} e^{i\psi}$ avec des phases aléatoires ψ .

- + Elle mesure à quel point la TV "résiste" à une randomisation des coefficients de phases.
- En pratique, on ne dispose que d'une **approximation numérique** de GPC.

L'article [2] remplace la randomisation de phases par la convolution avec un bruit blanc gaussien. D'où la définition du **Sharpness Index**

$$SI(u) = -\log_{10} \mathbb{P}(TV(u * W) \leq TV(u)),$$

où $u * W$ désigne la convolution périodique de u par le bruit blanc gaussien W d'écart-type $1/\sqrt{|\Omega|}$.

- + Supposant que $TV(u * W)$ est gaussienne, $SI(u)$ **s'exprime analytiquement** en fonction de TV et de l'autocorrélation du gradient.
- + SI se comporte comme un **indice de qualité**.
- Biais dû aux **effets de bords**.

Solution: remplacer dans la formule du SI la TV et l'autocorrélation du gradient par des versions non-périodiques.

Bibliographie

- [1] G. Blanchet, L. Moisan, B. Rougé. Measuring the Global Phase Coherence of an Image. *Proc. ICIP*, pp. 1176–1179, 2008.
- [2] G. Blanchet, L. Moisan. An Explicit Sharpness Index Related to Global Phase Coherence. *Proc. ICASSP*, pp.1065–1068, 2012.
- [3] R. Ferzli, L.J. Karam. A No-reference Objective Image Sharpness Metric Based on the Notion of Just Noticeable Blur (JNB). *IEEE Trans. Image Processing*, vol 18(4), pp. 717–728, 2009.
- [4] R. Hassen, Z. Wang, M. Salama. No-Reference Image Sharpness Assessment Based on Local Phase Coherence Measurement. *Proc. ICASSP*, pp. 2434–2437, 2010.
- [5] A. Leclaire, L. Moisan. Blind Deblurring Using a Simplified Sharpness Index. *Proc. SSVM*, pp. 86–97, 2013.
- [6] L. Moisan. Periodic Plus Smooth Image Decomposition. *J. Math. Imaging Vision*, vol. 39(2), pp. 120–145, 2011.
- [7] Z. Wang, E.P. Simoncelli. Local Phase Coherence and the Perception of Blur. *Proc. NIPS*, vol. 16, pp. 786–792, 2003.
- [8] X. Zhu, P. Milanfar. Automatic Parameter Selection for Denoising Algorithms Using a No-reference Measure of Image Content. *IEEE Trans. Image Processing*, vol. 19(12), pp. 3116–3132, 2010.

Définition du Local Sharpness Index

Soit $D \subset \mathring{\Omega}$ où $\mathring{\Omega}$ est l'intérieur de Ω au sens de la 8-connexité. Le **Local Sharpness Index** de $u : \Omega \rightarrow \mathbb{R}$ sur le sous-domaine D est défini par

$$LSI_D(u) = -\log_{10} \Phi \left(\frac{\mu - T}{\sigma} \right), \quad \text{où } \mu = (\alpha_x(\mathbf{0}) + \alpha_y(\mathbf{0})) \sqrt{\frac{2}{\pi}} \sqrt{|D|}, \quad T = \sum_{\substack{\mathbf{x} \in D \\ a \in \{x,y\}}} |\partial_a u(\mathbf{x})|,$$

$$\alpha_a^2(\mathbf{h}) = \sum_{\mathbf{x} \in D \cap (D - \mathbf{h})} |\partial_a u(\mathbf{x})|^2 \quad (a \in \{x, y\}), \quad \omega(t) = t \text{Arcsin}(t) + \sqrt{1 - t^2} - 1, \quad \Phi(t) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_t^{+\infty} e^{-s^2/2} ds.$$

$$\sigma^2 = \frac{2}{\pi} \sum_{\substack{\mathbf{h} \in \mathbb{Z}^2 \\ a, b \in \{x, y\}}} \alpha_a(\mathbf{h}) \alpha_b(-\mathbf{h}) \cdot \omega \left(\frac{\Gamma_{ab}(\mathbf{h})}{\alpha_a(\mathbf{h}) \alpha_b(-\mathbf{h})} \right), \quad \nabla u(x, y) = \begin{pmatrix} u(x+1, y) - u(x, y) \\ u(x, y+1) - u(x, y) \end{pmatrix},$$

$$\Gamma(\mathbf{h}) = \begin{pmatrix} \Gamma_{xx}(\mathbf{h}) & \Gamma_{xy}(\mathbf{h}) \\ \Gamma_{xy}(\mathbf{h}) & \Gamma_{yy}(\mathbf{h}) \end{pmatrix} = \sum_{\mathbf{x} \in D \cap (D - \mathbf{h})} \nabla u(\mathbf{x}) (\nabla u(\mathbf{x} + \mathbf{h}))^T.$$

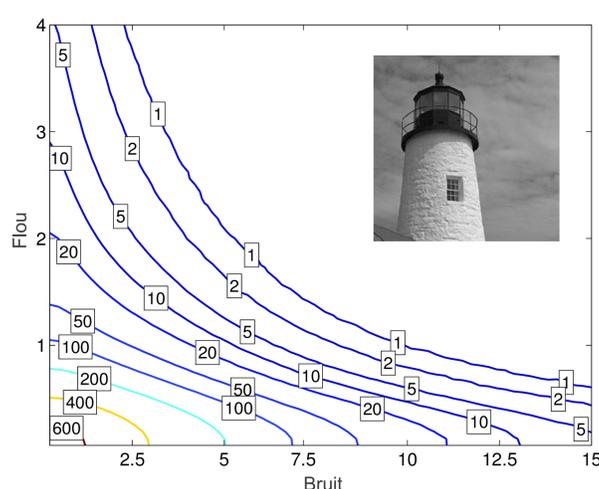
Valeurs de netteté de patches



NB : SIp désigne le SI calculé sur la composante périodique de l'imagette [6].

- + LSI a un **comportement comparable à SIp** en termes d'évaluation de la netteté.
- + LSI n'est **pas biaisé par les effets de bords**.
- LSI ne fournit pas directement un estimateur de profondeur satisfaisant.

Sensibilité au bruit et au flou



Partant de versions bruitées et floutées de l'image Lighthouse de la base de données Live, on a calculé l'indice LSI relatif à un sous-domaine.

On constate que **l'ajout de bruit ou de flou fait décroître l'indice LSI**, d'une manière similaire à l'indice SI.

Conclusion

L'indice LSI est comparable à l'indice obtenu en composant SI avec l'opérateur de calcul de la composante périodique, mais **s'affranchit naturellement des effets de bords, sans nécessiter le recours à un prétraitement**.

Ce nouvel indice devrait ainsi permettre de concevoir des **algorithmes de déconvolution aveugle** à la manière de [5], mais dans un cadre non périodique.

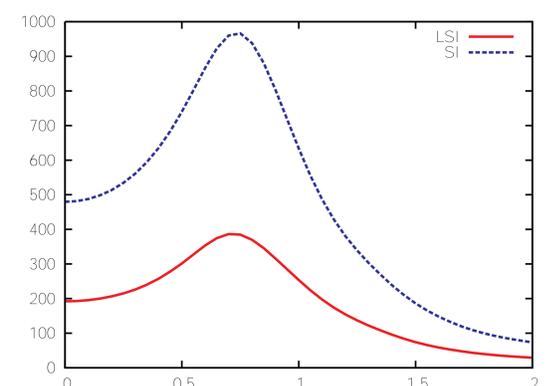
Déconvolution Wiener

La régularisation H^1 de l'image u est obtenue comme solution de

$$u_\rho = \arg \min_v \|\kappa_\rho * v - u\|_2^2 + \lambda \|\nabla v\|_2^2, \quad (1)$$

où κ_ρ est le noyau gaussien d'écart-type ρ et où λ est fixé (à la valeur 0.01 dans nos expériences).

Traçons le graphe de $\rho \mapsto LSI_{\mathring{\Omega}}(u_\rho)$.



$\rho = 0$ $\rho = 0.7$ $\rho = 1$

On constate que l'image déconvolée avec le paramètre $\rho = 0.7$ (optimal pour LSI) est effectivement plus nette visuellement, et qu'elle comporte moins de ringing que l'image obtenue pour $\rho = 1$. Cela montre que **LSI est sensible au ringing**.