Multiscale Vessel enhancement filtering

Frangi - 1997

Jonas Lamy

06-05-2019

1 Principe

L'étude des valeurs propres de la Hessienne en chaque pixel nous fourni une information de la géométrie locale. En 3D, une structure tubulaire aura une valeur propre proche de 0 dans le sens du tube (zone homogène), et deux valeurs propres élevées dans le plan de tranche (passage du vaisseau au fond) . Cette étude est menée dans un espace d'échelle. Le filtre correspond à la réponse maximale de toute les échelles.

2 Methode

2.1 Echelle

La notion d'échelle est traitée avec un espace d'échelle. L'image L à l'échelle S est définie par :

$$\frac{\partial}{\partial x}L(x,s) = s^{\gamma}L(x) * \frac{\partial}{\partial x}G(x,s)$$

avec le noyau gaussien n-D :

$$G(x,s) = \frac{1}{\sqrt{2\pi s^2}^D}$$

2.2 Mesure de tubularité

Les valeurs propres de la hessienne obtenue par différences finies sont ordonnées par valeurs absolues décroissantes.

$$|\lambda_1| < |\lambda_2| < |\lambda_3|$$

Une structure tubulaire idéale présente les propriétés suivantes :

$$|\lambda_1| \approx 0$$
$$|\lambda_1| \leqslant |\lambda_2|$$
$$\lambda_2 \approx \lambda_3$$

Deux ratios permettent de discriminer la nature de la forme :

$$R_b = \frac{Volume/(4\pi/3)}{(Largest\ Cross\ Section\ Area/\pi)^{\frac{3}{2}}} = \frac{|\lambda_1|}{\sqrt{\lambda_2\lambda_3}}$$

$$R_a = \frac{(Largest\ Cross\ section\ area)/\pi}{(Largest\ axis\ Semi-length)^2} = \frac{|\lambda_2|}{|\lambda_3|}$$

R_b mesure la déviation de la structure par rapport à un blob. Il atteint sa valeur maximale pour un blob et tend vers 0 quand $\lambda_1 \approx 0$ ou lorsque λ_1 et λ_2 tendent vers 0.

R_a mesure l'aire de la section la plus large qui est orthogonale au vecteur propre associé à λ_1. Ce ratio permet de différencier les plateaux des lignes. R_a atteint zero seulement en présence d'une ligne.

Pour différencier le fond des vaisseaux on définit une fonction de structure de second ordre S comme la norme de Froebenius :

$$S = ||H||_F = \sqrt{\sum_{j\leq D} \lambda_j^2}$$

La fonction de tubularité à l'échelle σ est finalement définie par :

$$V_o(\sigma) = \begin{cases} 0 \text{ si } \lambda_2 > 0 \text{ ou } \lambda_3 > 0 \text{ ,} \\ (1 - exp(-\frac{R_a^2}{2\alpha^2})exp(-\frac{R_b^2}{2\beta^2})(1 - exp(-\frac{S^2}{2c^2})) \end{cases}$$

avec α, β, C contrôlant la sensitivité du filtre aux mesures Ra,Rb,S. Alpha et Beta sont fixés par Frangi à 0.5. C dépend de la plage d'intensité de l'image. En pratique, la moitié du max de l'ensemble des normes des Hessiennes fonctionne bien. La réponse du filtre est le max de l'ensemble des réponses à toute les échelles.

3 Avantages

- Robuste aux changements d'intensités globaux.
- Résistant au bruit.

4 Faiblesses

- Etalement provoqué par l'espace d'échelle qui peut faire fusionnner la réponse de vaisseaux proches.

5 Notes

- Ce filtre n'effectue pas une segmentation.
- Contrairement à Sato, toute les valeurs propres jouent un rôle dans la mesure.
- [Antiga, 2007] propose une version généralisée de ce filtre.
- [Spiclin, 2015] propose une version améliorée du filtre.