Vesselness filtering - beyond frangi

Jerman - 2015/2016

Jonas Lamy

7 juin 2019

1 Principe

Les méthodes précédentes à partir de Hessienne présentent plusieurs défauts, absense de réponse aux embranchements, réponse non homogène, etc. Ce problème provient d'une dépendance aux valeurs propres λ_2 et λ_3 afin d'augmenter la résistance au bruit. Jerman propose une mesure basé sur le ratio de ces valeurs propres. La réponse de ce nouveau filtre pour les structures tubulaires est bien plus homogène que les méthodes classiques.

2 Méthode

2.1 Propriétés d'une fonction de réhaussement parfaite

La réponse du filtre doit être uniforme et forte pour tous types de structures tubulaires :

— Les structures droites, courbes, de différentes dimensions et cross-sections mais aussi les bifurcations.
— Les pathologies (e.g anévrismes).
— Les structures tubulaires d'intensités non homogène.

2.2 Problème des mesures précédentes et solution

Les mesures précédentes sont toute dans une certaine mesure proportionnelles au valeurs propres λ_2 et λ_3. En effet, en posant $e^x \approx 1 + x$ on peut ré-écrire le facteur de second ordre de la manière suivante :

$$(1 - exp(-\frac{S^2}{2c^2})) \approx \frac{1}{2c^2}(\lambda_2^2 + \lambda_3^2)$$

Ce facteur est utilisé dans Frangi pour supprimer le bruit dans les régions où l'intensité est faible et uniforme. Afin d'améliorer les performances des filtres hessiens Jerman propose l'hypothèse suivante : En utilisant le ratio des valeurs propres, on peut obtenir une réponse quasi uniforme tout en rendant le filtre invariant au contraste.Il propose dans "beyond frangi : An improved multiscale vesselness filter" une modification des fonctions de vesselness et neuriteness.

3 Nouvelle fonction de rehaussement

Jerman propose ensuite en 2016 de modifier une mesure de volume basé sur les ratios de valeurs propres qui permet de détecter les tenseurs de diffusions presques sphériques :

$$VR = |\lambda_1\lambda_2\lambda_3|\left[\frac{3}{|\lambda_1| + |\lambda_2| + |\lambda_3|}\right]^3$$

La fonction est modifiée pour prendre en compte les structures tubulaires en substituant λ_1 par $(\lambda_2 - \lambda_1)$ donnant ainsi :

$$VR = |(\lambda_2 - \lambda_1)\lambda_2\lambda_3|\left[\frac{3}{|2\lambda_2 - \lambda_1| + |\lambda_3|}\right]^3$$

Cette nouvelle fonction pénalise les structures rondes (valeurs propres égales). Afin de les prendre en compte, on élimine λ_1. Cependant, dans les régions de faible contrastes, l'équation est mal définie et est sensible au bruit. Afin de palier à ce problème Jerman propose de régulariser λ_3 à chaque échelle s :

$$\lambda_p = \begin{cases} \lambda_3 \quad \text{si} \quad \lambda_3 > \tau max_x\lambda_3(x,s) \\ \tau max_x\lambda_3(x,s) \quad \text{si } 0 < \lambda_3 \leq \tau max_x\lambda_3(x,s) \\ 0 \quad \text{sinon} \end{cases}$$

avec τ un seuil compris entre 0 et 1. λ_p est calculé pour chaque échelle s. Pour des structures de faible contraste un τ élevé produit une importante différence de magnitude entre λ_2 et λ_p et réduit la réponse du filtre. On peut ainsi écrire une fonction indépendante du contraste des structures.

$$\nu = \lambda_2^2\lambda_p\left[\frac{3}{2\lambda_2 + \lambda_p}\right]^3$$

Cette fonction est valide seulement si $\lambda_2 > 0 \wedge \lambda_p > 0$ sinon $\nu = 0$. Pour rehausser les structures avec des cross-sections elliptiques Jerman propose la substitution finale λ_p par $(\lambda_p - \lambda_2)$ et fixe la réponse à 1 lorsque $\lambda_2 \geqslant \lambda_p/2 > 0$. Finalement, la fonction de rehaussement est calculée par :

$$\nu_p = \begin{cases} 0 \quad \text{si} \quad \lambda_2 \leq 0 \leqslant \lambda_p \leq 0 \\ 1 \quad \text{si } \lambda_2 \geq \lambda_p/2 > 0 \\ \lambda_2^2(\lambda_p - \lambda_2)\left[\frac{3}{\lambda_2 + \lambda_p}\right]^3 \quad \text{sinon} \end{cases}$$

4 Avantages

- Amélioration importante des résultats de Frangi. Résoud le problème des jonctions
- Paramétrisation limitée à τ au lieu de α, β, γ

5 Inconvénients

- Peut produire de faux vaisseaux