Traitement d'Image - Détection De Contours

Aubin SIONVILLE

Télécom St Etienne 2024-2025

Détection de contours 1D

On cherche à détecter un point d'inflexion

Maximum local de $\frac{df}{dx}$

Zéro avec changement de signe de $\frac{d^2f}{dx^2}$

Détection de contours 2D

Avec les dérivées directionnelles

On peut utiliser les dérivées selon certaines directions (souvent x et y).
On détecte les maximums de module dans la direction, on fait un seuillage sur le module et on ferme les contours.

Avec le laplacien

On peut utiliser le laplacien pour détecter les contours.
On détecte les points tels que le laplacien s'annule en changeant de signe.
On détecte ensuite les frontières en faisant $f - \epsilon(f)$ ou $\delta(f) - f$
On détecte enfin les passages par zéro en prenant le dilaté ou l'érodé.

$$\begin{pmatrix} 0 & 1 & 0 \\ 1 & -4 & 1 \\ 0 & 1 & 0 \end{pmatrix}$$

Opérateurs simples de détection de contours

Opérateur de Sobel

Gradient en x

$$\begin{pmatrix} 1 & 0 & -1 \\ 2 & 0 & -2 \\ 1 & 0 & -1 \end{pmatrix}$$

Gradient en y

$$\begin{pmatrix} 1 & 2 & 1 \\ 0 & 0 & 0 \\ -1 & -2 & -1 \end{pmatrix}$$

Opérateur de Prewitt

Gradient en x

$$\begin{pmatrix} -1 & 0 & 1 \\ -1 & 0 & 1 \\ -1 & 0 & 1 \end{pmatrix}$$

Gradient en y

$$\begin{pmatrix} 1 & 1 & 1 \\ 0 & 0 & 0 \\ -1 & -1 & -1 \end{pmatrix}$$

Opérateur dérivée de gaussiennes

Gaussienne

$$g_\sigma(x) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}\sigma} e^{-\frac{x^2}{2\sigma^2}}$$

Lissage

$$f_l(x) = f * g_\sigma$$

Lissage + dérivée = filtre dérivée de gaussienne

$$f_l'(x) = \frac{d}{dx}\left(f * g_\sigma\right) = f * g_\sigma'(x)$$

Influence de σ

Petit σ

Contours nets

Lignes localisées

Grand σ

Contours flous et bruités

Délocalisation

Méthode 1 : Par FFT

Cette méthode est plus rapide que la méthode 2.

- Calcul de la FFT de f
- Multiplication complexe par la FFT de g_σ'
- Calcul de la FFT inverse

Méthode 2 : Par séparabilité de la convolution

- Convolution selon les colonnes par une gaussienne
- Convolution selon les lignes par une dérivée

Exploitation des résultats

Partie réelle

Dérivée en x

Partie imaginaire

Dérivée en y

Module

Module du gradient

Phase

Direction du gradient

Ligne de partage des eaux

Principe

On prend f comme une surface.
On la perce à ses minima locaux et on fait monter le niveau de l'eau.
Différents bassins se remplissent, on les sépare par des barrages pour éviter qu'ils se mélangent.
A la fin, les barrages sont les lignes de partage des eaux.

Segmentation par LPE

On calcule le module du gradient de f.
La LPE du gradient donne la segmentation.

Avantages

Unicité de la LPE

Calculable sur niveaux de gris, gradients...

Détection de la ligne de crête :
Meilleur que les max locaux du gradient

Algorithmes efficaces :
Voir cours de morphologie mathématique

Problème : Sélection des minima locaux

On a tendance à sur-segmenter l'image et à créer beaucoup de bassins (1 par min local).
Il faut enlever les minima locaux non pertinents (de faible amplitude).

Solution 1 : Seuillage

On peut supprimer les minima locaux de faible amplitude en amont.
Pour cela on utilise des opérations géodésiques :

Suppression des minima de hauteur $< h$

$$\mathrm{HMin}_h(f) = R_f^{\epsilon}(f+h)$$

f est le masque, $f+h$ est le marqueur.

Détection des maxima régionaux

$$\mathrm{RMax}_h(f) = f - R_f^{\delta}(f-1) = f - \mathrm{HMax}_1(f)$$

$$\mathrm{EMax}_h(f) = \mathrm{RMax}(\mathrm{HMax}_h(f))$$

Solution 2 : Marquage

On peut marquer les minima locaux pertinents et ne garder que ceux-là.

Marqueurs internes

À partir de l'image originale
Min ou max régionaux étendus
Pré-segmentation
= Les creux

Marqueurs externes

Déduits à partir des marqueurs internes
LPE sur l'image originale avec les marqueurs internes
Le bord compte comme marqueur externe
= Les crêtes et le bord

LPE sur le gradient

On fait enfin la LPE sur le gradient avec les marqueurs internes et externes + le bord de l'image.