DIRO
IFT 6150

TRAVAIL PRATIQUE N° 8

DÉTECTION-SEGMENTATION DES CONTOURS D'UNE IMAGE
FILTRE DE MARR-HILDRETH & CANNY

Max Mignotte

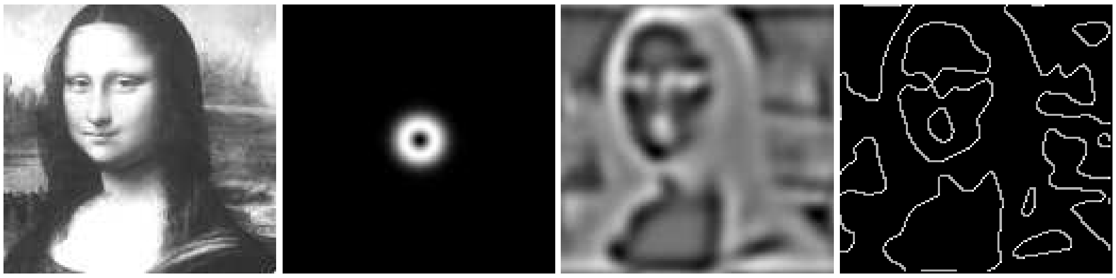
DIRO, Département d'Informatique et de Recherche Opérationnelle.
http : //www.iro.umontreal.ca/∼mignotte/ift6150
e-mail : mignotte@iro.umontreal.ca

A. FILTRE DE MARR-HILDRETH

Le filtre de Marr[1] est d'une bonne efficacité en traitement d'image pour détecter et segmenter les contours d'une image car celui-ci a un comportement proche de celui du système visuel humain. Il consiste en deux étapes,

1. Un filtre gaussien.
2. Le laplacien du résultat obtenu en 1.

Une fois combinées, ces deux étapes donne le filtre spatial de Marr (masque) qui est définit par le paramètre σ soit l'écart-type de la Gaussienne. Le principe est le suivant ; la première étape (filtre gaussien) sert à sélectionner les objets d'une certaine taille (dépendant du choix de σ) et à atténuer le bruit de sorte que le laplacien qui va suivre puisse rehausser leurs contours (correspondant au passage par zéro) sans rehausser le bruit.



(**a**) (**b**) (**c**) (**d**)

FIG. 1 – *(**a**) Image originale* **mona.pgm**. *(**b**) Filtre de Marr (Module de la TF) pour $\sigma = 4$. (**c**) mona filtrée par le filtre de Marr ($\sigma = 4$). (**d**) Détection des contour de mona par la méthode décrite à la question A.*

[2]cf. Notes de Cours.

On se propose d'utiliser le filtre de Marr pour pour détecter et segmenter les contours de l'image (de taille 128×128 pixels) **mona.pgm** (cf. Figure 2a) ou **souris.pgm**.

(1) Générer une image de taille 128×128 pixels contenant le filtre de Marr. Calculer la Transformée de Fourier de cette image de cette image pour différentes valeurs de σ (par exemple pour $\sigma = 1.0; 4.0; 10.0$). Visualiser le module de cette Transformée de Fourier. Répondre ensuite aux questions suivantes ;

1. **(a)** Est-ce que le filtre de Marr est un filtre passe-bas, passe-haut ou Passe-bande ? Justifier votre réponse.
2. **(b)** Donner ensuite l'expression analytique de ce filtre dans le domaine spatial et dans le domaine fréquence[2].

(2) Appliquer ce filtre sur l'image **mona.pgm** ou **souris.pgm**. Procéder dans le domaine fréquentiel et utiliser différentes valeurs de σ, par exemple pour $\sigma = 1.0; 4.0; 10.0$. Visualiser les résultat obtenus[3] (cf. Figure 2c).

(3) Remarquer que les passages par 0 des images obtenues à la question **(2)** correspondent aux contours des objets de l'image. Pour voir ces contours, réaliser les deux étapes suivantes,

1. Générer une image binaire contenant des 0 quand un pixel de l'image filtrée (celles obtenues en (**3**) est négatif et 1 quand positif.
2. Déterminer la frontière en calculant la norme du gradient de l'image "binaire" obtenue à la question 1. Visualiser les résultats obtenus (cf. Figure 1d).

B. FILTRE DE CANNY

Le filtre de Canny est aussi d'une bonne efficacité en traitement d'image pour détecter et segmenter les contours d'une image. Cet algorithme est constitué de 3 étapes distinctes. Ces étapes sont les suivantes,

1. Rehaussement de Canny
   - Appliquer un filtre gaussien sur l'image.
   - Calculer pour chaque pixel (i, j) de l'image, la norme du gradient $(e_s(i, j))$ et une estimation de la normale du gradient (i.e., la tangente à la direction du contour), $(e_o(i, j))$,

   $$\begin{aligned} e_s(i,j) &= \sqrt{J_x^2(i,j) + J_y^2(i,j)}, \\ e_o(i,j) &= \arctan \frac{-J_x}{J_y}, \end{aligned}$$

   où J_x et J_y représente le gradient en x et en y.
2. Suppression des non maximums
   i.e., pour tous les pixels (i, j),

[2] On rappelle qu'une distribution Gaussienne s'écrit,

$$G(x) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}\sigma} \exp\left(-\frac{x^2}{2\sigma^2}\right),$$

et, que par propriété de la TF, on a,

$$\begin{aligned} \mathcal{F}[G''(x)] &= -(4\pi^2 u^2)\, \mathcal{F}[G(x)], \\ \text{et,} \quad \mathcal{F}[G(x)] &= \exp(-2\pi^2 u^2 \sigma^2). \end{aligned}$$

[3] Du fait que l'image filtrée possède des valeurs de niveaux de gris positives et négatives, vous devez utiliser la fonction Recal pour visualiser ces images.

- Approximer les estimations de la normale du gradient (i.e., la tangente à la direction du contour), $(e_o(i,j))$ en chaque point par l'une des 4 directions d_k suivantes, 0^o, 45^o, 90^o, 135^o.
- Si $e_s(i,j)$ est plus petit qu'au moins un de ses deux voisins le long du gradient (alors supprimer le contour (i.e., $e_s(i,j) = 0$), sinon conserver le (i.e., $e_s(i,j) = e_s(i,j)$).

3. Seuillage par hystéresis
   i.e., pour tous les pixels (i,j) pour lesquels $e_s(i,j) > \tau_h$,
   - Considérer comme contour, tous les pixels pour lesquels $e_s(i,j) > \tau_l$ et qui sont connectés au point de contour précédent perpendiculairement à son gradient (i.e., tangent à la direction du contour).

(**a**) (**b**) (**c**) (**d**)

Fig. 2 – *(**a**) Image originale* **mona.pgm**. *(**b**) Rehaussement de Canny (avec un filtre Gaussien d'écart type $\sigma = 1$. (**c**) Résultat de la suppression des non maximums (étape 2). (**d**) Résultat du seuillage par hystéresis avec $\tau_l = 70$ et $\tau_h = 90$ (étape 3).*

(1) Faire une détection des contours de l'image **mona.pgm souris.pgm** par l'algorithme de Canny.