Introduction au Traitement d'Images

Séance 5

Isabelle Debled-Rennesson
debled@loria.fr

Contenu

- 6 cours/TD/TP de 2h
  - Examen le 25 mai → **résumé manuscrit de 2 feuilles autorisé**

- Points abordés :
  - Codage des images
  - Histogrammes
  - Transformations géométriques sur les images
  - **Filtres**
  - Opérateurs morphologiques
  - **Détection de contours**
  - Segmentation

Détection de contours
Utilisation de filtres linéaires

Qu'est-ce qu'un contour ?

- Contour : frontière entre deux objets dans une image
- Définition plus large : discontinuité de l'image (variation brusque d'intensité).

Discontinuités de l'image

- Attention, toute discontinuité n'est pas nécessairement située à la frontière entre deux objets.

Source : Jacques-André Landry. Vision robotique. ETS.

Différents types de contours

Marche d'escalier Rampe Toit

Source : Gonzalez and Woods. Digital Image Processing 3ed. Prentice-Hall, 2008.

Détection de contours

- Détection de contours = Etape préliminaire à de nombreuses applications de l'analyse d'images.
  - Les contours constituent des indices riches, au même titre que les points d'intérêts, pour toute interprétation ultérieure de l'image.

- Les contours dans une image sont caractérisés par des **discontinuités de la fonction d'intensité** dans les images.
  - Le principe de la détection de contours repose donc sur **l'étude des dérivées de la fonction d'intensité** dans l'image : les extréma locaux du gradient de la fonction d'intensité et les passages par zéro du laplacien.

La fonction d'intensité au voisinage d'un contour en marche et ses dérivées première et seconde.

Dérivées d'une image et contours

$$f(x,y) = e^{-x^{10}/2}$$

$$\frac{\partial f}{\partial x}$$

$$\frac{\partial^2 f}{\partial x^2}$$

Image

Première dérivée

Deuxième dérivée

Source : Caroline Rougier. Traitement d'images (IFT2730). Univ. de Montréal.

Détection de contours - principe

- Etude des dérivées de la fonction d'intensité de l'image
  - les extréma locaux de la dérivée première
  - les passages par zéro de la dérivée seconde
  - Difficulté : la présence de bruit dans les images

signal

dérivée première

Gradient d'une image

- Gradient d'une image ayant une fonction d'intensité I

  - $\vec{G}$= (Gx,Gy)=$\left(\frac{\partial I(x,y)}{\partial x}, \frac{\partial I(x,y)}{\partial y}\right)$

Sources : Anne Vialard

Gradient d'une image

- Le gradient peut être représenté en coordonnées polaires par un **module m** et une **direction ϕ** dans l'image.
  - le module du gradient mesure la force du contour

$$m = \sqrt{G_x^2 + Gy^2} \approx |Gx| + |Gy|$$

  - le gradient est un vecteur perpendiculaire au contour

$$\phi = \arctan\left(\frac{G_x}{G_y}\right)$$

Approximation de la dérivée

- Une image est discrète par nature. Les premières approches ont donc consisté à approximer les dérivées par différences finies :
  - $G_x(x, y) = I(x, y) - I(x - n, y)$

  ou alors :
  - $G_x(x, y) = I(x + n, y) - I(x - n, y)$

  avec en général n=1.

  Ces dérivées sont calculées par convolution de l'image avec un masque de différences.

Approximation de la dérivée

- Une image est discrète par nature. Les premières approches ont donc consisté à approximer les dérivées par différences finies :
  - $G_x(x, y) = I(x, y) - I(x - n, y)$

  ou alors :
  - $G_x(x, y) = I(x + n, y) - I(x - n, y)$

  avec en général n=1.

  Ces dérivées sont calculées par convolution de l'image avec un masque de différences.

Quels masques de convolution pour n=1 dans les directions x et y ?

Approximation de la dérivée – filtre de Prewitt

- **Filtre de Prewitt= approximation des dérivées (en tenant compte des diagonales)**

1	0	-1
1	0	-1
1	0	-1

Vx

-1	-1	-1
0	0	0
1	1	1

Vy

A tester !

Approximation de la dérivée – filtre de Sobel

- **Filtre de Sobel= approximation des dérivées (en tenant compte des diagonales)+ moyenneur**

1	0	-1
2	0	-2
1	0	-1

Sx

-1	-2	-1
0	0	0
1	2	1

Sy

Approximation de la dérivée – filtre de Sobel

- **Filtre de Sobel**
  - Approximation de la dérivée en x

Sx

1	0	-1
2	0	-2
1	0	-1

Approximation de la dérivée – filtre de Sobel

- **Filtre de Sobel**
  - Approximation de la dérivée en y

Sy

-1	-2	-1
0	0	0
1	2	1

Détection des contours

- **Utilisation des filtres de Sobel**
  - Estimation de la norme du gradient
    - Création d'une nouvelle image telle que

$$I'(x,y) = \sqrt{(I * Sx)^2 + (I * Sy)^2} \quad \text{avec } I = I(x,y)$$

    - Seuillage pour obtenir une image en noir et blanc

Points à discuter-tester

- Amplitude du filtre Sx
  - Valeurs de -1020 à 1020
    - Normalisation
      - Division par 8 et partie entière à l'entier le plus petit : [-128, 127]
        - Translation de 128 -> [0,255]
      - Division par 4 : [-255,255]
        - Valeur absolue -> [0,255]

1	0	-1
2	0	-2
1	0	-1

Sx

Points à discuter-tester

- Autres solutions (pas de diviseur ni de décalage) :
  - **écrêter** : tout résultat supérieur à 255 est arrondi à 255, et tout résultat inférieur à 0 est arrondi à 0 (cf. Gimp) ou bien on prend la valeur absolue
  - ramener l'ensemble des résultats (obtenus pour tous les pixels) dans l'intervalle [0,255] à l'aide d'une règle de trois, ce qui nécessite de les parcourir pour en rechercher la valeur max et la valeur min; il s'agit d'une démarche de **renormalisation.**

Exemple

Détection avec Sobel
sans seuillage

Seuillage avec S=25

Seuillage avec S=60

Autre exemple

Gradient

Gradient seuillé ($|G| > G_{min}$)

Seuil faible

Seuil grand

Approximation du Laplacien

- Une autre approche pour trouver les contours de l'image est d'utiliser une approximation de la dérivée seconde

- Pour cela, on utilise le **Laplacien** comme opérateur

$$\nabla^2 I(x,y) = \frac{\partial^2 I}{\partial x^2}(x,y) + \frac{\partial^2 I}{\partial y^2}(x,y)$$

Approximation du Laplacien

- Calcul par convolution

$$\begin{bmatrix} 0 & 1 & 0 \\ 1 & -4 & 1 \\ 0 & 1 & 0 \end{bmatrix} \text{ ou } \begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 \\ 1 & -8 & 1 \\ 1 & 1 & 1 \end{bmatrix}$$

Comparaison Gradient Laplacien

Gradient

Laplacien

Que choisir ?

- Aucun opérateur n'est parfait pour détecter les contours
- En pratique, on obtient des contours incomplets
  - *il y a des pixels superflus*
  - *il y a des pixels manquants*
  - *il y a des erreurs de position et d'orientation des pixels des contours*
- Un opérateur de détection de contour n'est qu'une première étape dans la chaîne de segmentation

Détection des contours par seuillage du gradient : principe

- Idée : maximum local de gradient → présence d'un contour
- Méthode pour obtenir une image des contours :
  - estimation du gradient en chaque point de l'image
  - extraction des maxima locaux de la norme du gradient dans la direction du gradient
  - sélection des maxima locaux significatifs par seuillage
  - fermeture des contours en traçant les chemins suivant une ligne de crête dans l'image de la norme du gradient

Détection des contours par seuillage du gradient -1-

1. **Calculer l'intensité du gradient dans l'image**
   - Filtre de Sobel en X et Y
   - Calcul de la norme $|G| = |Gx| + |Gy|$

2. **Calculer les directions du gradient dans l'image**
   - Direction du gradient $\theta = \arctan(Gy / Gx)$
   - Arrondi des directions par multiples de 45°

Détection des contours par seuillage du gradient - 2

3. **Suppression des non-maxima**
   - Si la norme du gradient en un pixel (x,y) est inférieure à la norme du gradient d'un de ses 2 voisins le long de la direction du gradient, alors mettre la norme pour le pixel (x,y) à zéro

Détection des contours par seuillage du gradient - 3

4. **Seuillage des contours** (hystérésis)

Objectif : limiter la fragmentation des contours obtenus

- Utilise deux seuils : un seuil haut (**Sh**) et un seuil bas (**Sb**)

- *Pour chaque pixel, calcul de la norme du gradient :*
  - Si **norme(x,y) < Sb**, alors le **pixel est mis à zéro** (non contour)
  - Si **norme(x,y) > Sh**, alors le **pixel est sur un contour**
  - Si **Sb ≤ norme(x,y) ≤ Sh**, alors le **pixel est un pixel de contour s'il est connecté à un autre pixel déjà accepté comme pixel de contour**

Exemple 1

Image originale

Sobel

Suppression des non-maxima

Seuillage

Source : Caroline Rougier. Traitement d'images (IFT2730). Univ. de Montréal.

Exemple 2

Image à segmenter

Maxima locaux du gradient

Détection des contours par seuillage du gradient -4

5. **Fermeture des contours en traçant les chemins suivant une ligne de crête dans l'image de la norme du gradient**
   1. Repérer les points extrémité (énumération des configurations possibles)
   2. Choix entre les points candidats : on explore tous les chemins possibles à partir de chaque point candidat. Le poids d'un chemin peut être défini comme la somme de la norme du gradient en chacun de ses points

Détection des contours par seuillage du gradient -4

5. **Fermeture des contours en traçant les chemins suivant une ligne de crête dans l'image de la norme du gradient**

Algorithme :

- Balayage de l'image des éléments essentiels
- Si extrémité, recherche parmi les voisins du meilleur candidat à la fermeture
  - Elaboration de l'arborescence de tous les chemins possibles
  - Attribution à chaque chemin d'un coût = $\sum$ des normes des gradients du chemin
  - Prolongation du contour par le premier point du chemin au plus fort coût (ligne de crête)
- Réitération de l'algorithme à partir de ce nouveau point
- Arrêt de la fermeture si rencontre d'un point de contour ou nombre max d'itérations atteint

- Méthode à mettre en œuvre dans le TP5 à réaliser pour le 14mai.