Cours #2
Traitement d'images : définition, modélisation, exemples

Nicolas Passat & Esther Fontaine

UNIVERSITÉ DE REIMS CHAMPAGNE-ARDENNE

CHPS0703 Traitement d'images

Traitement, analyse, vision

Traitement d'images

Opérations qui agissent sur une image pour la modifier.

- Réduire le flou
- Améliorer le contraste

Analyse d'images

Opérations qui agissent sur une image pour en extraire de l'information.

- Détecter les structures rondes dans une image
- Partitionner l'image en régions homogènes

Vision

Opérations qui réalisent une tâche de perception visuelle sur une image.

- Détecter les trajectoires de piétons dans une séquence vidéo
- Lire une plaque minéralogique de voiture

Opération sur une image

Rappel : image = vecteur

Une image est une fonction $I = \Omega \to \mathbb{V}$.
Pour tout $x \in \Omega$, on a $I(x) = v$.
En posant $n = |\Omega|$, on a vu que I peut s'exprimer comme un vecteur

$$X = \begin{pmatrix} v_1 \\ \vdots \\ v_i \\ \vdots \\ v_n \end{pmatrix} \in \mathbb{V}^n$$

tel que pour tout $x_i \in \Omega$ $(1 \leq i \leq n)$, on a $I(x_i) = v_i$.

Opération sur une image

Opérateur sur une image

Un opérateur sur une image est une fonction H qui à une image $X = (x_i)_i$ va associer une image $Y = (y_j)_j$.

$$Y = H \cdot X$$

Problèmes directs vs. problèmes inverses

En traitement d'images, on a deux types de problèmes :

- Problèmes directs : $? = H \cdot X$
- Problèmes inverses : $Y = H \cdot ?$ (parfois, $Y = ? \cdot X$)

Traitement d'images en problème direct

Problème direct

- L'image d'entrée est connue : X.
- L'opérateur de traitement d'images est "connu" : H.

$\rightarrow$ Le but est de fabriquer l'image de sortie Y, i.e. de calculer $H \cdot X$.

Challenges

- Construire H (algorithme, programme)
- Efficacité (mémoire, temps)

Traitement d'images en problème inverse

Problème inverse

- H est une opération ou un phénomène qui affecte l'image réelle X et fournit une image observée Y.
- L'image observée Y est connue.
- L'opération H est connue.

$\rightarrow$ Le but est de déterminer l'image réelle X telle que $Y = H \cdot X$.

Challenges

- Problème parfois mal posé (au sens de Hadamard)
- Combinatoire élevée des solutions possibles
- Mise en place d'une stratégie adéquate (inversion d'opérateur, optimisation...)

Différentes familles de problèmes de traitement d'images

Problèmes directs

- Traitements uniquement spectraux
- Traitements linéaires
- Traitements non-linéaires

Problèmes inverses

- Problèmes où H est inversible
- Problèmes où H est non-inversible
- Problèmes où H est l'inconnue

Familles de problèmes : problèmes directs

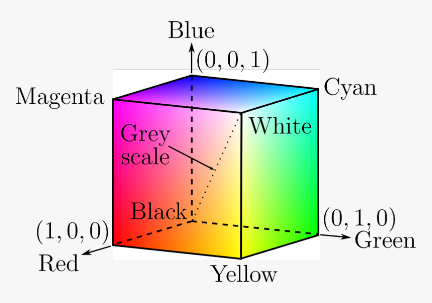
Problèmes directs : traitements uniquement spectraux

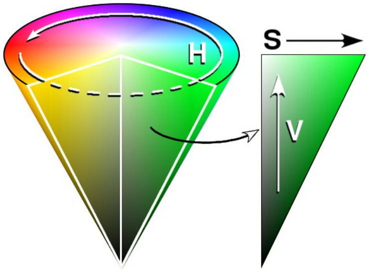
- Négatif
- Réhaussement de contraste
- Quantification
- Balance de couleurs, saturation
- Seuillage (binarisation)

Modélisation de ces opérateurs

H agit sur X en s'appuyant uniquement sur une fonction $F : \mathbb{V} \to \mathbb{V}$ qui agit sur les valeurs des images, indépendamment de l'organisation spatiale de leur contenu.

Parenthèse : les modèles de représentation couleur





Familles de problèmes : problèmes directs

Problèmes directs : traitements linéaires

- Moyennes, lissages
- Gradient, laplacien
- Sous-résolution
- Transformations géométriques
- Biais
- Projection tomographique (Radon)

Modélisation de ces opérateurs

H peut se définir comme une application linéaire (i.e. H est une matrice) dans l'espace vectoriel des images X.
Le comportement de H est défini indépendamment du contenu de l'image X, mais son effet dépend du contenu de X.

Familles de problèmes : problèmes directs

Problèmes directs : traitements non-linéaires

- Filtre bilatéral
- Moyennes non-locales
- Ajout de bruit
- Filtres de rang
- Filtres de choc
- Filtres connexes

Modélisation de ces opérateurs

H ne peut pas se définir comme une application linéaire dans l'espace vectoriel des images X.
Le comportement de H est défini en fonction du contenu de l'image X.

Familles de problèmes : H est inversible

Problèmes inverses : H est inversible

- Déconvolution (e.g. défloutage)
- Image à partir du gradient

Modélisation de ces opérateurs

H est une application linéaire inversible (donc carrée) ou, en général, quasi-inversible dans l'espace vectoriel des images X.
Le calcul de X s'obtient par le calcul de $H^{-1} \cdot Y$ et donc le calcul de l'inverse de H.

Familles de problèmes : H est non-inversible

Problèmes inverses : H est non-inversible

- Débruitage
- Reconstruction super-résolution

Modélisation de ces opérateurs

H est une application linéaire non-inversible ou n'est pas une application linéaire Le calcul de X s'obtient par résolution d'un problème d'optimisation :

$$X = \arg_{\tilde{X}} \min \|H \cdot \tilde{X} - Y\|$$

souvent avec la nécessité d'un terme de régularisation

$$X = \arg_{\tilde{X}} \min \|H \cdot \tilde{X} - Y\| + \|\nabla \tilde{X}\|$$

Familles de problèmes : H est l'inconnue

Problèmes inverses : H est l'inconnue

- Recalage d'image (transformation rigide, affine, non-rigide)
- Etalonnage d'acquisition (biais, normalisation...)

Modélisation de ces opérateurs

L'image source / la vérité terrain X et l'image cible / l'image finale Y sont connues. La fonction H est à déterminer. Le calcul de H s'obtient par résolution d'un problème d'optimisation :

$$H = \arg_{\tilde{H}} \min \|\tilde{H} \cdot X - Y\|$$

souvent avec la nécessité d'un terme de régularisation

$$H = \arg_{\tilde{H}} \min \|\tilde{H} \cdot X - Y\| + \|\tilde{H}\|$$