

TP 3 : Distance de visibilité météorologique et restauration de la visibilité

<http://perso.lcpc.fr/tarel.jean-philippe/ensta19/tp3/>
Jean-Philippe Tarel

1 Introduction

Détecter la présence de brouillard est important pour prendre en compte la réduction de la visibilité induite par le brouillard. Pour caractériser le brouillard, on utilise une distance, dites distance de visibilité météorologique. Le but de ce TP est de réaliser, sur une image, la détection du brouillard par l'estimation de la distance de visibilité. Pour ce faire, un profil vertical en intensité sera extrait, lissé, puis dérivé afin de calculer la position de son point d'inflexion [3, 2]. La distance de visibilité sera déduite de la position du point d'inflexion. Ensuite, une méthode de restauration de la visibilité dans une image sera testée [1].

Remarque : Le code et les résultats doivent être commentés dans le compte rendu. Chaque étape devra être présentée de façon la plus graphique possible de manière à permettre l'évaluation visuelle des résultats. Les fonctions en *matlab* seront aussi jointes au compte rendu.

2 Profil vertical des intensités

La loi de Koschmieder donne l'atténuation d'un objet d'intensité I_0 lorsqu'il est observé à travers un brouillard de coefficient d'extinction k à une distance d . L'intensité vue de l'objet est :

$$I(d) = I_0 e^{-kd} + I_s(1 - e^{-kd}) \quad (1)$$

où I_s est l'intensité du ciel. Grâce à cette loi, nous pouvons obtenir l'équation de la variation de l'intensité d'une zone plane de couleur et texture uniforme vue en perspective, lorsqu'il y a du brouillard. Soit I_0 l'intensité de cette surface. La surface est supposée observée comme étant au sol avec une ligne d'horizon placée à la hauteur v_h dans l'image. La relation qui lie la distance d d'un point sur la surface au sol et le numéro de ligne v de l'image de ce point est :

$$d = \frac{\lambda}{v - v_h} \quad (2)$$

où λ est une combinaison des paramètres intrinsèques et extrinsèques de la caméra.

3 Travail à effectuer

1. Substituez (2) dans (1) de façon à obtenir le modèle théorique du profil vertical de variation de l'intensité due au brouillard.
2. Tracez le modèle théorique $I(v)$ pour $v \in [1, 20]$ avec $v_h = 0$, $\lambda = 500$, $k = 0.02$, $I_s = 1.0$ et $I_0 = 0.2$.
3. On remarque que le modèle théorique du profil possède un point d'inflexion. Un point d'inflexion se caractérise comme un lieu où la dérivée seconde s'annule. Dérivez deux fois la formule du profil afin de retrouver la formule qui donne le coefficient d'extinction k en fonction de v_h , λ et de la hauteur v_i du point d'inflexion :

$$k = 2 \frac{v_i - v_h}{\lambda} \quad (3)$$

4. Lancer la commande *profil* sur l'image "F00.png". Cette fonction permet de sélectionner en 4 clics une zone en trapèze dans l'image. Cette fonction retourne un tableau avec deux colonnes. La première colonne contient un numéro de ligne dans l'image et la deuxième colonne contient la médiane de l'intensité à cette ligne, en tenant compte de la zone sélectionnée interactivement.
5. Sélectionner une zone sur la voie de gauche et afficher le profil vertical correspondant. Faire de même avec une zone sur la voie centrale, et avec une zone qui chevauche la route et le champs. En affichant les 3 courbes sur une même figure, expliquez quel est le profil qui vous semble le plus adéquat à traiter.

4 Distance de visibilité

La position du point d'inflexion peut aussi s'obtenir comme le lieu où la dérivée première a un extrémum local. Après avoir déterminé la position du point d'inflexion du profil vertical choisi, on peut déduire le coefficient d'extinction k par la formule (3). A partir de cette dernière valeur, on calcule la distance de visibilité en mètres, définie comme la distance à laquelle le contraste d'un objet noir devient inférieur à 5% par la formule :

$$d_{visib} = \frac{3}{k} \quad (4)$$

5 Travail à effectuer

1. Calculez la dérivée numérique du profil vertical du fond en faisant, en chaque pixel, la soustraction des valeurs du pixel suivant et du pixel précédent. Que remarquez vous sur la continuité de la dérivée ?

2. Sur le profil, appliquez un filtrage moyen. Choisissez la taille de la fenêtre de façon à ce que le résultat soit plus lisse mais sans trop déplacer le point d'inflexion. Faire attention à la gestion des bords.
3. Dérivez le profil lissé et extraire la position du minimum de la dérivée. Cela donne la position v_i du point d'inflexion.
4. Choisir une valeur pour v_h et calculez k avec (3) et $\lambda = 500$. En déduire avec (4), une estimation de la distance de visibilité météorologique.
5. Estimer la distance de visibilité sur les deux autres images "F01.png" et "F02.png" en n'oubliant pas d'adapter la hauteur de l'horizon.
6. Proposer une façon de détecter la présence du brouillard dans une image de route.

6 Restauration de la visibilité dans une image

Indépendamment de la détection du brouillard et de la mesure de la distance de visibilité, nous allons améliorer les contrastes atténués par le brouillard dans une image, en estimant le voile atmosphérique et en inversant la loi de Koschmieder.

7 Travail à effectuer

1. Réécrire la loi de Koschmieder en introduisant le voile défini par la variable $V = I_s(1 - e^{-kd})$ et en éliminant le produit de variables kd .
2. Inverser le modèle précédent pour obtenir l'expression de l'image restaurée en fonction de l'image avec du brouillard, le voile et l'intensité du ciel. Cette équation va nous permettre de faire la restauration de la visibilité dans une image.
3. En supposant que le ciel est la partie la plus lumineuse de l'image, estimer l'intensité du ciel dans l'image "F00.png".
4. Afin d'estimer le voile sur cette même image, la lisser par un filtre median assez large pour éliminer les marquages et autres objets blancs qui ne peuvent pas être dus au brouillard. Faire attention à la gestion des bords. Le voile est estimé comme 95% du minimum entre de l'image lissée et l'image originale.
5. Calculer l'image après restauration des contrastes.
6. Appliquer une puissance sur l'intensité (transformation gamma) afin de corriger l'assombrissement de l'image.
7. Appliquer les mêmes traitements sur l'images "F01.png" et commenter les résultats obtenus.
8. Adapter la restauration pour traiter l'image en couleurs "F03.png". Pour ce faire, on supposera que le ciel et le brouillard sont de couleur (1, 1, 1) et on

calculera le voile à partir de l'image de la quantité de blanc contenue dans la couleur de chaque pixel de l'image originale.

8 Questions bonus

1. Sur "F00.png", estimer le voile en supposant que la scène est plane, à partir du coefficient d'extinction k estimé sur cette image. Mettre le voile à I_s au dessus de l'horizon. Calculer l'image après restauration des contrastes à partir de ce voile.
2. Calculer l'image après restauration des contrastes en utilisant l'image filtré et l'image du voile avec la scène supposée plane.

Références

- [1] J.-P. TAREL, N. HAUTIERE, L. CARAFFA, A. CORD, H. HALMAOUI et D. GRUYER : Vision enhancement in homogeneous and heterogeneous fog. *IEEE Intelligent Transportation Systems Magazine*, 4(2):6–20, juin 2012.
- [2] N. HAUTIERE, J.-P. TAREL, J. LAVENANT et D. AUBERT : Automatic fog detection and estimation of visibility distance through use of an onboard camera. *Machine Vision and Applications*, 17(1):8–20, mars 2006.
- [3] J. LAVENANT, J.-P. TAREL et D. AUBERT : Procédé de détermination de la distance de visibilité et procédé de détermination de la présence d'un brouillard. Brevet Français numéro 0201822, European Patent EP1474652, World Patent WO/2003/069275, INRETS/LCPC, février 2002.