

# MESURE DE SUPERPOSITION D'IMAGE-MODELE POUR LA LOCALISATION D'OBJETS A L'AIDE DE MODELES GEOMETRIQUES

Chengqi XU et Pierre-Louis WENDEL

Laboratoire des Sciences de l'Image et de la Télédétection - URA CNRS 1207  
Ecole Nationale Supérieure de Physique de Strasbourg (ENSPS)  
7, Rue de l'Université F-67000 STRASBOURG

## RÉSUMÉ

Un nouveau critère de superposition image-modèle est développé dans cet article. En tant que mesure supplémentaire de la localisation d'objets à l'aide de modèles géométriques, il permet d'éviter les fausses localisations d'objets dues à la symétrie ou à l'omission des primitives image et d'accélérer le processus de localisation.

## ABSTRACT

A new image-model overlap criterion is developed in this article. As a supplement measurement in the object localisation with the help of geometrical models, it avoids some error localisations due to the symmetry or image primitive omissions and accelerates the localisation process.

## I.- INTRODUCTION

Le problème clé de la localisation des objets polygonaux à l'aide de modèles géométriques à partir de l'image délivrée par une seule caméra est d'établir des correspondances entre les primitives image et celles du modèle [1]. Diverses stratégies ont été utilisées comme la solution [2], [3], [4], [5], [9], nous évoquerons celle de la recherche des transformations qui permettent de superposer le modèle à son image : translation, rotation et projection perspective [6].

La position d'un objet dans l'espace est souvent représentée par un vecteur de translation ( $D_x$ ,  $D_y$ ,  $D_z$ ) et un vecteur d'orientation ( $\alpha$ ,  $\beta$ ,  $\tau$ ) (figure 1) dans un système de référence [8]. Donc, le problème de la localisation d'objets se transforme en une résolution d'équations à ces six inconnues [6] [10].

Théoriquement, si la correspondance entre six points (ou trois segments) image et ceux du modèle existe, nous pouvons déterminer ( $D_x$ ,  $D_y$ ,  $D_z$ ) et ( $\alpha$ ,  $\beta$ ,  $\tau$ ) [7]. Comme l'apparition des points est souvent aléatoire à cause du bruit ou du problème de l'éclairage, il est préférable d'utiliser les segments comme primitives dans ce genre de problème. A partir d'un ensemble de primitives correspondantes entre l'image et le modèle, nous cherchons les solutions des six inconnues ( $D_x$ ,  $D_y$ ,  $D_z$ ,  $\alpha$ ,  $\beta$ ,  $\tau$ ) lesquelles permettent la convergence des primitives selon le critère de convergence prédéfini. Celui-ci est souvent déterminé comme distance entre les segments image et les arêtes correspondantes du modèle [5] [6] :

Soit un segment image  $ab$  correspondant à une arête modèle  $a'b'$  et  $p_1$ ,  $p_2$  deux points quelconques



sur  $ab$ , la distance entre  $a'b'$  et  $ab$  ( $D_s$ ) est définie comme (figure 2) :

$$D_s = D_p(p_1, a'b') + D_p(p_2, a'b') \quad (1)$$

où  $D_p(p, L)$  est la distance entre le point  $p$  et la droite  $L$ .

L'avantage d'un tel critère est sa simplicité. Mais lorsque nous essayons d'appliquer la mesure (1) avec un nombre minimum mais suffisant de segments (3, par exemple) pour déterminer les six inconnues, nous obtenons souvent fausses corrélations comme résultat. Par exemple, dans la figure 3, les correspondances suivantes entre l'image et son modèle sont déjà établies :

$$L'_1 \Leftrightarrow L_1, L'_2 \Leftrightarrow L_2, L'_3 \Leftrightarrow L_3$$

$$L'_4 \Leftrightarrow L_4, L'_5 \Leftrightarrow L_5, L'_6 \Leftrightarrow L_6, L'_7 \Leftrightarrow L_7$$

A partir de la convergence des distances entre les segments, nous pouvons obtenir les corrélations comme sur les figures 3a et 3b. Il est évident que la corrélation de la figure 3a est fautive. Les fausses corrélations dues à l'insuffisance du critère de distance (1) sont appelées corrélations miroir.

Dans cet article, nous allons développer une mesure supplémentaire de la superposition image-modèle afin d'éviter les fausses corrélations, cette mesure de superposition a pour objectif d'empêcher la convergence de la corrélation miroir et de garantir des corrélations correctes.

## II.- SUPERPOSITION D'IMAGE - MODELE ET SA LINEARISATION

Le défaut du critère de convergence (1) est qu'il ne peut pas déterminer la position relative entre deux ou plusieurs segments qui sont subtilement colinéaires, il ne s'agit pas de développer une série de mesures nouvelles mais de compléter celles qui

sont applicables. C'est la raison pour laquelle nous exigeons que le nouveau critère diverge en cas de corrélations miroir et converge pour les corrélations correctes.

Supposons une arête définie par  $a(u_1, v_1)$  et  $b(u_2, v_2)$  du modèle  $L_1$  correspondant au segment image  $L_1$  (figure 3a),  $p(x_T, y_T)$  un point quelconque sur  $L_1$ , nous définissons :

$$D = |abl| - (|pal| + |pbl|) \quad (2)$$

où  $|p_1 p_2|$  est la distance entre les points  $p_1$  et  $p_2$ .

Nous pouvons constater que pour une corrélation correcte,  $D$  de (2) ainsi que la convergence de (1) approcheront de la valeur nulle, par contre, pour une corrélation miroir,  $D$  se trouve opposé au critère (1), ainsi il empêche la convergence ce qui évitera la possible corrélation.

En effet, le critère (2) est une mesure du recouvrement entre les segments concernés. Il a complété le défaut du critère (1) lequel n'est pas capable de mesurer ce genre de recouvrement.

Pour beaucoup de systèmes de vision, l'objectif de la localisation d'objet est atteint par une approximation linéaire itérative.

Nous pouvons linéariser (2) en fonction de  $D_x, D_y, D_z, \alpha, \beta, \tau$  par l'approximation de NEWTON-GAUSS [6] [7].

Supposons que  $P(x,y,z)$  soit un point dans l'espace,  $(u,v)$  est la projection de  $P(x,y,z)$  sur le plan image avec une distance focale effective  $f$ , nous avons :

$$(x,y,z) = R \cdot (X_w, Y_w, Z_w) \quad (3)$$

$$(u,v) = (x \cdot f / (z + D_z) + dx, y \cdot f / (z + D_z) + dy) \quad (4)$$

où  $(X_w, Y_w, Z_w)$  définissent un point dans l'espace modèle,  $R$  est la matrice de rotation dont les éléments sont calculés en fonction de  $(\alpha, \beta, \tau)$ ,  $(dx, dy)$  est le vecteur de translation sur le plan image, nous pouvons en déduire  $(D_x, D_y)$  :

$$D_x = dx \cdot (D_z + z) / f$$

$$D_y = dy \cdot (D_z + z) / f$$

De (3) et (4), nous obtenons les dérivées de  $(u, v)$  par rapport à  $(dx, dy, Dz, \alpha, \beta, \tau)$  représentées par :

$$u'(dx, dy, Dz, \alpha, \beta, \tau) =$$

$$(1, 0, -f \cdot x \cdot t^2, -f \cdot x \cdot y \cdot t^2, f \cdot t \cdot (z + t \cdot x^2), -f \cdot y \cdot t) \quad (5)$$

$$v'(dx, dy, Dz, \alpha, \beta, \tau) =$$

$$(0, 1, -f \cdot y \cdot t^2, -f \cdot t \cdot (z + t \cdot y^2), -f \cdot x \cdot y \cdot t^2, -f \cdot x \cdot t) \quad (6)$$

alors,

$$u = u' \cdot [\Delta dx, \Delta dy, \Delta Dz, \Delta \alpha, \Delta \beta, \Delta \tau] \quad (7)$$

$$v = v' \cdot [\Delta dx, \Delta dy, \Delta Dz, \Delta \alpha, \Delta \beta, \Delta \tau] \quad (8)$$

Soit  $n$  l'indice du rang d'itération, et :

$D(ap)$  = distance entre les points  $a$  et  $p$ ;

$D(bp)$  = distance entre  $b$  et  $p$ ;

$D(ab)$  = distance entre  $a$  et  $b$

alors, la linéarisation de (2) s'écrit :

$$D_n = D_{n-1} + D'_{D_x} \cdot \Delta D_x + D'_{D_y} \cdot \Delta D_y + D'_{D_z} \cdot \Delta D_z + D'_{\alpha} \cdot \Delta \alpha + D'_{\beta} \cdot \Delta \beta + D'_{\tau} \cdot \Delta \tau$$

ou de (7) et (8) :

$$\text{Erreur} = T_{1n} \cdot \Delta u_{2n} + T_{2n} \cdot \Delta u_{1n} + T_{3n} \cdot \Delta v_{1n} + T_{4n} \cdot \Delta v_{2n} \quad (9)$$

où :

$$T_{1n} = (u_{2n} - u_{1n}) / D_n(ab) - (u_{2n} - x_T) / D_n(bp)$$

$$T_{2n} = -[(u_{2n} - u_{1n}) / D_n(ab) + (u_{1n} - x_T) / D_n(ap)]$$

$$T_{3n} = -[(v_{2n} - v_{1n}) / D_n(ab) + (v_{1n} - y_T) / D_n(ap)]$$

$$T_{4n} = -[(v_{2n} - v_{1n}) / D_n(ab) + (v_{2n} - y_T) / D_n(bp)]$$

### III. CONCLUSION

Une nouvelle mesure de superposition image - modèle a été présentée et ainsi que sa linéarisation. Cette mesure supplémentaire au critère de convergence des distances des segments a pour but d'identifier les corrélations miroir. Elle a été appliquée dans le travail de la thèse de l'auteur [10], et les fausses corrélations (miroir) produites souvent en raison des omissions de primitives image ont été éliminées, ceci a montré que le temps de calcul a été réduit car les corrélations inutiles sont évitées. Un autre avantage de ce critère de superposition d'image-modèle est qu'il est indépendant de l'initialisation de  $D_x, D_y, D_z, \alpha, \beta, \tau$ .

### REFERENCES

- [1] P.J.BESL and R.C.Jain - "3D Object Recognition", Computing Surveys, vol.17 N°1 March 1985.
- [2] S.T.BARNARD - "Interpreting Perspective Images", Artificial Intelligence, vol.21 1983 p435-462.
- [3] R.A. BROOKS - "Symbolic Reasoning Among 3D Models and 2D images", Artificial Intelligence, vol.17 p285-348 1981.
- [4] R.A. BROOKS - "Model-Based 3D Interpretations of 2D Images", IEEE Trans. PAMI. v10.5 N°2 March 1983.



- [5] R.HORAUD - "New Methods for Matching 3D Objects with Single Perspective Views", IEEE Trans. PAMI. vol.9 N°3 May 1987.
- [6] D.G.LOWE - "3D Object Recognition from Single 2D Images", Artificial Intelligence, vol.31 1987 p355-395.
- [7] P.R.WOLF - Elements of Photogrammetry, McGraw-Hill Book Company, 1983.
- [8] D.F.ROGERS and J.A.ADAMS - Mathematical Elements for Computer Graphics, McGraw-Hill 1976.
- [9] A.K.MACKWORTH - "Interpreting Pictures of Polyhedral Scenes", Artificial Intelligence, vol.4 1973 p121-137.
- [10] C.Q.XU - "Localisation d'objets dans l'espace géométriquement connus à partir de l'image délivrée par une seule caméra", Thèse de doctorat de l'Université Louis Pasteur de Strasbourg, février 1990

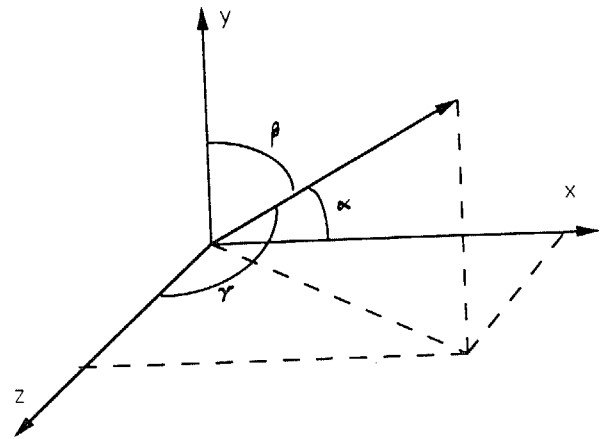


Figure 1.

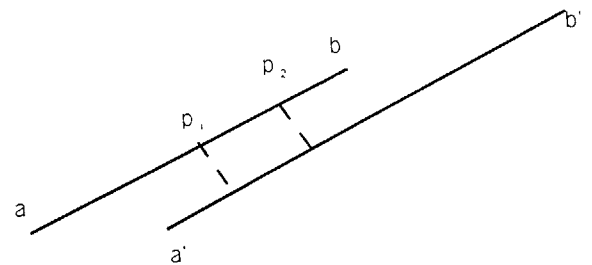


Figure 2

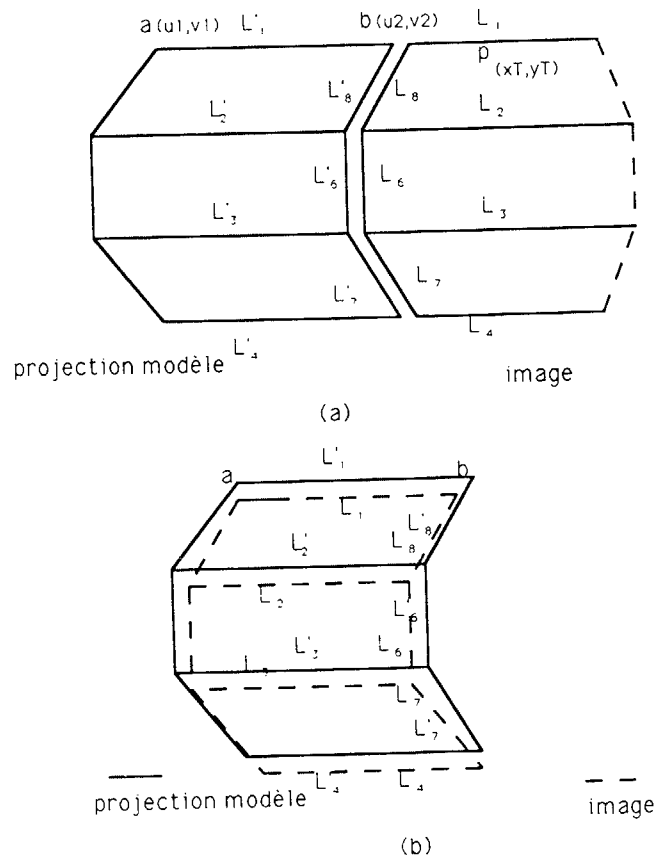


Figure 3