

Comparative performance for isolated points detection operators: application on surface defects extraction

R. Seulin, G. Delcroix, F. Merienne

Laboratoire Le2i - 12, Rue de la Fonderie - 71200 Le Creusot - FRANCE

e-mail: ralph.seulin@iutlecreusot.u-bourgogne.fr

Mots clés: détection de points isolés, extraction de défauts, opérateur Laplacien adaptatif, comparaison de performances.

Résumé

Cet article a pour objectif de proposer une méthode pour aider au choix d'un opérateur de traitement d'images. Cette méthode est appliquée au contrôle de défauts d'aspect sur des produits en fabrication. Trois éléments caractérisent les défauts à contrôler. Tout d'abord, la surface de la pièce est entièrement réfléchissante à la façon d'un miroir. Ensuite, les défauts apparaissent de façon aléatoire dans l'objet et ont la forme d'une bosse. Enfin, la taille des défauts est extrêmement faible. Dans la plupart des cas, celle-ci n'excède pas 5 pixels. L'éclairage utilisé pour détecter ces défauts a fait l'objet d'une étude soignée. Il consiste à utiliser des transitions de lumière grâce auxquelles les défauts apparaissent comme des points lumineux isolés dans des zones sombres. Un traitement adapté devra alors être choisi pour détecter les défauts dans l'image. Pour cela, différents opérateurs ont été choisis dans la littérature et proviennent de familles diverses. Ces opérateurs sont tous adaptés au problème posé. Ils sont analysés et évalués sur des images tests soigneusement choisies. Afin de sélectionner l'opérateur le mieux adapté au problème, une méthode de comparaison de performances des opérateurs est proposée. Elle consiste d'abord à définir des critères de comparaison propres au type de défaut à détecter. Ensuite, des paramètres permettant d'évaluer les critères définis sont calculés sur des images tests. Ces paramètres sont calculés pour chacun des opérateurs testés. Ils apportent une certaine quantification de l'évaluation des critères définis, et cela pour chacun des opérateurs. La comparaison numérique des paramètres appliqués à chaque opérateur permet enfin de comparer les opérateurs choisis. Cette méthode permet ainsi d'apporter une aide dans le choix de la technique d'extraction de défaut à utiliser.

1. INTRODUCTION

Cet article se décompose en trois étapes. Dans un premier temps, le contexte de travail est présenté. Les défauts d'aspect à contrôler sont étudiés finement. Dans un deuxième temps, différents opérateurs ont été évalués pour détecter les défauts. Ces opérateurs appartiennent à des familles de traitement différentes et proviennent de la littérature. Ils donnent tous de bons résultats pour la détection de points isolés. Enfin, une méthode de comparaison de ces différents opérateurs testés est proposée. Cette méthode s'appuie sur des critères forts imposés par le type de contrôle effectué. Elle s'appuie également sur une bonne connaissance des images à traiter. Elle permet de dégager une aide au choix relativement fine de l'opérateur le mieux adapté au problème posé.

2. CONTEXTE

Cette étude s'inscrit dans le cadre d'un projet destiné à réaliser un système de contrôle d'aspect par vision artificielle de pièces sur une chaîne de fabrication. Les produits à contrôler sont des pièces en matière plastique injectées issues de l'industrie de l'emballage de cosmétique. Ces pièces subissent des opérations de vernissage et de métallisation qui rendent leur surface hautement réfléchissante comparable à des miroirs. Lors de ces opérations, il arrive que des poussières s'intercalent entre le plastique et le vernis provoquant de petites inclusions et altérant ainsi l'aspect de ce produit. Le défaut est caractérisé par sa forme car il crée une bosse à la surface de la pièce. La nature et la couleur de la surface ne sont donc pas modifiées à l'emplacement du défaut. La plupart des défauts ont une surface inférieure à 1 mm². Afin de mettre en évidence les défauts sur des surfaces métalliques parfaitement réfléchissantes, un éclairage particulier a été développé. L'éclairage utilisé est composé de franges sombres et de franges lumineuses. Les défauts à détecter étant des défauts de forme, la réflexion de l'éclairage est modifiée par les inhomogénéités de la surface. La figure 1 illustre ce phénomène.

L'éclairage est configuré de telle manière à ce que les défauts apparaissent en blanc dans les zones

sombres et en noir dans les zones claires. Pour des raisons de sensibilité de mesure, on choisit de saturer le capteur CCD. Seuls les défauts blancs présents dans les zones sombres sont mis en évidence [1].

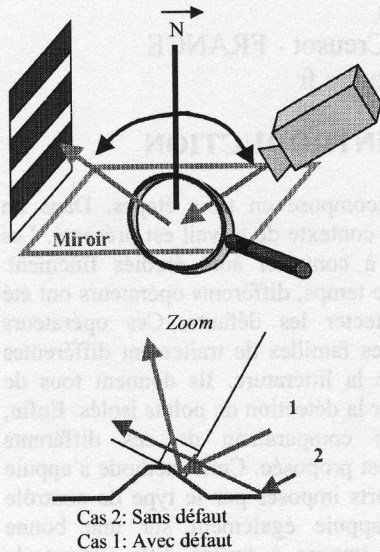


Figure 1. configuration de l'éclairage

La figure 2 présente un exemple typique des images obtenues par ce système. On reconnaît la projection des bandes sombres et lumineuses sur l'objet ainsi que la mise en évidence d'un défaut sous forme d'un point lumineux isolé dans une zone sombre. Dans la suite de cet article, on considère comme point isolé tout agglomérat de pixels contigus ayant une valeur de luminance fortement élevée par rapport à la luminance moyenne locale.

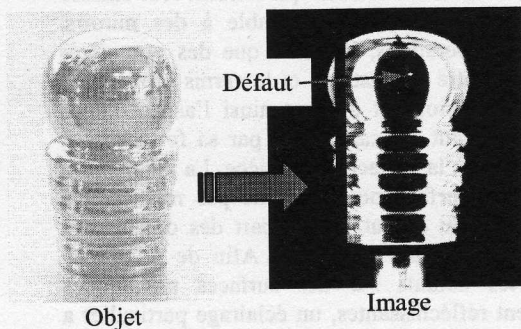


Figure 2. mise en évidence d'un défaut de surface

L'objectif de la détection de défauts est donc d'extraire ces points isolés. Ceux-ci apparaissent avec une taille inférieure à dix pixels et sous forme compacte. De plus, la position de l'objet dans l'image n'est pas connue a priori. Aussi, le traitement à effectuer sur les images acquises devra être robuste et

devra pouvoir fonctionner quelque soit la forme de l'objet observé.

3. ETUDE DES OPERATEURS D'EXTRACTION DE POINTS ISOLEES

Dans ce paragraphe, nous présentons trois opérateurs sélectionnés pour leur aptitude à la détection de points isolés. Ils ont été choisis dans la littérature et adaptés à notre application.

3.1. Transformation Chapeau Haut de Forme

La morphologie mathématique propose cet opérateur pour extraire des pics ou des crêtes sur des images en niveaux de gris [2]. La transformation Chapeau Haut de Forme consiste à effectuer la différence entre l'image initiale et son ouvert par un élément structurant B. On procède ensuite à un seuillage. La transformation sélectionne la partie de l'image ayant une largeur inférieure à la taille de l'élément structurant et le seuillage permet une sélection de l'amplitude des parties étroites retenues. La taille de l'élément structurant B détermine ainsi la taille des défauts que l'on désire détecter et la valeur du seuillage S détermine l'amplitude des pics que l'on conservera en tant que défauts. Cet opérateur étant conçu pour extraire des zones étroites, il risque toutefois de mettre en évidence les zones de type fil (faible largeur mais allongée).

3.2. Filtre Laplacien

La dérivée seconde d'un signal ne comportant que des portes et des impulsions présente un maximum pour les parties du signal correspondant aux impulsions. Dans notre étude, les points isolés apparaissent comme des impulsions situées entre des portes car ce sont des points blancs au milieu de zones noires entourées par des franges blanches. Le filtrage des images par un filtre de type dérivée seconde permettra donc de mettre en évidence les défauts recherchés [3]. Une approximation discrète simple du Laplacien correspond au masque de convolution suivant:

$$\begin{bmatrix} -1 & -1 & -1 \\ -1 & 8 & -1 \\ -1 & -1 & -1 \end{bmatrix} \quad (1)$$

En pratique, les points isolés sont représentés par un ensemble de pixels blancs et non par un seul pixel. Le filtre Laplacien tel qu'il a été décrit précédemment est inadapté pour la détection désirée car il ne met en évidence que les impulsions de taille 1. Une

modification du filtre est effectuée pour permettre la détection de points isolés de tailles supérieures. La nouvelle approximation de la dérivée seconde consiste à prendre en compte les échantillons situés à une distance 'a' de l'échantillon à traiter. Ainsi, les portions du signal correspondant à une porte de quelques échantillons de largeur seront perçus par le filtre comme une impulsion. Le Laplacien résultant s'obtient par un filtrage linéaire dont les coefficients sont représentés sur la figure 3.

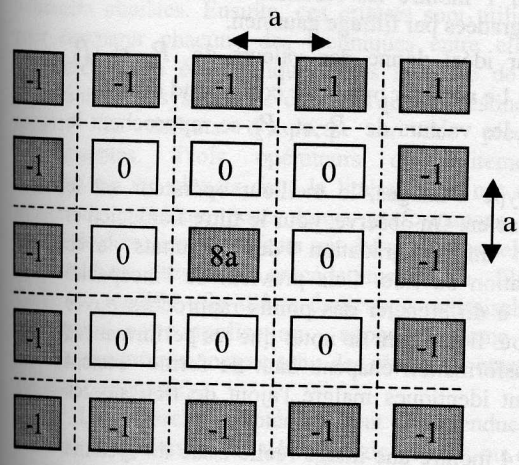


Figure 3. masque de convolution du filtre Laplacien adapté

La valeur de a est adaptée en fonction de la taille des défauts à détecter. Un seuillage permet ensuite de ne retenir que les pixels correspondant au point lumineux. Le traitement proposé ici permet difficilement de différencier des points isolés rapprochés ou de détecter des points situés à proximité d'une frange lumineuse. Une bonne détection avec cet opérateur suppose que les points isolés soient à une distance supérieure à "a" de toute autre zone lumineuse (frange ou autre point isolé).

3.3. Laplacien d'une gaussienne (LoG)

Ce traitement est équivalent à un lissage par un filtre de type gaussien puis à une double dérivation. Il résulte du passage en deux dimensions du filtre dérivée seconde d'une gaussienne. On notera σ l'écart type de la gaussienne. Afin d'obtenir un filtre totalement isotrope, on considère que le filtre 2D est obtenu par une rotation du filtre 1D autour de son axe de symétrie (axe des ordonnées) [4]. La valeur de σ est adaptée en fonction de la taille du point isolé. Le seuillage permet ensuite de ne retenir que les pixels correspondant au point isolé. Le lissage intégré au filtrage a tendance à renforcer le point faible du filtre

Laplacien. En effet, le traitement rend encore plus difficile la différenciation des points isolés rapprochés ou la détection des points situés à proximité d'une frange lumineuse. Une bonne détection avec cet opérateur suppose que les points isolés soient à une distance supérieure à 4σ de toute autre zone lumineuse (frange ou autre point isolé).

4. COMPARAISON DES OPERATEURS D'EXTRACTION DE POINTS ISOLES

4.1. Méthodologie

L'objectif de cette comparaison est d'apporter une aide au choix de l'opérateur le mieux adapté au problème parmi les opérateurs d'extraction de points isolés présentés dans le chapitre précédent. Pour cela, il convient d'effectuer une comparaison quantitative des performances des opérateurs. Cette comparaison s'effectue selon des critères. Les performances d'un opérateur sont quantifiées par les valeurs de paramètres représentant les critères de comparaison. La démarche adoptée est la suivante : on applique les opérateurs sur des images caractéristiques des défauts à détecter. Sur les images résultats, on effectue des mesures permettant le calcul de paramètres. On évalue ensuite les performances de chacun des opérateurs en fonction des valeurs des paramètres obtenues.

4.2. Images test

Les opérateurs ont été testés sur des images de synthèse composées de mires de points isolés. Afin de représenter les différentes expositions de la surface à contrôler vis à vis de la source de lumière, nous avons synthétisé des images avec différents niveaux de saut d'amplitude sur les pixels représentant les défauts. Les images tests ont aussi subi des dégradations par un filtrage gaussien qui tente de matérialiser le blooming observé sur la chaîne réelle d'acquisition des images. Des images réelles ont été utilisées pour les tests, elles ont été choisies pour être des exemples typiques de cas concrets rencontrés sur le système de détection de défauts en temps réel.

4.3. Définition des critères de comparaison

Ces images sont utilisées pour une évaluation quantitative des opérateurs d'extraction de points isolés en employant une méthode de comparaison s'inspirant des critères de Fram et Deutsch [5] modifiés par Cocquerez [6].

D'une manière générale, l'optimisation de l'extraction des points isolés consiste à détecter le maximum de pixels correspondants aux points isolés et le minimum de pixels hors des points isolés. Un compromis est toujours à faire entre surdétection et sousdéttection. C'est selon ces deux critères que l'on choisit de faire la comparaison. Les performances d'un opérateur sont quantifiées par les valeurs de deux paramètres P_1 et P_2 . P_1 quantifie la surdéttection et P_2 caractérise la sousdéttection. On définit Z_i la zone des points isolés, soit l'ensemble des pixels représentant les points isolés. On note:

$n_{Z_i}^d$ le nombre de pixels détectés dans Z_i ,

n_0^d le nombre de pixels détectés hors de Z_i et

N_{Z_i} le nombre de pixels constituant Z_i .

Définition des paramètres P_1 et P_2 :

$$P_1 = \frac{n_{Z_i}^d}{n_{Z_i}^d + n_0^d} \quad (2) \quad P_2 = \frac{n_{Z_i}^d}{N_{Z_i}} \quad (3)$$

Ces paramètres prennent des valeurs entre 0 et 1. P_1 quantifie la robustesse du détecteur : ce paramètre est faible quand l'opérateur détecte un nombre importants de pixels en dehors des points isolés et vaut 1 quand il n'y a pas de surdéttection. P_2 caractérise le comportement du détecteur vis à vis du signal seul : ce paramètre vaut 1 quand tous les pixels représentant les points isolés sont extraits et est faible quand des lacunes apparaissent dans la détection. Pour le calcul de chacun de ces paramètres, la connaissance des points isolés à détecter est nécessaire et est donnée par une image de référence correspondant au cas idéal de parfaite détection.

4.4. Paramètres de réglages des différents opérateurs

D'une manière générale, les paramètres ont été choisis de manière à optimiser l'extraction des points isolés. Quand l'optimum oscille entre deux jeux de

paramètres voisins, celui qui extrait les points isolés de manière la plus complète est choisi, quitte à extraire des pixels ne faisant pas partie des points isolés. Ce choix correspond au contexte de contrôle qualité en milieu industriel qui vise à favoriser une surdéttection pouvant être modulée par la phase avale de décision.

4.5. Performances

Le tableau 1 montre les résultats obtenus pour les images dégradées par filtrage gaussien.

L'opérateur idéal donne des valeurs de P_1 et P_2 égales à 1. Le meilleur opérateur correspond donc à celui dont les valeurs de P_1 et P_2 se rapprochent le plus de 1.

Pour ce type d'images, le meilleur opérateur est le filtre Laplacien. On observe, pour le filtre Laplacien et le LoG, une dégradation des résultats avec l'augmentation du flou. Cela provient de l'incapacité croissante à différencier des points rapprochés noyés dans le flou. Il convient de noter que les performances de la transformation chapeau haut de forme restent absolument identiques malgré l'ajout de flou sur les images.

La figure 4 montre une image réelle issue du système de contrôle en temps réel et l'image résultat de l'application du filtre Laplacien modifié correspond à la figure 5.

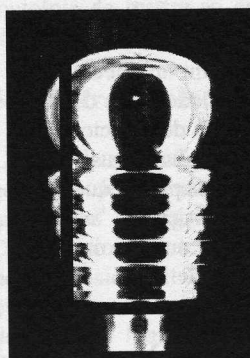


Figure 2 – Image réelles

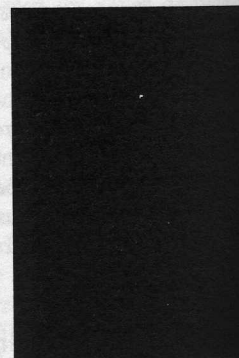


Figure 3 – Résultat du filtrage par l'opérateur Laplacien

Rayon du blooming gaussien	r = 1		r = 2		r = 3	
	P_1	P_2	P_1	P_2	P_1	P_2
Laplacien	1.000	0.948	0.948	0.948	0.703	0.948
Chapeau haut de forme	0.190	1.000	0.190	1.000	0.190	1.000
LoG	0.547	0.913	0.283	0.757	0.151	0.757

Tableau 1 performances des opérateurs sur les images dégradées par filtrage gaussien

5. CONCLUSIONS ET PERSPECTIVES

Dans cet article nous avons proposé une méthode générale permettant la comparaison des performances d'opérateurs pour l'extraction de points lumineux isolés dans des zones sombres. Des critères caractérisant la meilleure détection possible pour l'utilisateur ont été définis. Ces critères de performances servent tout d'abord de référence pour le réglage des paramètres de chacune des techniques de traitement choisies. Ensuite, ces critères sont utilisés pour comparer chacune des techniques entre elles. Cette méthode a été appliquée dans le cadre de la réalisation d'un système de contrôle qualité destiné à détecter les défauts d'aspects sur des pièces réfléchissantes. Trois opérateurs de traitement d'images ont été choisis dans la littérature et ont été adaptés au problème posé. Leurs performances en matière de détection de défauts ont été analysées selon la procédure présentée précédemment. Le filtre Laplacien, modifié afin d'être facilement optimisable et adapté à notre application, apparaît comme le meilleur compromis compte tenu des résultats obtenus aux tests comparatifs.

La démarche adoptée ici peut être étendue à d'autres configurations de détection de défauts ou de segmentation afin de faciliter le choix dans les traitements à mettre en œuvre. De plus, d'autres applications du filtre Laplacien modifié sont actuellement à l'étude. Ce traitement est par exemple utilisé au sein de notre laboratoire dans le cadre de la localisation de pupilles oculaires.

REFERENCES

- [1] G. Delcroix, D. Aluze, F. Merienne, B. Lamalle and P. Gorria - On-Line Defects Localization on Mirror-Like Surfaces, SPIE Conference on Machine Vision Applications in Industrial Inspection VII, January 24-29 1999, San José (USA), Vol. 3652, pp. 34-42.
- [2] E.R. Dougherty - An Introduction to Morphological Image Processing, SPIE Volume TT 9, Washington, 1992.
- [3] KAMGAR-PARSI Behzad, KAMGAR-PARSI Behrooz, ROSENFELD A. - Optimally isotropic Laplacian operator, IEEE trans. image process., 1999, vol. 8, no 10, pp. 1467 - 1472.
- [4] J.S. Chen, A. Huertas, G. Medioni - Fast Convolution with Laplacian of Gaussian Masks, IEEE Trans. PAMI, 9, pp. 584-590, 1987.
- [5] J.R. Fram, E.S. Deutsch - A Quantitative Study of Orientation Bias of some Edge Detection Schemes, IEEE Trans. on Comp., vol. 27, pp. 205-213, 1978.

- [6] J.P. Cocquerez, J. Dévars - Détection de contours dans les images aériennes : nouveaux opérateurs, Traitement du signal, vol. 2, n°1, 1985.

6. REMERCIEMENTS

Ces travaux ont été financés par le Conseil Régional de Bourgogne et le Pôle Imagerie de Bourgogne.