

Relevé automatique de fissures sur chaussées par un algorithme de recherche de chemin minimal

AMHAZ, Rabih
Mél : rabih.amhaz@ifsttar.fr

Résumé : Le relevé automatique des dégradations de surface à partir des images de la chaussée est devenu un enjeu majeur dans de nombreux pays. Parmi les différentes méthodes de traitement d'image de la littérature, cet article propose d'utiliser un algorithme de recherche de chemin minimal pour détecter les fissures. La méthode proposée prend simultanément en compte les caractéristiques photométriques et géométriques des fissures, et requiert un minimum d'information a priori. L'article présente les étapes de l'algorithme, puis le résultat des premiers tests sur des images collectées par un système d'imagerie opérationnel. Dans son état d'avancement actuel, l'algorithme fournit le squelette des fissures dans les images, qui est ensuite comparée à la pseudo-vérité terrain associée aux images pour une évaluation quantitative des performances.

Mots clés : *chemin minimal, Dijkstra, traitement d'image, chaussée, fissure, détection automatique.*

Collaborations : S. Chambon (IRIT, Université Paul Sabatier, Toulouse), J. Idier (IRCCyN, Ecole Centrale, Nantes), V. Baltazart (IFSTTAR, Nantes).

1 Introduction

Dans de nombreux pays, le suivi de l'état de dégradations des routes représente un enjeu important, pour planifier l'entretien du réseau routier. Cette tâche consiste à relever les dégradations en surface de chaussées, telle que la fissuration et l'arrachement de matière. L'inspection visuelle, utilisée depuis l'origine, tend à être remplacée par des systèmes d'imagerie qui recueillent des images de la surface de chaussées à la vitesse du trafic. L'effort de recherche a alors porté sur l'utilisation de techniques de traitement d'images pour assurer la détection automatique de fissures. Les images de chaussées sont fortement texturées et les fissures apparaissent sous forme de fins linéaments de faible luminance noyés dans un bruit. En conséquence, les résultats de détection se sont souvent révélés perfectibles, avec un taux de fausse alarme trop important et/ou un taux de détection trop faible.

En référence à la synthèse qui figure dans [1, 2], les premières méthodes de traitement utilisaient les caractéristiques photométriques des images, i.e., les niveaux de gris des pixels. Toutefois, l'histogramme présente en général une répartition mono-modale, ce qui rend difficile le choix d'un seuil efficace pour extraire les fissures sur le seul critère du niveau de luminance. Les résultats des transformées en ondelettes se sont révélés difficiles à interpréter. Les méthodes de morphologie mathématique permettent d'exploiter les caractéristiques photométriques et géométriques des images, mais leurs performances sont fortement dépendantes du choix des paramètres. Les méthodes par apprentissage sont efficaces, mais l'étape d'apprentissage augmente le temps de traitement. Les méthodes par contours actifs ont été testées avec une initialisation manuelle de points d'intérêt (POI), puis ont été améliorées par la suite grâce à une détection automatique de POI.

Deux approches récentes et prometteuses sont basées sur l'algorithme de recherche de chemin minimal. Il s'agit de la méthode FFA (anisotropie de forme libre) [3], et de la détection semi-automatique des fissures [4] à l'aide d'une méthode de contours actifs (dont seul le point d'origine est spécifiée). Ces deux méthodes utilisent une information a priori plus réduite que dans les approches précédentes, prennent en considération les caractéristiques photométriques et géométriques des fissures, et leurs performances sont plus robustes à la texture de l'image.

Cet article présente une adaptation de cette dernière famille d'algorithmes, en levant cependant les contraintes de recherche directionnelle et sur une distance limitée, propres à la méthode proposée dans [3].

2 Méthode proposée

Les algorithmes de recherche de chemin minimal ont été utilisés pour le traitement de l'image dans de nombreuses applications [5]. L'algorithme le plus utilisé est l'algorithme de Dijkstra [6]. En supposant que les fissures à détecter correspondent à des pixels plus sombres, l'algorithme cherche les chemins dans l'image dont la fonction de coût associée (définie comme la somme des niveaux de gris des pixels le long du chemin) est minimale. Le chemin passant par une fissure présente une fonction de coût inférieure aux coûts des autres chemins. L'apparente simplicité du principe de l'algorithme induit en contrepartie, une grande charge de calcul, car tous les chemins doivent être explorés dans l'image afin de sélectionner ceux qui présentent les plus faibles valeurs de fonction de coût.

Une première adaptation d'un algorithme de recherche de chemin minimal pour la détection des fissures de chaussée a été récemment proposée dans [3]; certaines contraintes directionnelles et de longueur réduisent fortement la complexité calculatoire. Cet article propose une méthode alternative pour réduire le temps de calcul en initialisant la recherche de chemin minimal entre une sélection de points-amorces. La fonction de coût utilisée est le niveau de gris moyen sur le chemin, c'est-à-dire, la somme des niveaux de gris normalisée par le nombre de pixels du chemin. L'algorithme proposé se compose des étapes suivantes (Cf. Figure 1) :

1. Sélection des pixels d'amorce : l'image est décomposée en imagerie ; on identifie les pixels de niveau de gris le plus bas dans chaque imagerie ; ceux dont le niveau de gris est au-dessous d'un seuil (S_a) sont finalement retenus comme pixels d'amorce pour la recherche de chemin minimal.
2. Calcul des chemins minimaux : on utilise l'algorithme de Dijkstra pour calculer la série de chemins minimaux entre tous les pixels amorces ; les chemins se caractérisent par une longueur en pixels et une valeur de la fonction de coût ; les chemins dont la fonction de coût est inférieure à un seuil (S_c) sont retenus comme appartenant à une fissure.
3. Fusion des morceaux de fissure en un squelette continu.
4. Estimation de la largeur des fissures.

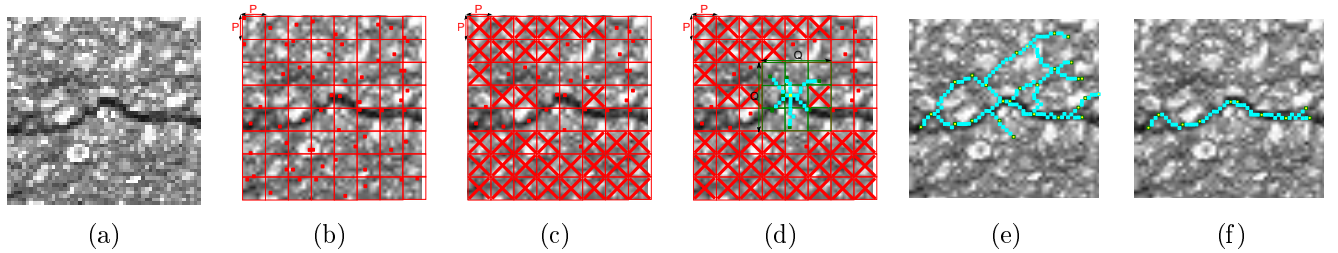


FIGURE 1 – Illustration des étapes 1 et 2 de l'algorithme : (a) image originale, (b) 8×8 sous-images et les minimaux locaux marqués points (en rouge) sur chacune, (c) amorces sélectionnés (par seuillage) pour la recherche de chemin minimal, (d) calcul des chemins minimaux dans l'imagerie centrale, (e) l'ensemble des chemins minimaux calculés, (f) chemins minimaux sélectionnés après seuillage.

L'algorithme nécessite 2 paramètres qui sont ajustés aux statistiques de chaque image : (S_a) le seuil sur les niveaux de gris de l'image, et (S_c), le seuil sur la valeur de la fonction de coût du chemin.

3 Résultats préliminaires

L'algorithme proposé a été testé sur un échantillon de 10 images, extraites de notre base de données d'images collectées sur des routes nationales. Pour comparaison, nous avons également testé l'algorithme FFA [3] sur les mêmes images.

La Figure 2 illustre les résultats obtenus sur 3 images de l'échantillon-test. Les images sont caractérisées par une forte texture due à la diffusion de la lumière sur la surface de la chaussée, et par des luminosités variables. La distribution des niveaux de gris est dominée par l'influence de la texture, la population « fissure » étant faiblement représentée (moins de 2% en pixels). Des zones saturées peuvent apparaître sur les images qui ont une valeur moyenne plus élevée. Ces pixels sont retirés du calcul de moyenne et d'écart-type ; leur influence est naturellement éliminée à la première étape de l'algorithme. L'algorithme est testé

en comparant le squelette fissure détectée à la pseudo-vérité terrain, qui a été déterminée manuellement à partir des images.

Les performances des deux algorithmes en détection ont été évaluées quantitativement à partir des valeurs de vrais positifs (bonne détection) et de faux positifs (fausses alarmes) [7]. Il est attendu de maximiser le premier et de minimiser le deuxième afin d'augmenter le rapport TPR (True positive ratio).

La méthode [3] sélectionne les pixels ayant la plus forte anisotropie locale (due à la proximité de la fissure). Elle produit Figure 2 (colonne d) une trace épaisse (plus la trace est épaisse, plus la fissure est large), qui induit un taux élevé de fausses alarmes. La faible luminosité des images et les ramifications des fissures perturbent également les performances de la méthode.

En revanche, la méthode proposée dans la section 2 estime le squelette de fissuration, c'est-à-dire un ensemble plus restreint de pixels, comme indiqué sur la Figure 2 (colonne b). Les fausses alarmes se traduisent en majorité par des ramifications (des épis) le long de la fissure principale. La méthode proposée atteint une plus grande valeur du rapport TPR (72%) comparée à celle obtenue par la méthode FFA (62%). En outre, elle conserve les propriétés de résolution de l'image, et par suite, la capacité d'estimer la largeur des fissures.

4 Conclusions et perspectives

Ce travail met en œuvre un algorithme de recherche de chemin minimal pour la détection automatique de fissuration sur chaussées. Dans l'immédiat, nous travaillons sur les étapes 3 et 4 de l'algorithme. L'algorithme sera ensuite testé sur un ensemble de données plus grand. Le coefficient de similarité (DICE) et la courbe ROC permettront d'évaluer les performances.

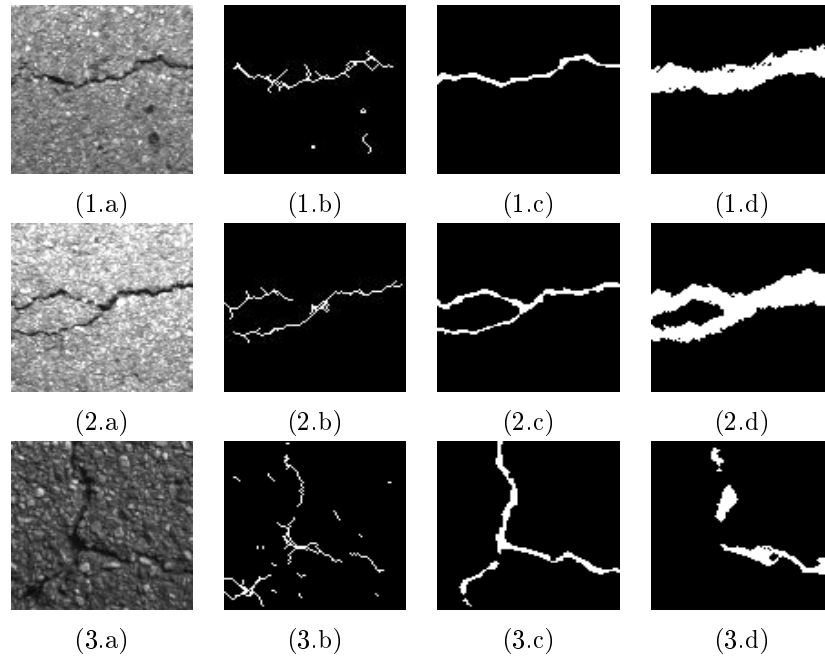


FIGURE 2 – Résultats de l'algorithme : (a) images originales, (b) images résultats, (c) images pseudo-vérité terrain, (d) images résultats par la méthode de [3]. Détails : (1) luminosité normale avec fissure transversale, (2) luminosité forte avec réseau de fissures, (3) image très sombre avec réseau de fissures.

Références

- [1] S. Chambon and J.-M. Moliard. Automatic road pavement assessment with image processing : Review and comparison. *International Journal of Geophysics*, 2011.
- [2] Y. Tsai, V. Kaul, and R. Mersereau. Critical assessment of pavement distress segmentation methods. In *ASCE, Journal of Transportation Engineering*, volume 136, pages 11–19, 2010.

- [3] T. S. Nguyen, S. Begot, F. Duculty, and M. Avila. Free-form anisotropy : A new method for crack detection on pavement surface images. pages 1069–1072, 2011.
- [4] V. Kaul, A. Yezzi, and Y. Tsai. Detecting curves with unknown endpoints and arbitrary topology using minimal paths. In *IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence*, volume 34, pages 1952–1965, 2012.
- [5] A. Falcao, J. Stolfi, and R. Lotufo. The image foresting transform : Theory, algorithms, and applications. In *IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence*, volume 26, pages 19–29, 2004.
- [6] E. W. Dijkstra. A note on two problems in connexion with graphs. In *Numerische Mathematik*, 1959.
- [7] R. Amhaz, S. Chambon, J. Idier, and V. Baltazart. Automatic road crack detection based on a shortest-path algorithm. soumis au GRETSI, Brest, 2013.