

# FoSA: F\* Seed-Growing Approach for Crack-Line Detection from Pavement Images

Qingquan Li, Qin Zou  
Daqiang Zhang, Qingzhou Mao

Revisado por

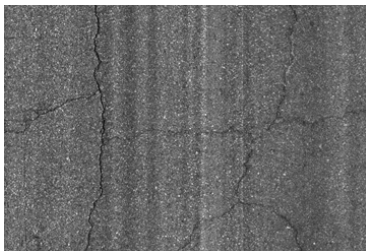
Paulo Henrique Muniz Ferreira

# Conteúdo

- Introdução
- $F^*$  *seed-growing*
- FoSA - Abordagem  $F^*$  *seed-growing* para detecção
- Experimentos
- Conclusão

# Motivação

- Rachaduras em pavimentos é um problema bastante comum
  - Informações sobre fissuras são importante para avaliar a condição e condução de manutenção das estradas.
  - O reparo da rachaduras pode reduzir custo de manutenção
- Tecnologia baseadas em imagem podem oferecer uma forma segura, eficiente e econômica para detecção



# Objetivos

- Uma detecção automática de linhas de rachaduras
  - Supere a condições de contraste e de continuidade das rachaduras
  - Consiga extrair globalmente a rachadura

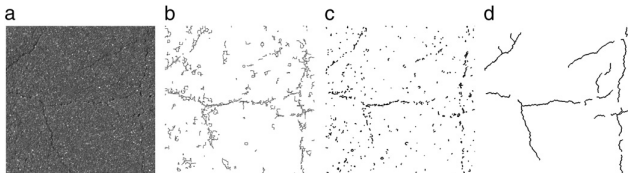


Figura: (a) Uma típica imagem de pavimento, (b) a abordagem de detecção de borda de Canny, (c) abordagem com transformadas de Wavelet, (d) abordagem FoSA

# Algoritmo F\*

- Algoritmo proposto por Ford
- É um algoritmo de busca do caminho mínimo em um dígrafo ponderado
- No contexto de imagem, cada pixel é um nodo no grafo, e intensidade é peso associado ao nodo

# F\* *seed-growing*

- Algoritmo baseado em F\*
- Busca um caminho de custo mínimo que:
  - Passa em ponto específico  $S$
  - Cruza toda a imagem (de uma borda a outra)

# Visão Geral do FoSA

- O algoritmo FoSA consiste de duas etapas:
  - ① Coleta de sementes de rachaduras automaticamente.
    - ① Agregação de seções de rachadura
    - ② Criação de elementos de rachaduras
    - ③ Filtragem baseado no APC
  - ② Aplicar FoS
    - ① Aquisição do Rastro da Rachadura

# Agregação de Seções de Rachaduras

- Define-se o limiar:

$$T = \underset{k}{\operatorname{argmax}}[H(k)]$$

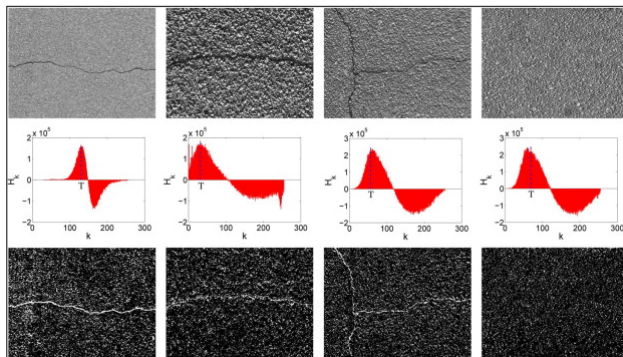


Figura: Na primeira linha tem as imagens originais. Na segunda linha, o histograma da diferença e o limiar ( $T$ ). Na última, a imagem binarizada.



# Criando Elemento de Rachaduras

- Estrutura de dados que facilitará operações

**Algorithm** *Elemento de Rachadura*

```
1 POINT PtStart, PtEnd { Os dois pontos das pontas da rachadura}  
2 INT nApc { Custo médio do caminho do PtStart até PtEnd}  
3 POINT* pPtPath { Caminho de custo mínimo do PtStart até PtEnd}
```

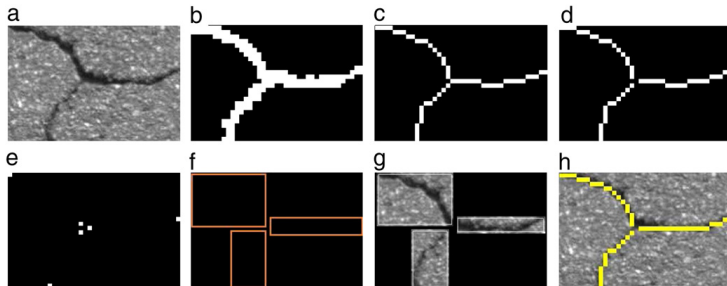
**end**

# Transformar Seções em Elementos

- Extrair os pontos das pontas da rachadura
- Buscar o caminho mínimo dos dois pontos através do  $F^*$

- 1 Aplicar afinamento na imagem binarizada (algoritmo de Hilditch)
- 2 Remover pontos de cruzamento (pontos com 3 ou mais vizinhos)
- 3 Para cada par de pontos de pontas é feito um elemento
  - 1 Calcular o caminho mínimo ( $pPtPath$ ) e a média do custo ( $nApc$ ) de  $PtStart$  a  $PtEnd$  através do  $F^*$  usando somente a sub-imagem.

# Transformar Seções em Elementos



Processamento em seção de rachadura. (a) Uma imagem de rachadura, (b) Seção de de rachadura correspondente a (a), (c) Resultado afinamento, (d) Remoção do ponto de cruzamento, (e) Três pares de pontos da ponta da rachadura, (f) Três retângulos elemento de rachadura, (g) Três sub-imagens, (h) Caminho elemento de rachadura.

# Filtragem Baseada no APC

- Há a necessidade de remover os falso-positivos
- Então foi dividido os elementos de rachaduras em dois grupos
  - Foi utilizado o método de agrupamento proposto por Otsu
  - O atributo usado para agrupamento foi a média do custo do caminho  $nApc_i$
  - O grupo descartado foi  $C_2 = \{nApc_i | nApc_i > k\}$

# Aquisição do Rastro da Rachadura

Assuma que  $C'$  é o conjunto gerado pela filtragem baseada no APC. Então para cada  $CE_i \in C'$ , faz-se:

- 1 Corte uma sub-imagem quadrada da figura original, em que o centro seja  $PtStart$  e a largura seja  $2 \cdot r + 1$ .
- 2 Aplique o algoritmo FoS com  $PtStart$  como ponto-semente para encontrar o caminho dessa semente. Com o resultado de FoS, crie um novo elemento de rachadura.
- 3 Aplique 1. e 2. no ponto  $PtEnd$  de  $CE_i$  atual e crie outro elemento.

Como não há garantias de exatidão sobre os novos elementos, é aplicado novamente a filtragem baseada no APC.

# Experimentos com FoS

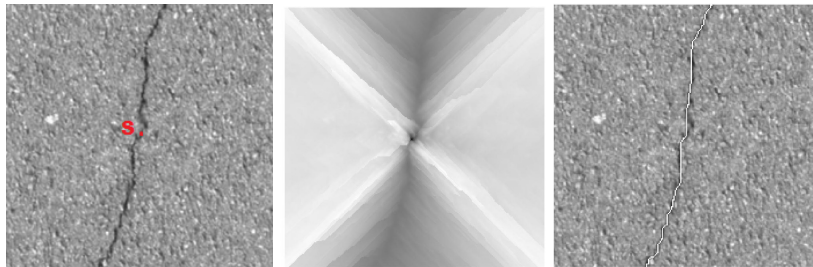


Figura com o resultados do FoS. (Esquerda) Imagem original. (No meio) Resultado da matriz de custo médio. (Direita) Rastro em branco é o resultado da detecção usando algoritmo FoS. O ponto-semente foi  $S = (117, 113)$

# Experimentos com FoSA

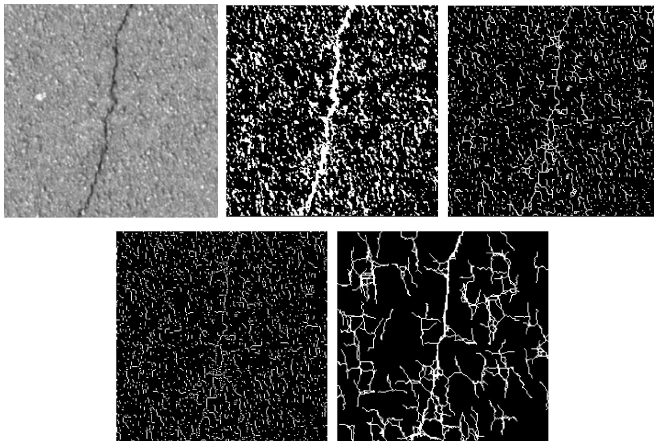


Figura com o resultados do FoSA. (Linha1: Esquerada) Figura original. (Linha 1: Meio) Resultado da binarização. (Linha 1: Direita) Resultado do afinamento. (Linha 2: Esquerda) Resultado da remoção dos pontos de junção. (Linha 2: Direita) Rastro em branco é o resultado da detecção usando algoritmo FoSA.

# Experimentos com FoSA

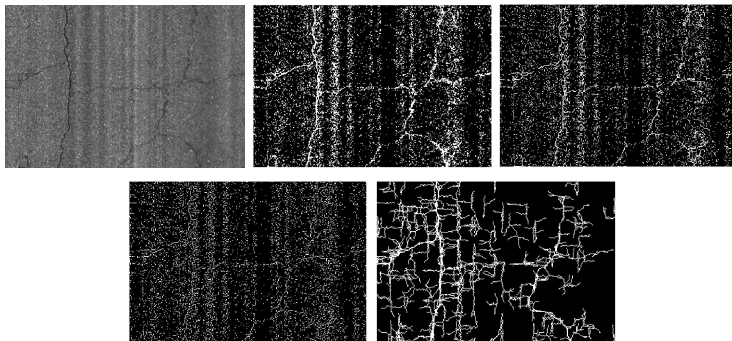


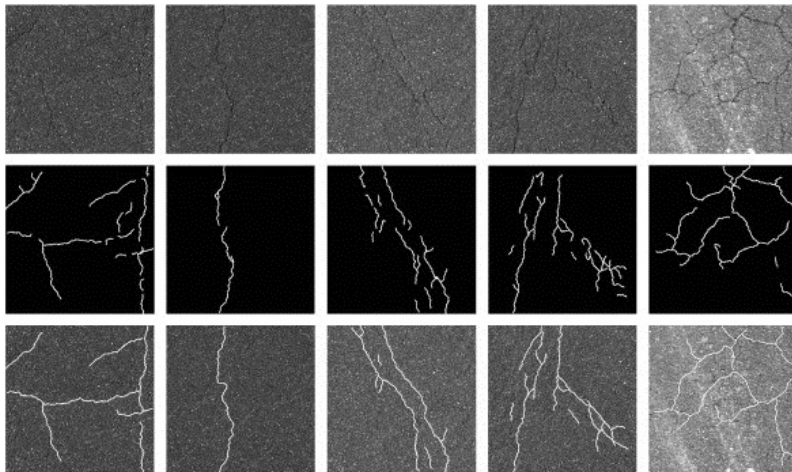
Figura com o resultados do FoSA. (Linha1: Esquerada) Figura original. (Linha 1: Meio) Resultado da binarização. (Linha 1: Direita) Resultado do afinamento. (Linha 2: Esquerda) Resultado da remoção dos pontos de junção. (Linha 2: Direita) Rastro em branco é o resultado da detecção usando algoritmo FoSA.



# Análise dos Resultados

- O resultado do FoS foi bastante satisfatório
- Os resultados do FoSA foram significante diferente
- Há duas etapas que tiveram influência neste resultado negativo
  - A binarização
  - A filtragem baseada no APC

# Resultados do Artigo



Resultados do artigo original. (Linha 1) Imagens originais. (Linha 2) Resultados do FoSA, (Linha 3) Ground truth.

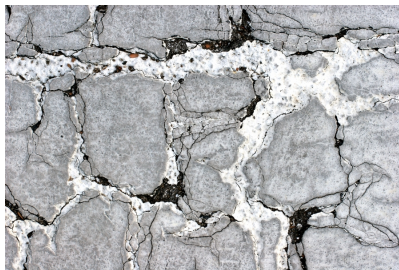
# Análise dos Resultados do Artigo

## Vantagens:

- Apresentou bons resultados
- Tempo de execução rápido e aplicável em sistema de tempo real

## Desvantagem:

- Rachaduras tipo branca não são detectáveis



# Conclusões

- FoSA é um algoritmo para detecção automática de rachaduras
- FoSA apresentou bons resultados (no artigo)
- FoSA tem uma performance rápida

# Trabalhos Futuros

- Em relação a nossa implementação:
  - Validar os procedimento de binarização e filtragem
  - Há a possibilidade de propor uma nova filtragem do falso-positivos
    - Pode-se filtra, no resultado da binarização, as regiões de área pequena
- Em relação ao FoSA
  - A partir dos resultados do FoSA, obter informações como largura, comprimento e tipo da rachadura
  - Implementação e análise de uma versão paralela do algoritmo

# FoSA: F\* Seed-Growing Approach for Crack-Line Detection from Pavement Images

Qingquan Li, Qin Zou  
Daqiang Zhang, Qingzhou Mao

Revisado por

Paulo Henrique Muniz Ferreira