

Поиск и удаление дефектов архивного видео

Матюнин Сергей

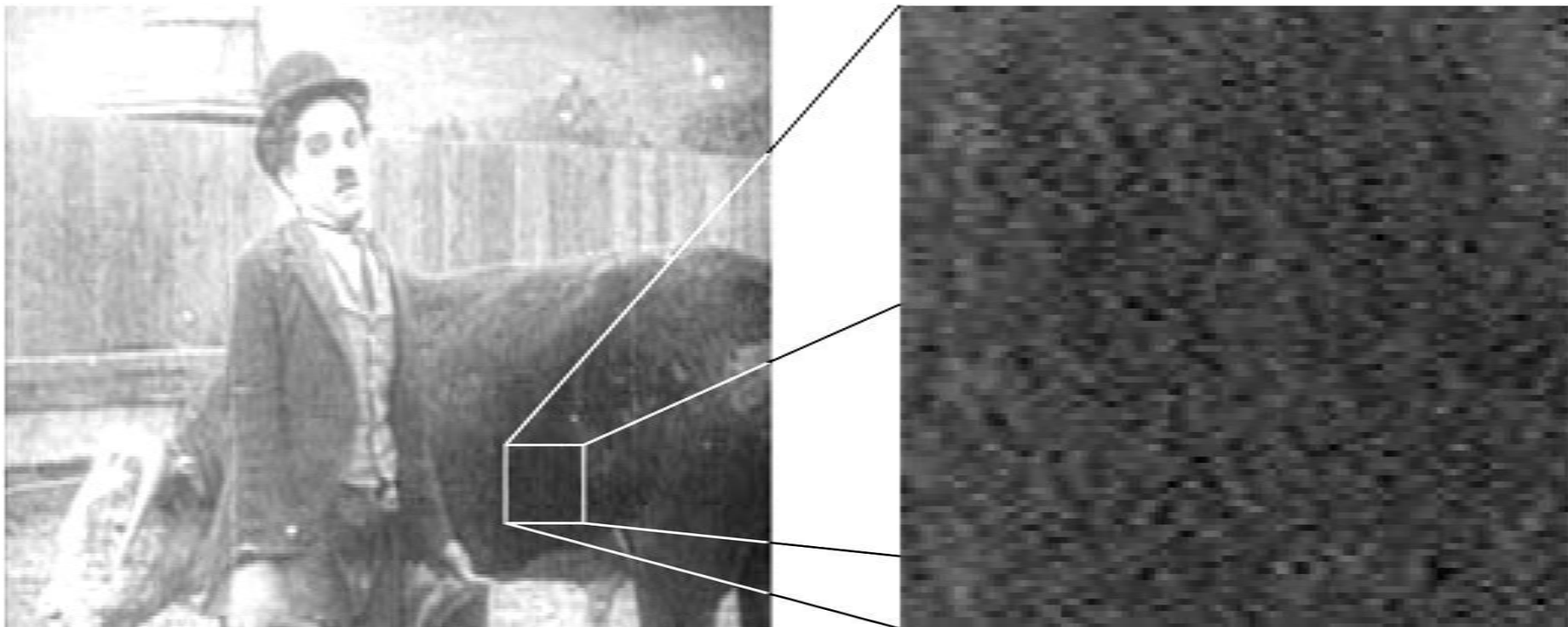
Video Group
CS MSU Graphics & Media Lab

Содержание

- Введение
 - Примеры дефектов
 - Методы обработки
- Методы поиска дефектов
- Методы удаления дефектов
- Дальнейшие планы
- Список материалов

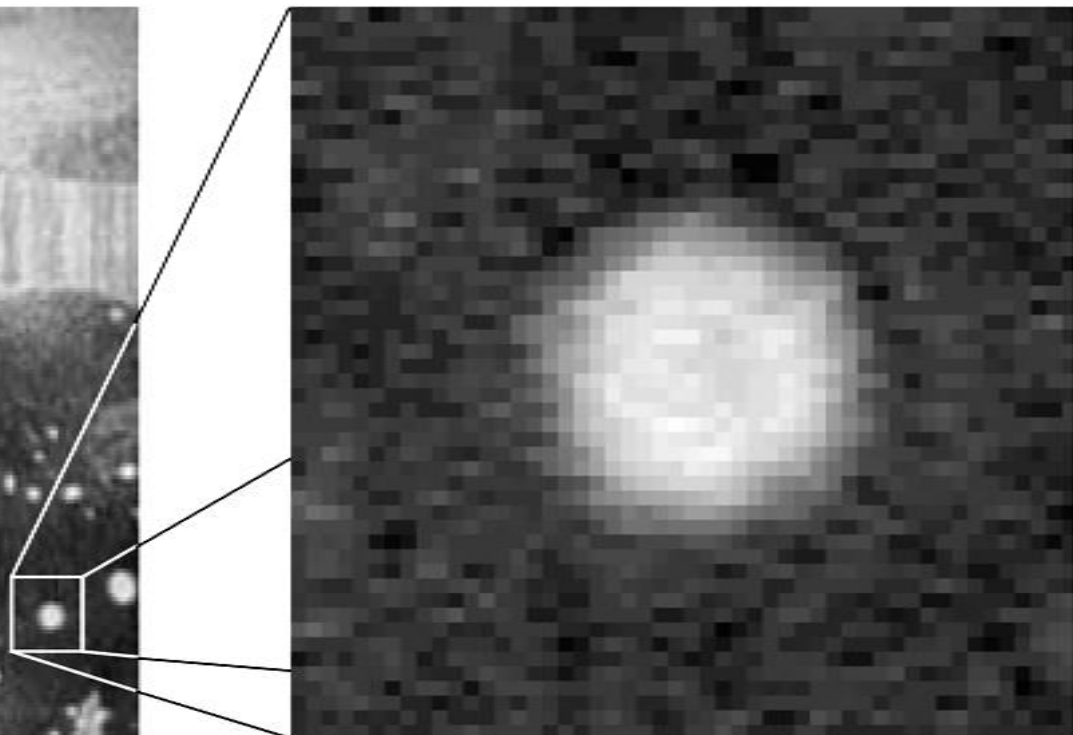
Введение

Примеры дефектов



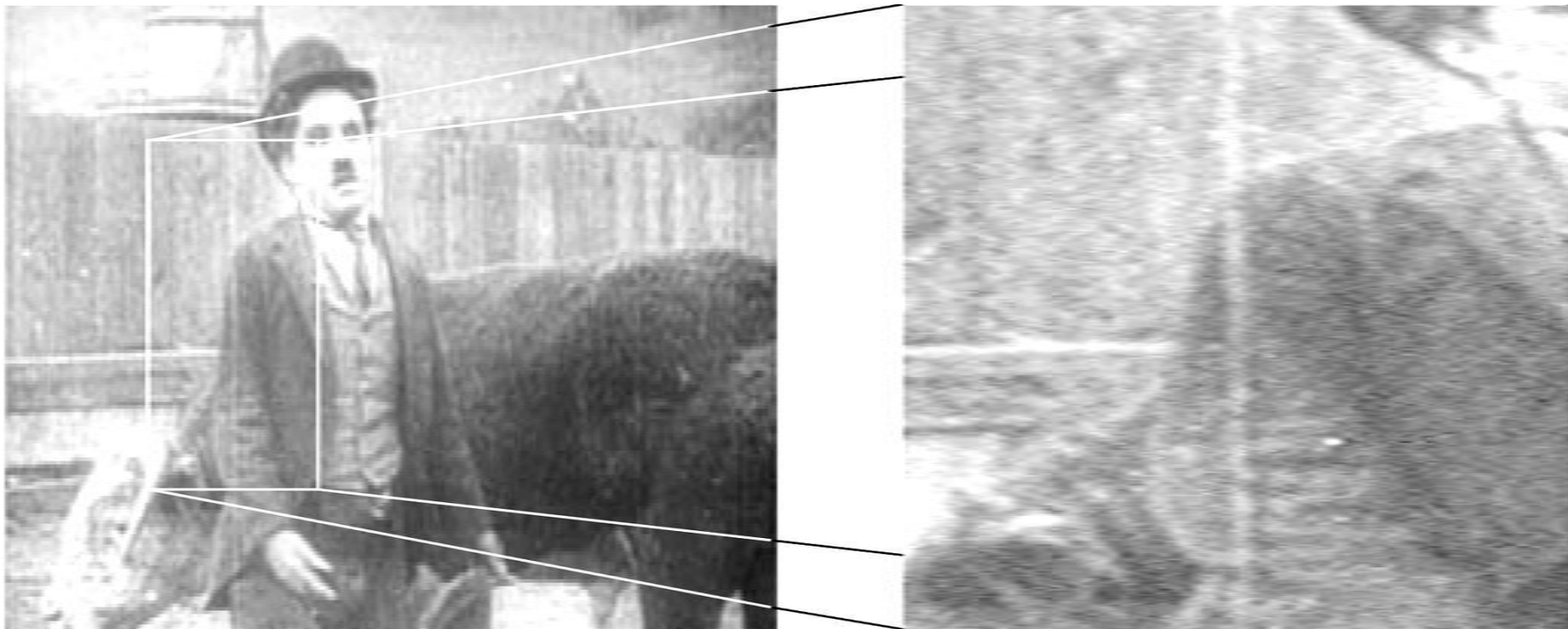
Введение

Примеры дефектов



Введение

Примеры дефектов



Введение

Примеры дефектов



Введение

Примеры дефектов



Введение

Примеры дефектов



Введение

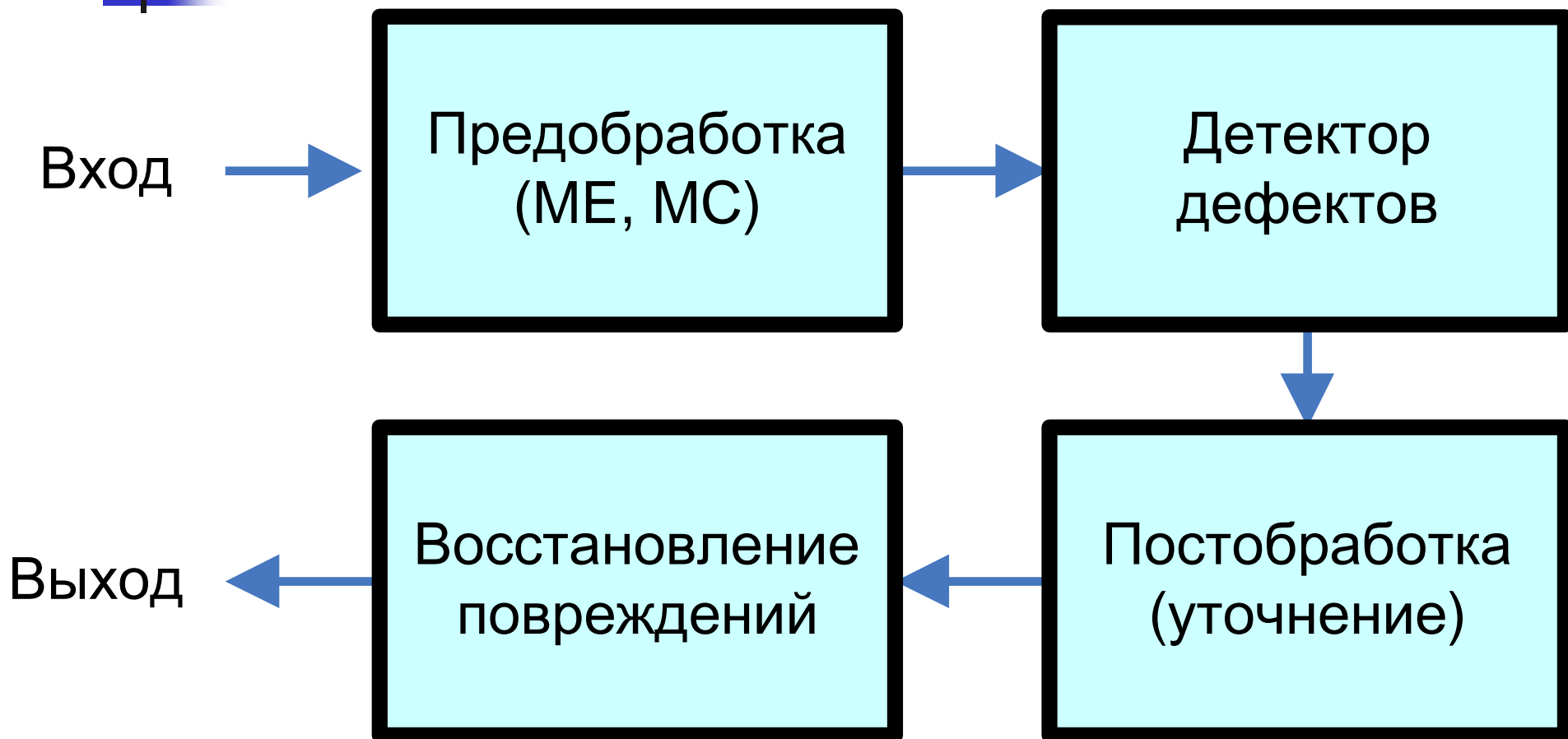
Методы обработки



- Ручной
 - Очень качественный
 - Медленный
 - Дорогой
- Автоматический
 - Быстрый
 - Дешевый
 - Возможны ошибки
- Полуавтоматический
 - Средняя скорость
 - Средняя цена
 - Хорошее качество

Введение

Автоматическая обработка



Введение

Методы тестирования



- Классический – создание искусственных дефектов
 - Недостаточно реалистичный
 - Прост в реализации
- Инфракрасная съемка
 - Необходимо дополнительное оборудование
 - Порог бинаризации инфракрасного снимка нужно подбирать вручную
 - Черные дефекты на черном фоне не видны

Содержание

- Введение
- Методы поиска дефектов
 - Пространственные
 - Временные
 - Метод объединения результатов детекторов
 - Методы удаления ложных срабатываний
- Методы удаления дефектов
- Дальнейшие планы
- Список материалов

Поиск дефектов

Пространственный метод



Основан на специфических свойствах дефектов:

- Маленькая площадь (до 2% изображения)
- Четкие границы

Используются операции математической морфологии

$$\text{Dilation : } I \oplus B = \text{MAX}_{(u,v) \in B} (I(x + u, y + v) - B(u, v))$$

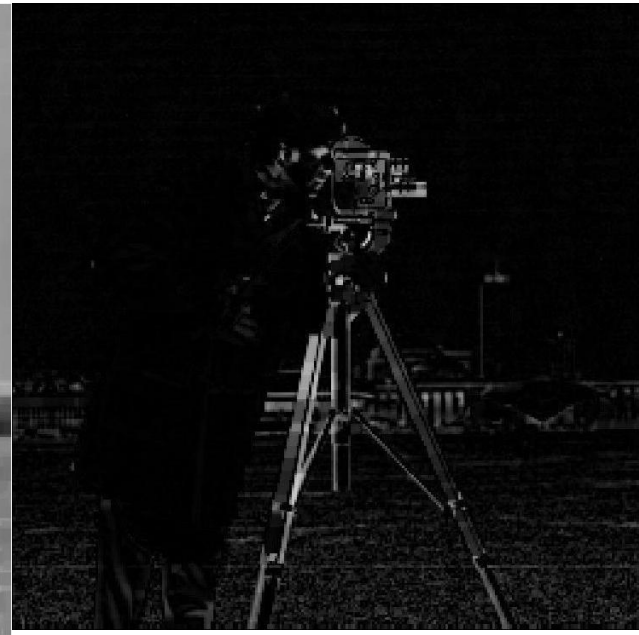
$$\text{Erosion : } I(\ominus)B = \text{MIN}_{(u,v) \in B} (I(x + u, y + v) + B(u, v))$$

$$\text{Closing : } I^B = (I \oplus B) \ominus B$$

$$\text{Opening : } I_B = (I \ominus B) \oplus B$$

Поиск дефектов Пространственный метод

Исходное изображение, закрытие, разность.



Поиск дефектов

Пространственный метод



$$B_n = \begin{bmatrix} 4n & 4n & 4n & 4n & 4n & 4n & 4n & 4n & 4n \\ 4n & 3n & 3n & 3n & 3n & 3n & 3n & 3n & 4n \\ 4n & 3n & 2n & 2n & 2n & 2n & 2n & 3n & 4n \\ 4n & 3n & 2n & n & n & n & 2n & 3n & 4n \\ 4n & 3n & 2n & n & 0 & n & 2n & 3n & 4n \\ 4n & 3n & 2n & n & n & n & 2n & 3n & 4n \\ 4n & 3n & 2n & 2n & 2n & 2n & 2n & 3n & 4n \\ 4n & 3n & 3n & 3n & 3n & 3n & 3n & 3n & 4n \\ 4n & 4n & 4n & 4n & 4n & 4n & 4n & 4n & 4n \end{bmatrix}$$

$$D_{\text{black}}(I(x, y), B) = ((I(x, y) \oplus B) \ominus B) - I(x, y)$$

$$D_{\text{white}}(I(x, y), B) = I(x, y) - ((I(x, y) \ominus B) \oplus B)$$

Содержание

- Введение
- Методы поиска дефектов
 - Временные
 - **SDI**
 - ROD
 - SROD
 - Улучшенный алгоритм
 - MSU Old Film Restore
- Методы удаления дефектов
- Дальнейшие планы
- Список материалов

Поиск дефектов

SDI-детектор



Spike Detection Index

$$E_b = I_n(x) - I_{n-1}(x)$$

$$E_f = I_n(x) - I_{n+1}(x)$$

$$b_{SDIa}(x) = \begin{cases} 1, & \text{если } |E_b| > T \text{ и } |E_f| > T \\ 0, & \text{иначе} \end{cases}$$

$$b_{SDIp}(x) = \begin{cases} 1, & \text{если } |E_b| > T \text{ и } |E_f| > T \text{ и } \text{sign}(E_f) = \text{sign}(E_b) \\ 0, & \text{иначе} \end{cases}$$

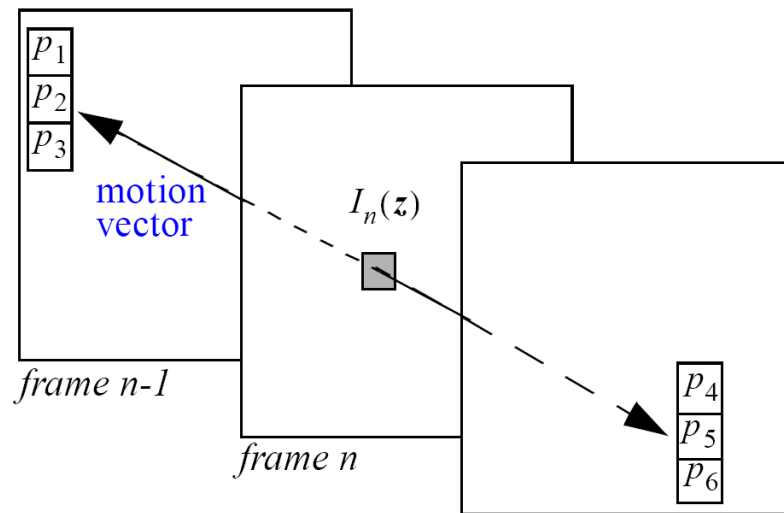
Содержание

- Введение
- Методы поиска дефектов
 - Временные
 - SDI
 - **ROD**
 - SROD
 - Улучшенный алгоритм
 - MSU Old Film Restore
- Методы удаления дефектов
- Дальнейшие планы
- Список материалов

Поиск дефектов

ROD-детектор

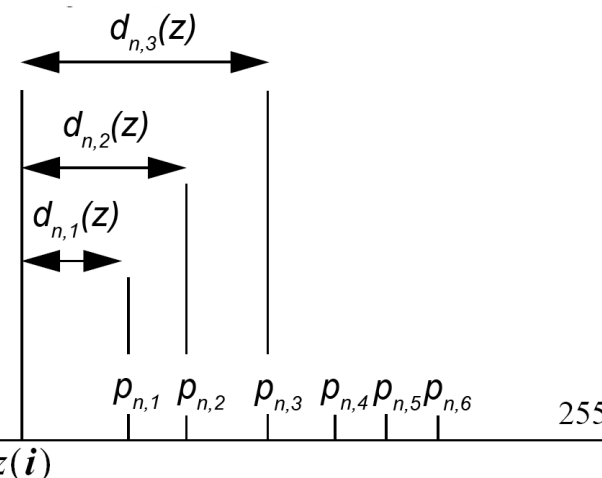
Ranked Ordered Difference



$p_{n,i}(z)$ – упорядоченные по величине $p_n(z)$

$$m(z) = \frac{p_{n,3}(z) + p_{n,4}(z)}{2}$$

$$d_{n,i}(z) = \begin{cases} p_{n,i}(z) - I_n(z), & I_n(z) \leq m(z) \\ I_n(z) - p_{n,7-i}(z), & I_n(z) > m(z) \end{cases} \quad \forall i = 1, 2, 3.$$



Содержание

- Введение
- Методы поиска дефектов
 - Временные
 - SDI
 - ROD
 - **SROD**
 - Улучшенный алгоритм
 - MSU Old Film Restore
- Методы удаления дефектов
- Дальнейшие планы
- Список материалов

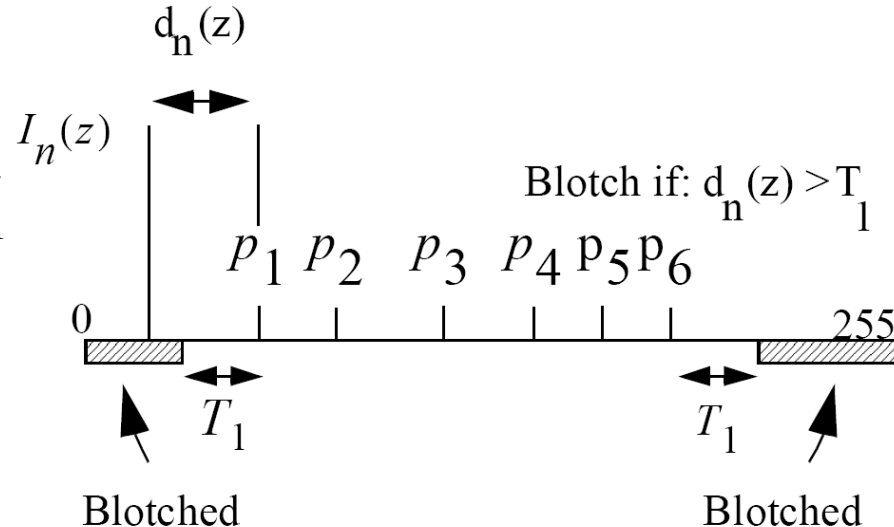
Поиск дефектов

SROD-детектор

Simplified Ranked Ordered Difference

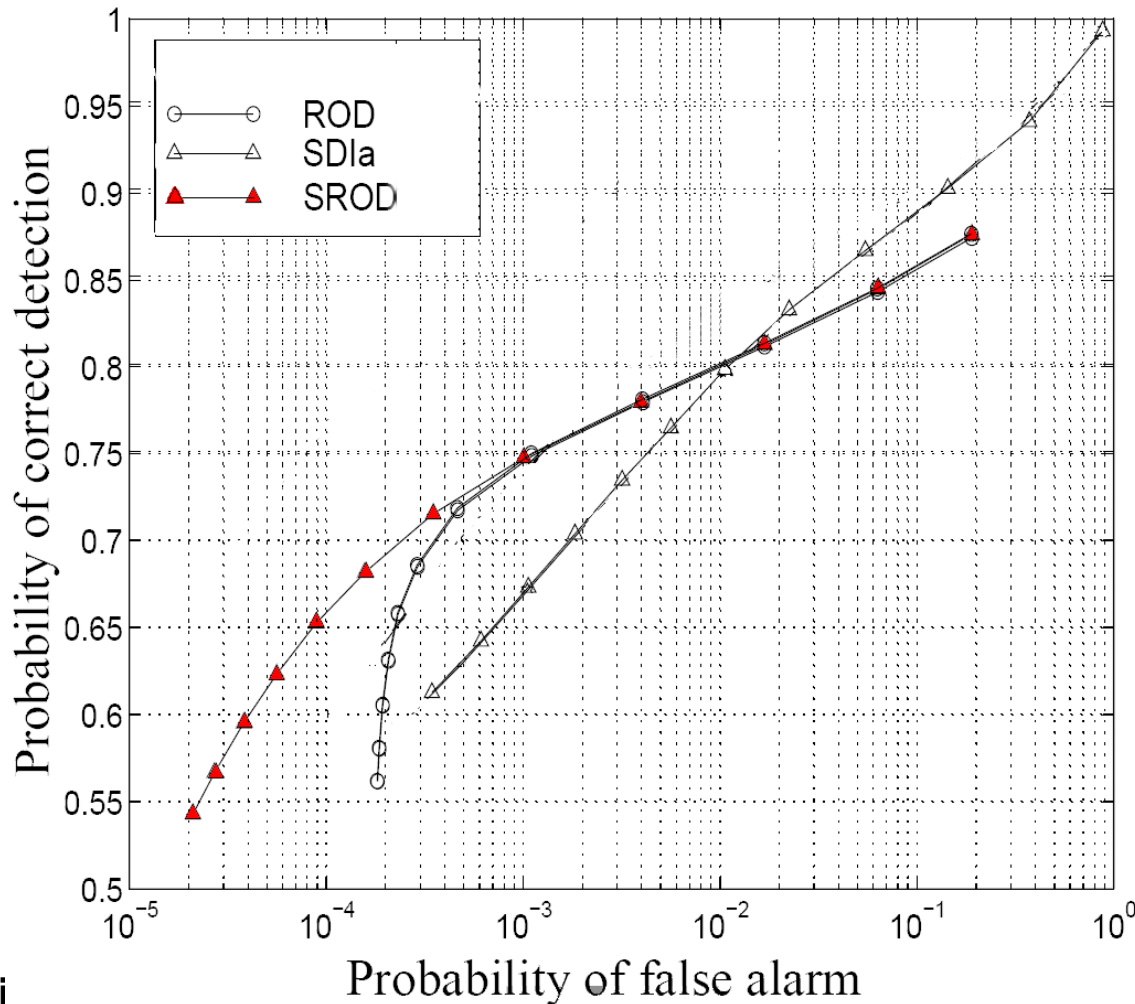
$$d_n(z) = \begin{cases} \min(p_{n,i}(z)) - I_n(z) & \text{if } \min(p_{n,i}(z)) - I_n(z) > 0 \\ I_n(z) - \max(p_{n,i}(z)) & \text{if } I_n(z) - \max(p_{n,i}(z)) > 0, \\ 0 & \text{otherwise} \end{cases}$$

$$mask_n(z) = \begin{cases} 1, & \text{если } d_n(z) > T_1 \\ 0, & \text{иначе} \end{cases}$$



Поиск дефектов

Сравнение

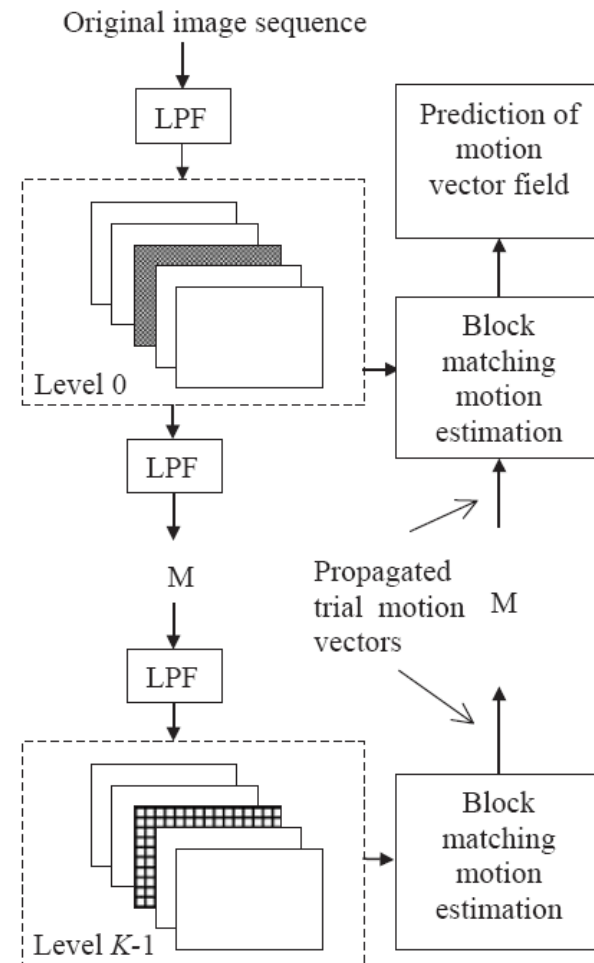
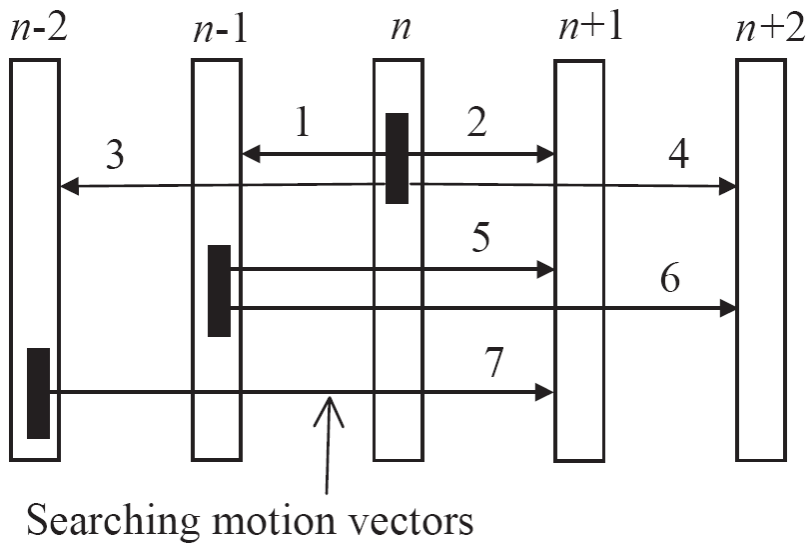


Содержание

- Введение
- Методы поиска дефектов
 - Временные
 - SDI
 - ROD
 - SROD
 - **Улучшенный алгоритм**
 - MSU Old Film Restore
- Методы удаления дефектов
- Дальнейшие планы
- Список материалов

Поиск дефектов

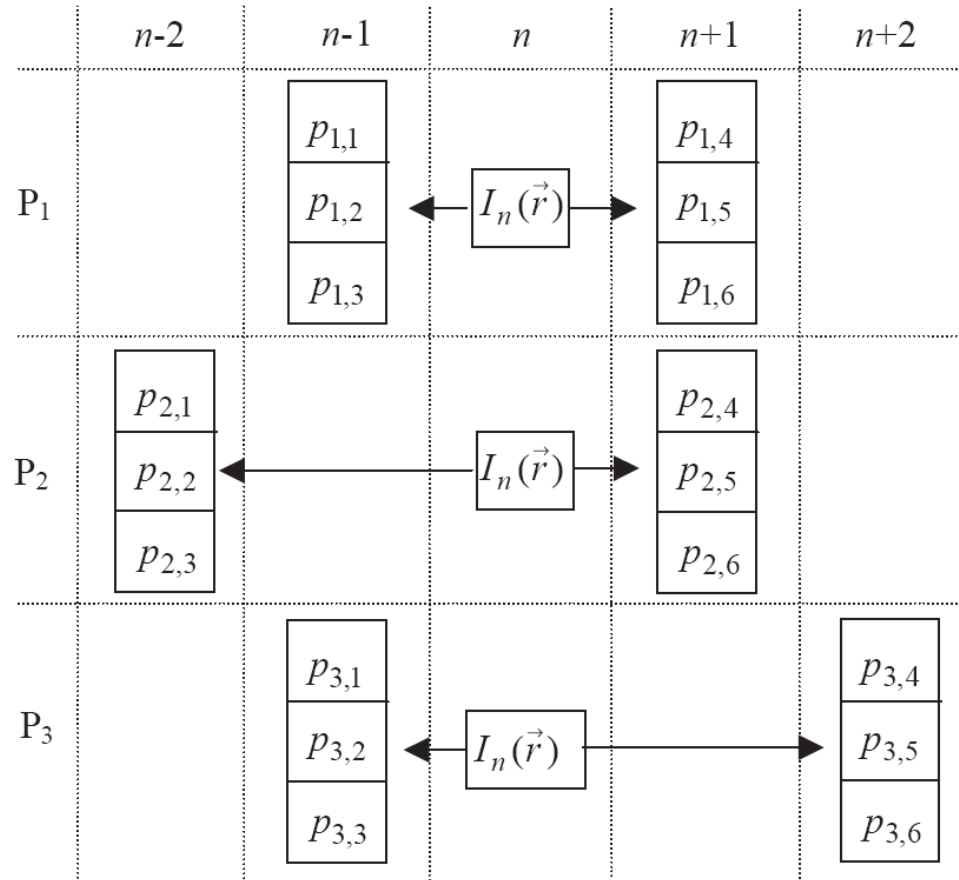
Улучшенный алгоритм



Поиск дефектов

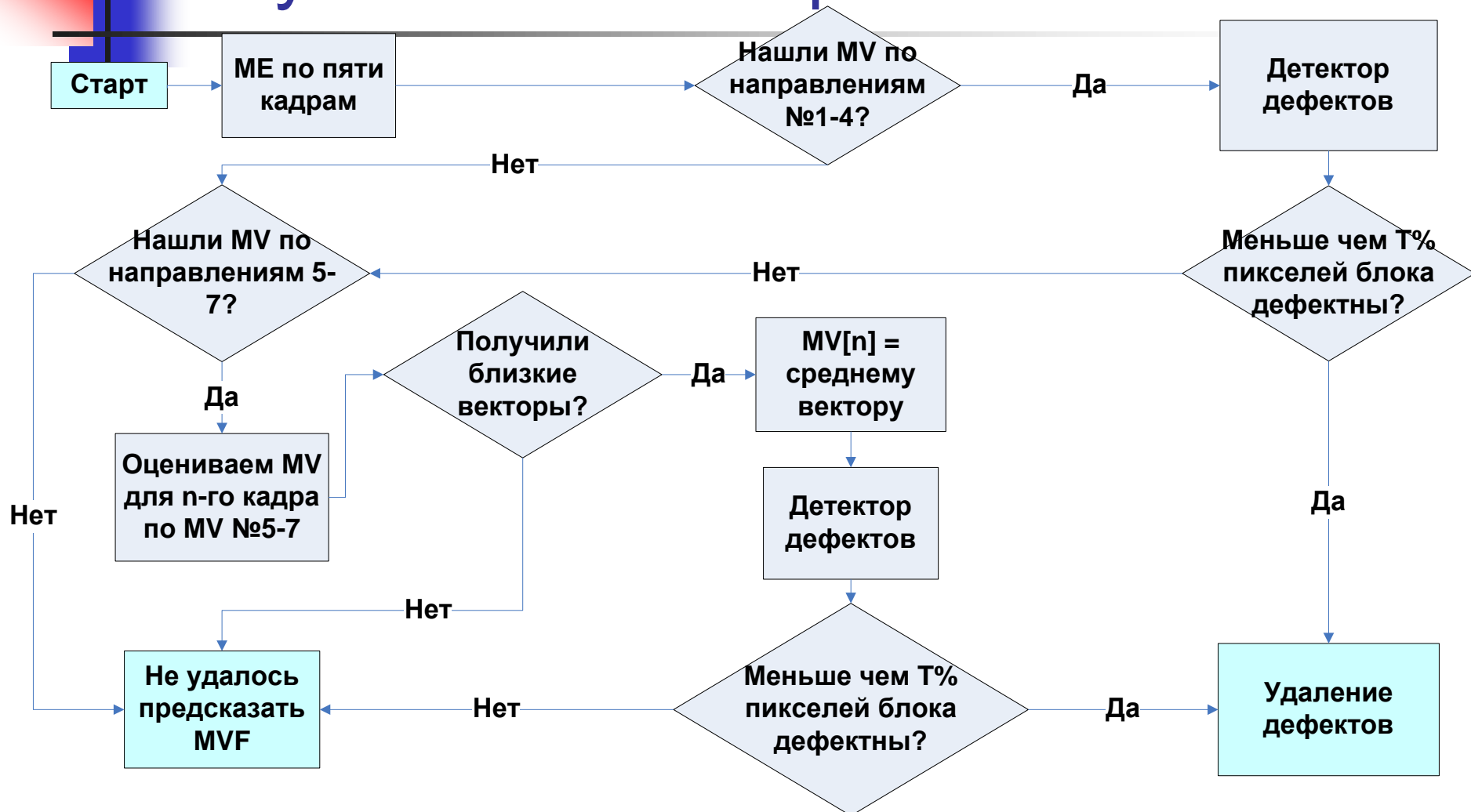
Улучшенный алгоритм

Для обнаружения
дефектов
используется
ROD детекторы



Поиск дефектов

Улучшенный алгоритм



Улучшенный алгоритм Тестирование



- Использовалось $K=4$ уровня в схеме multiresolution.
- Фильтр: гауссовский. На нулевом уровне

$$F_{3 \times 3} = \frac{1}{16} \begin{bmatrix} 1 & 2 & 1 \\ 2 & 4 & 2 \\ 1 & 2 & 1 \end{bmatrix}$$

на остальных:

$$F_{5 \times 5} = F_{3 \times 3} F_{3 \times 3}, F_{7 \times 7} = F_{3 \times 3} F_{3 \times 3} F_{3 \times 3}$$

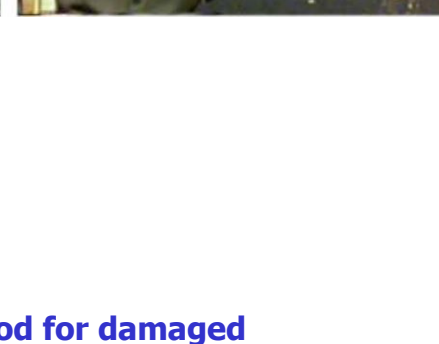
и т.д.

- Размер изображения: CIF.

Параметры ME

Level	Filter size	Block size	Max.disp
0	3	4×4	± 3
1	5	8×8	± 3
2	7	16×16	± 7
3	9	32×32	± 15

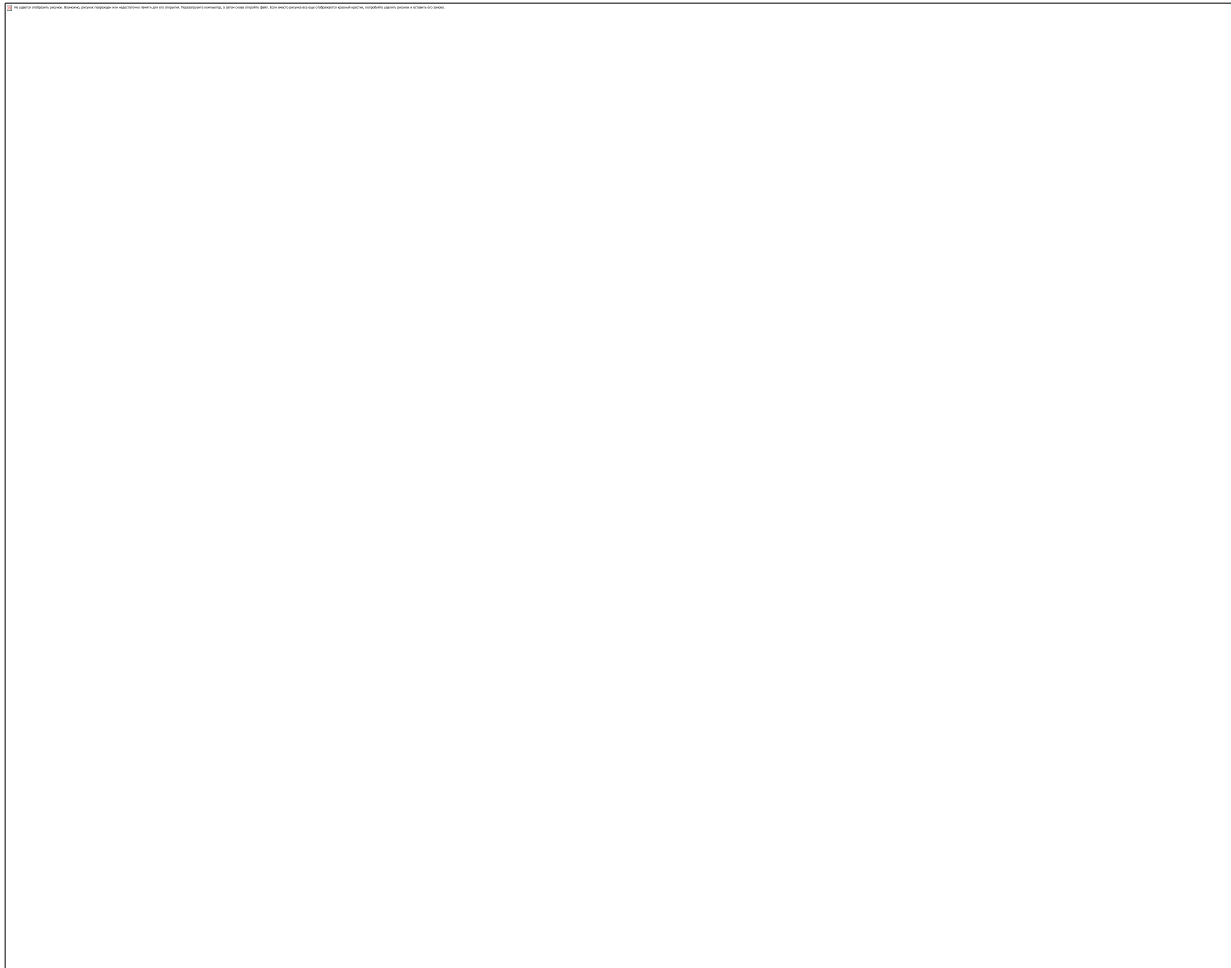
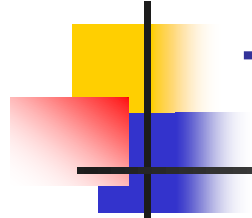
Улучшенный алгоритм Тестирование



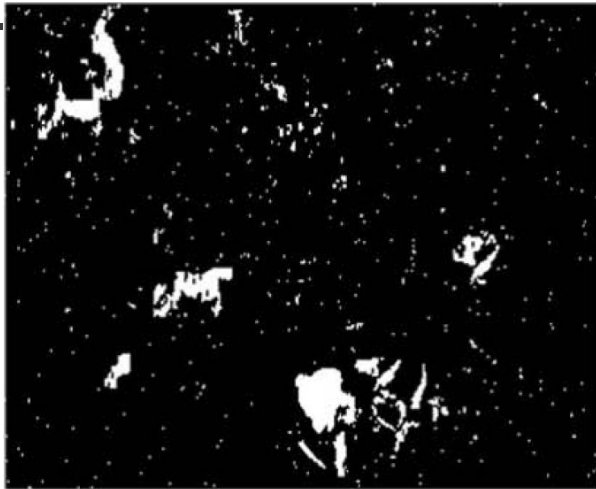
Lab (Video Group)

1-compensated restoration method for damaged color motion picture films. Gangal Ali ; Kayikcioglu Temel; Dizdaroglu Bekir; Signal processing. Image communication. 2004

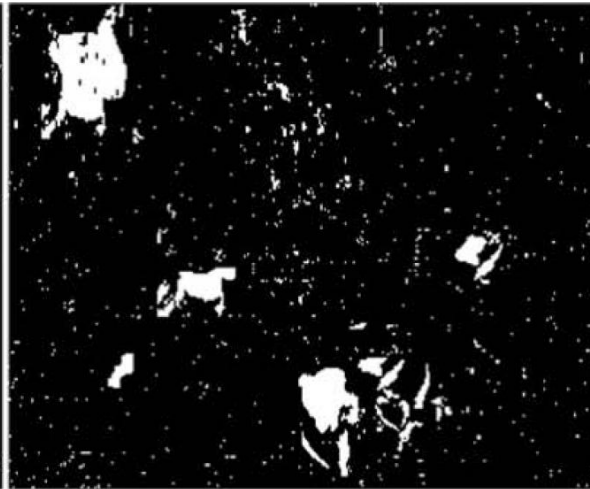
Улучшенный алгоритм Тестирование



Улучшенный алгоритм Тестирование



(c)



(d)



(e)



(f)

Содержание

- Введение
- Методы поиска дефектов
 - Временные
 - SDI
 - ROD
 - SROD
 - Улучшенный алгоритм
 - **MSU Old Film Restore**
- Методы удаления дефектов
- Дальнейшие планы
- Список материалов

Поиск дефектов

MSU Old Film Restore



Считаем локальную ошибку компенсации:

$$LSAD(t+k, i, j) = \sum_{p=-2}^2 \sum_{q=-2}^2 |frame(t, i+p, j+q) - mc_frame(t+k, i+p, j+q)|$$

Две вспомогательные маски: $mask(t \pm 1, i, j) = \begin{cases} 1, & LSAD(t \pm 1, i, j) > T \\ 0, & \text{иначе} \end{cases}$

Применяем операции сужения и расширения:

$$\varepsilon(mask(t, i, j)) = \begin{cases} 1, & |\{mask(t, i+p, j+q) = 1 \mid p, q \in [-1; 1]\}| > 3 \\ 0, & \text{иначе} \end{cases}$$

$$\delta(mask(t, i, j)) = \begin{cases} 1, & |\{mask(t, i+p, j+q) = 1 \mid p, q \in [-1; 1]\}| > 0 \\ 0, & \text{иначе} \end{cases}$$

Окончательная маска: $mask(i, j) = mask(t-1, i, j) \text{ И } mask(t+1, i, j)$

Содержание

- Введение
- Методы поиска дефектов
 - Пространственные
 - Временные
 - Метод объединения результатов детекторов
 - Методы удаления ложных срабатываний
- Методы удаления дефектов
- Дальнейшие планы
- Список материалов

Поиск дефектов

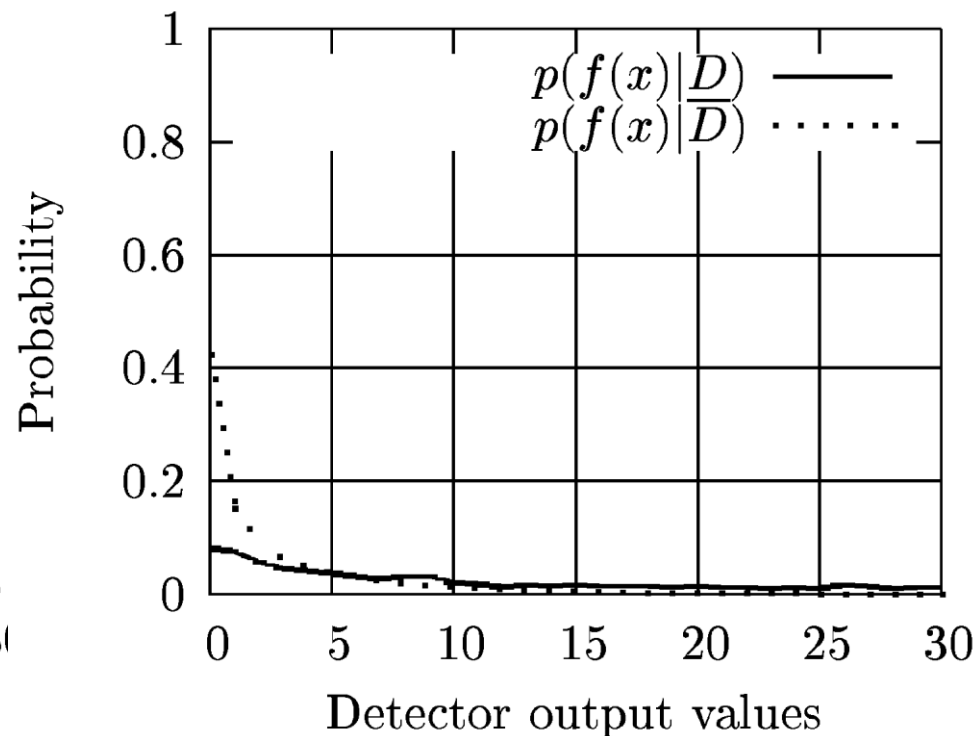
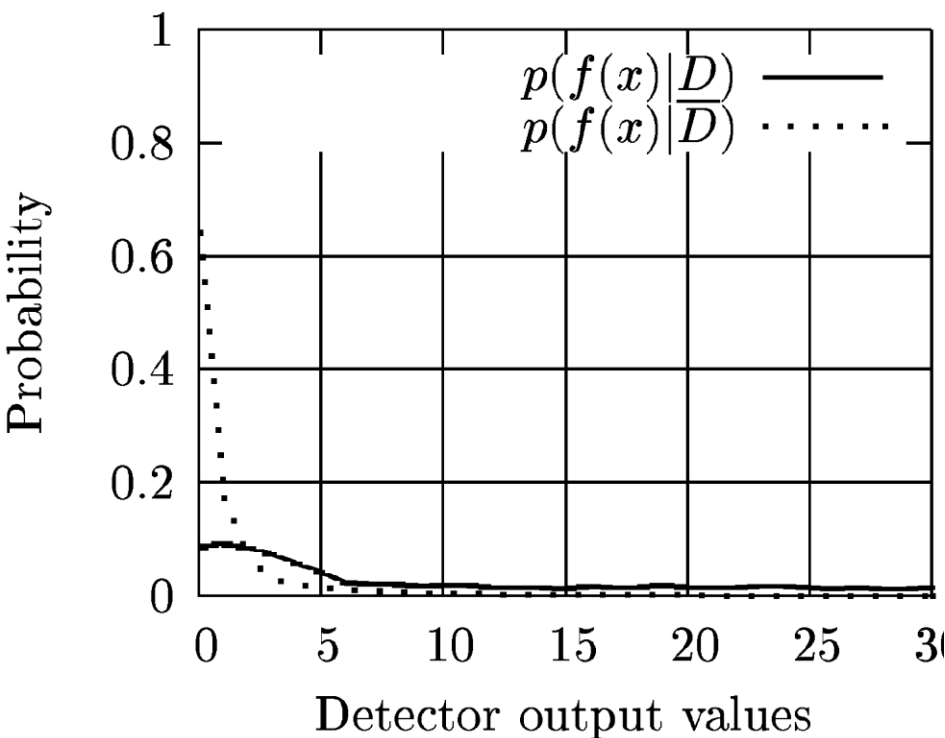
Объединение детекторов



Используем детекторы: SROD и пространственный.

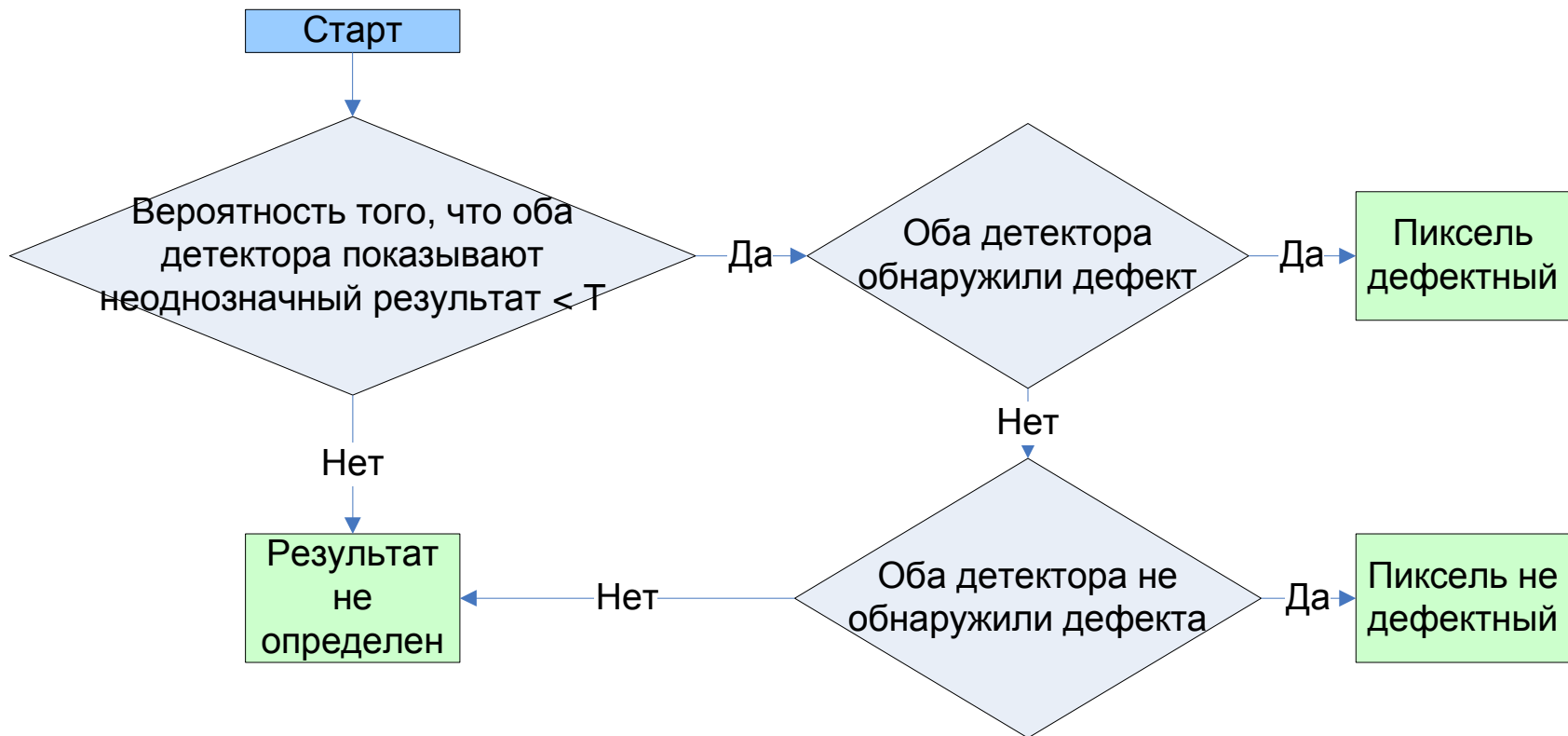
Temporal detector

Spatial detector

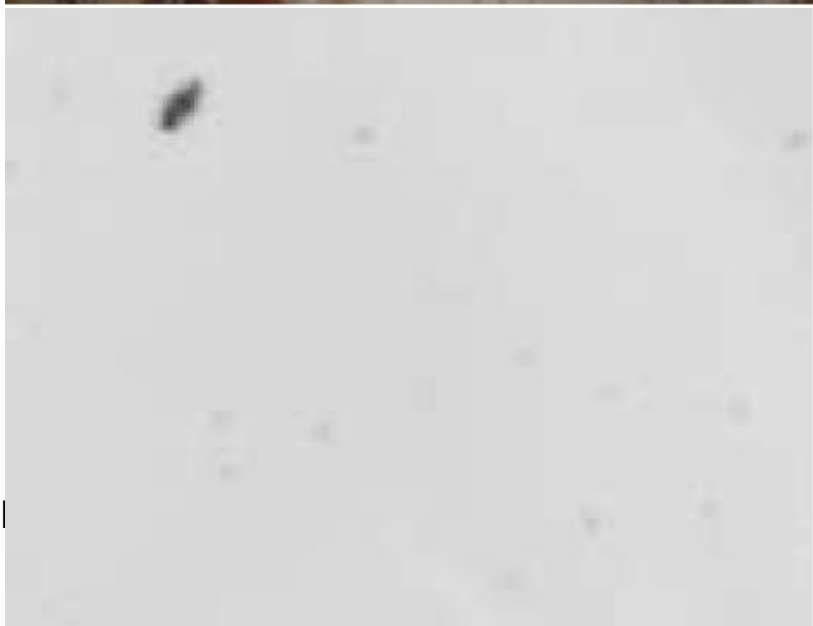


Поиск дефектов

Объединение детекторов



Объединение детекторов

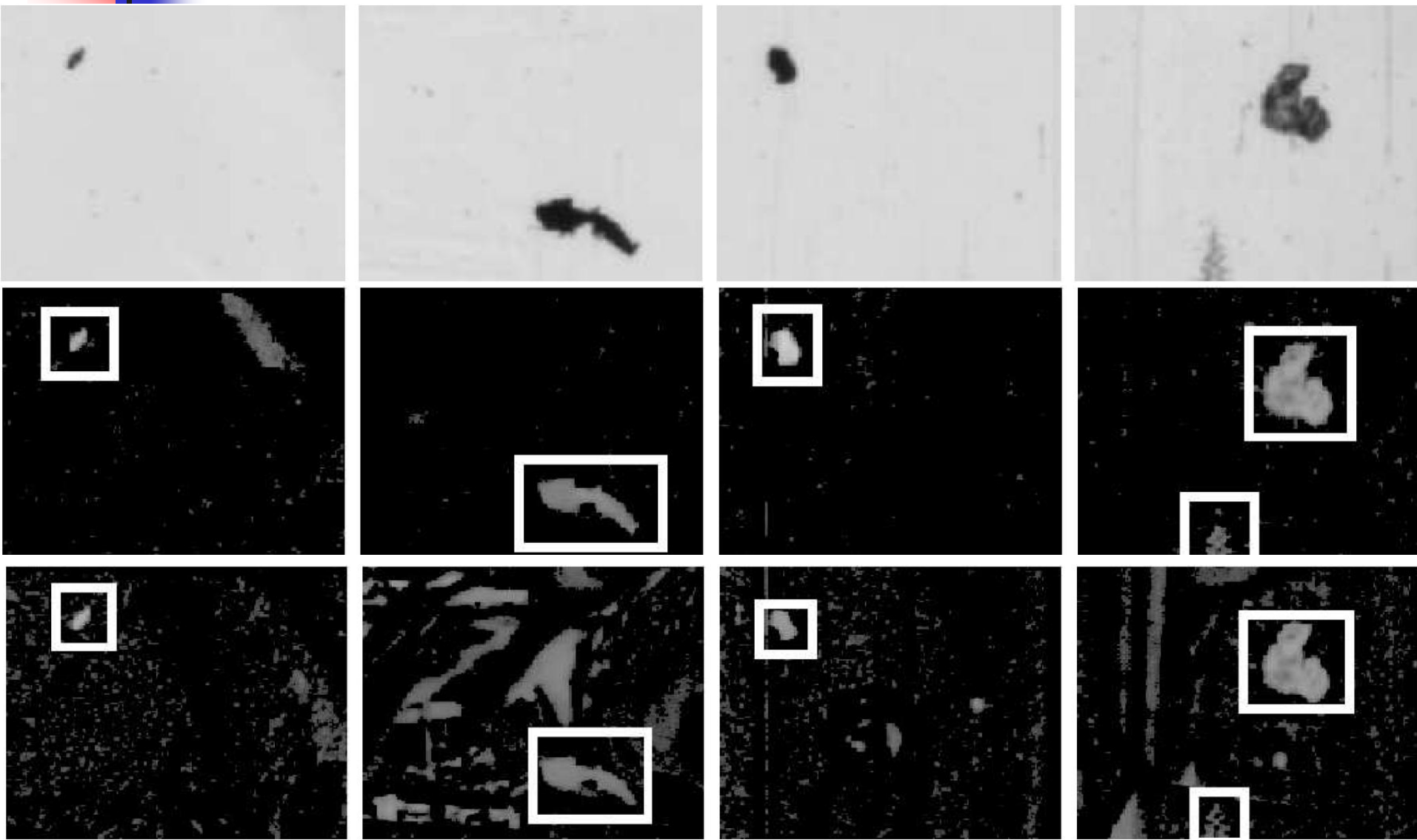


Объединение детекторов



Объединение детекторов

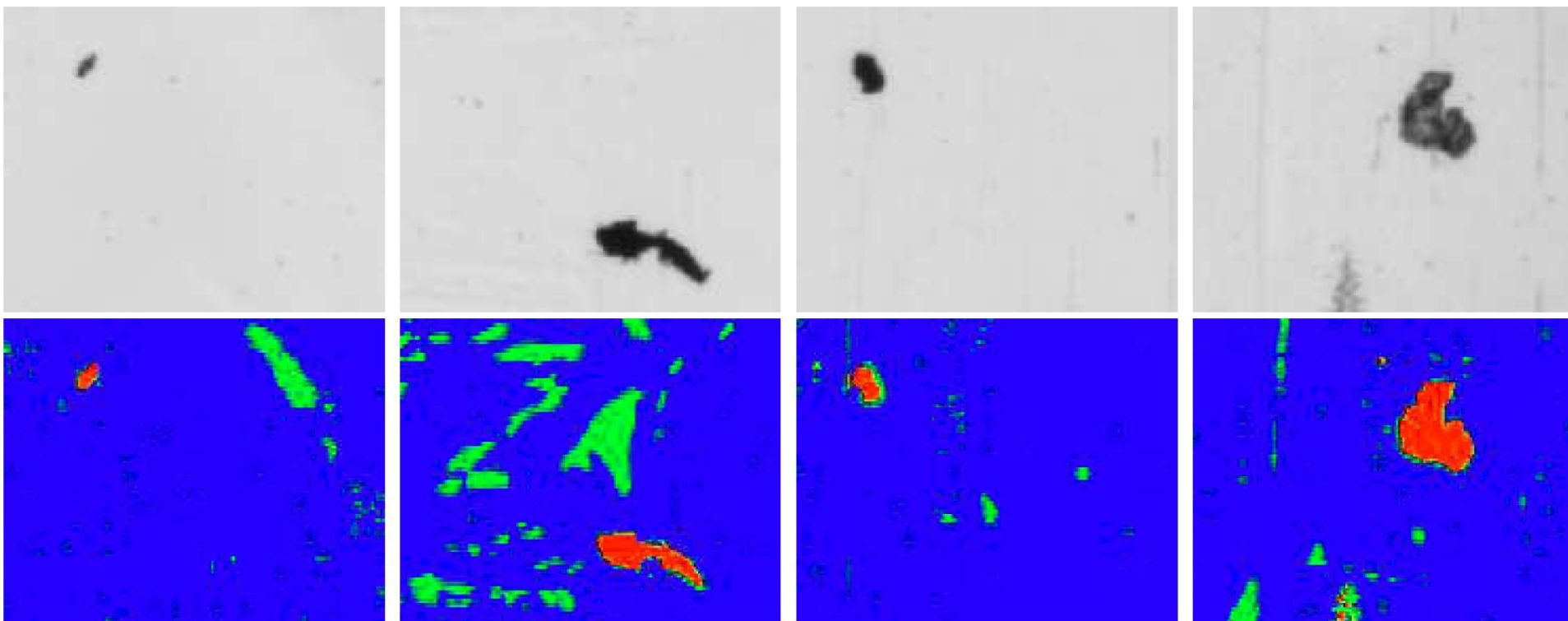
Тесты



Объединение детекторов

Тесты

T=0.1



 D

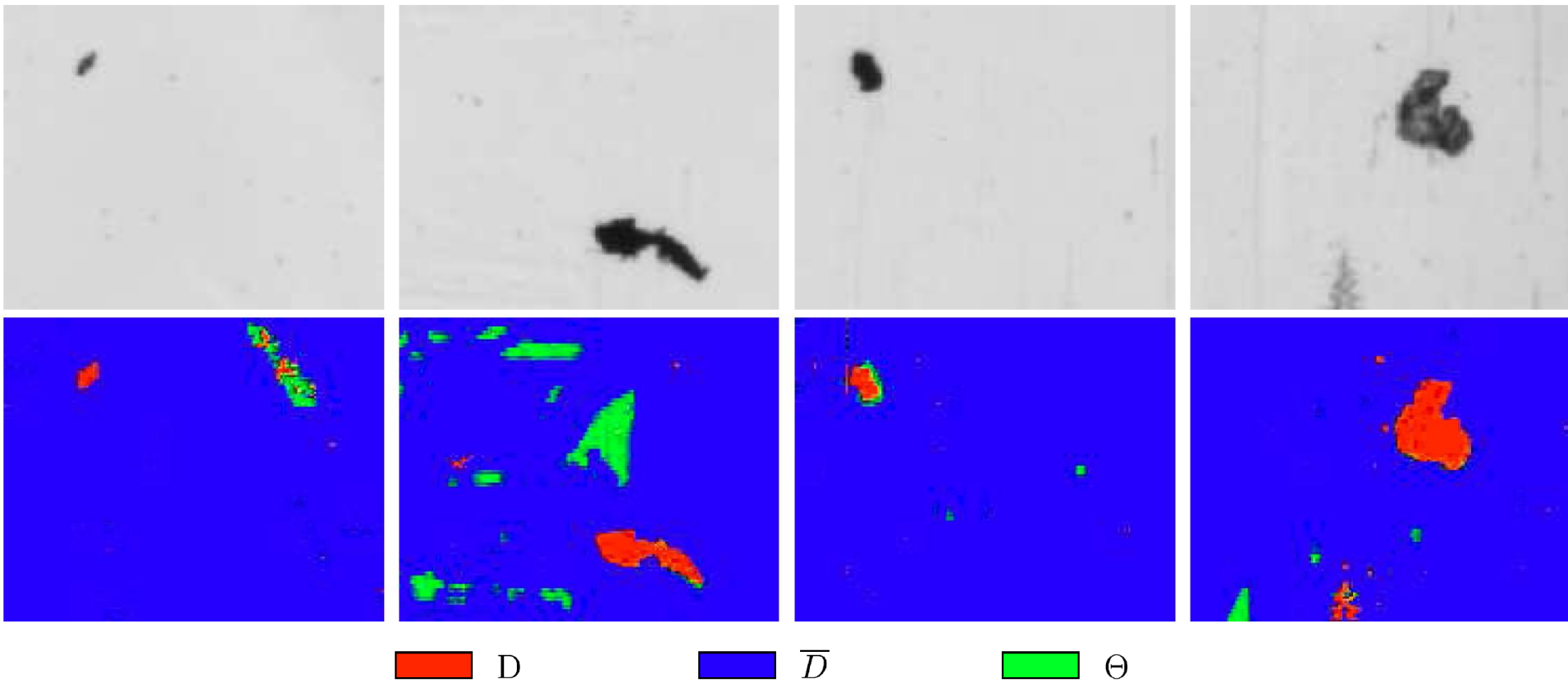
 \bar{D}

 Θ

Поиск дефектов

Тесты

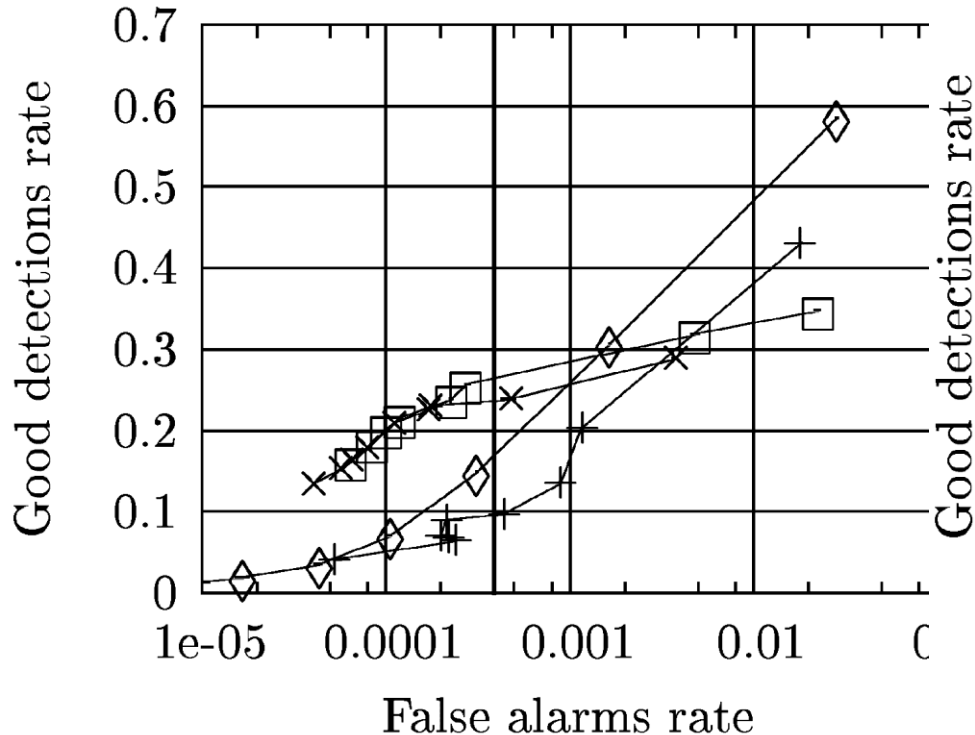
T=0.6



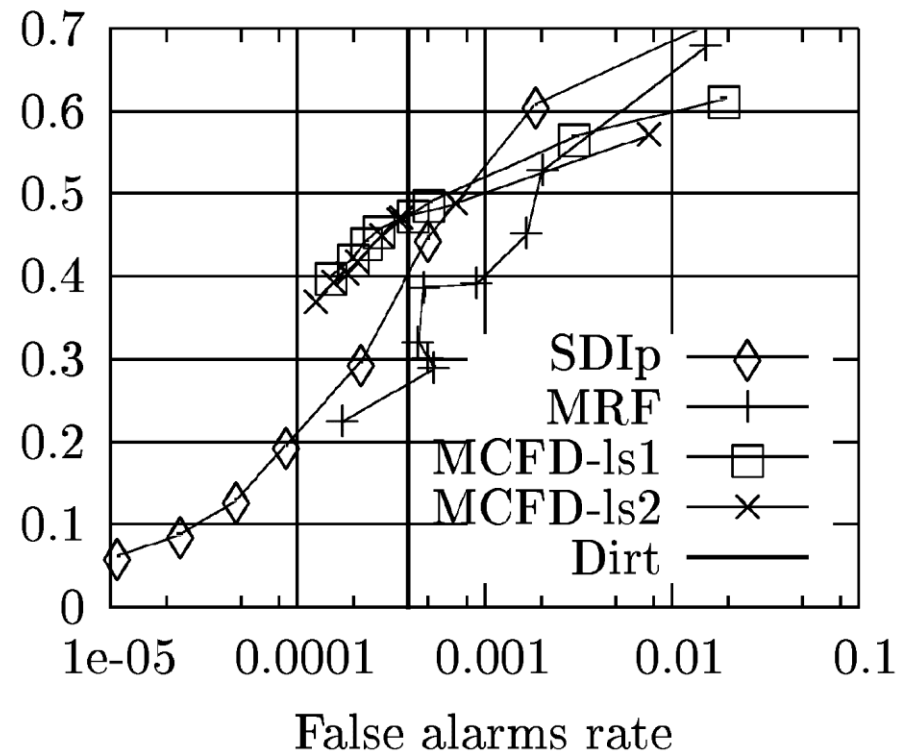
Объединение детекторов

Тесты

Cigarette



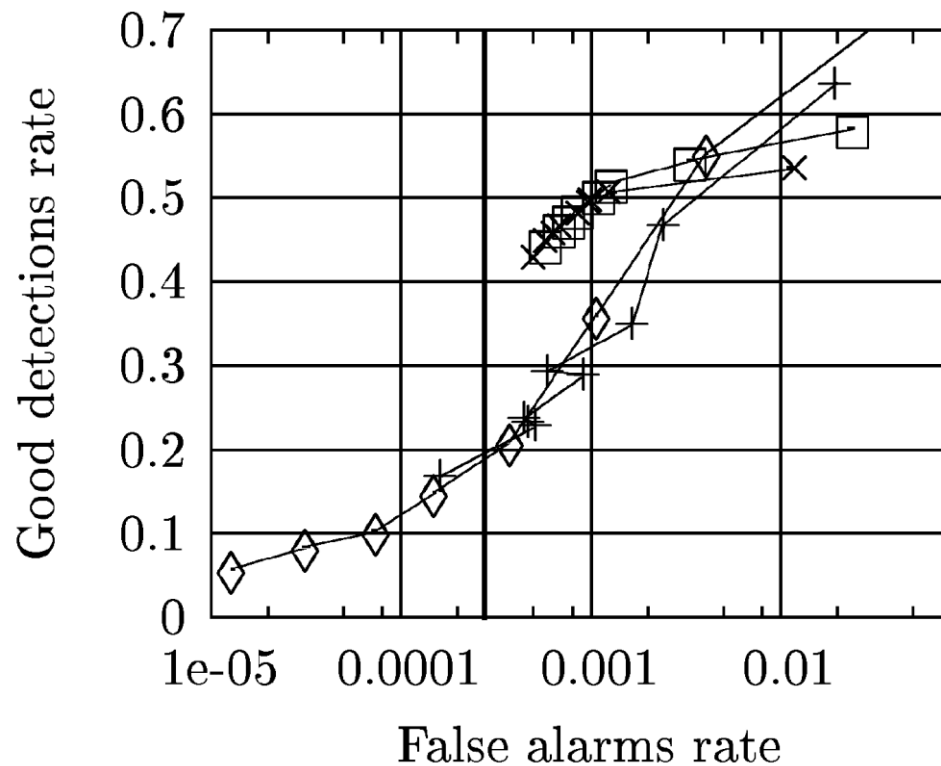
Surprise



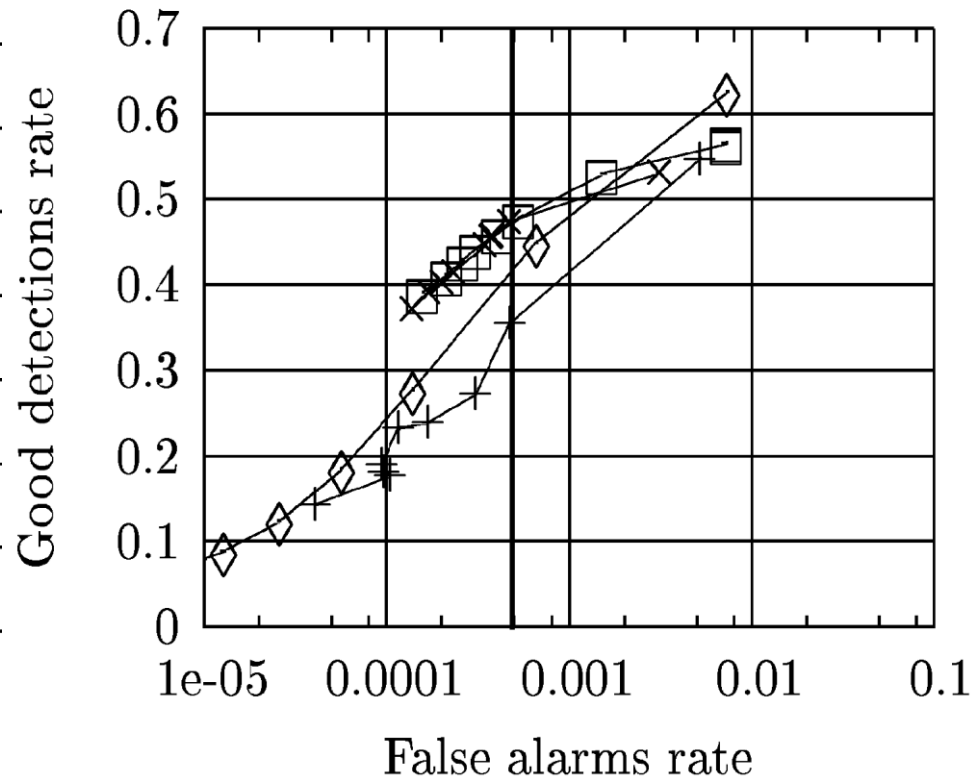
Объединение детекторов

Тесты

Art



Door

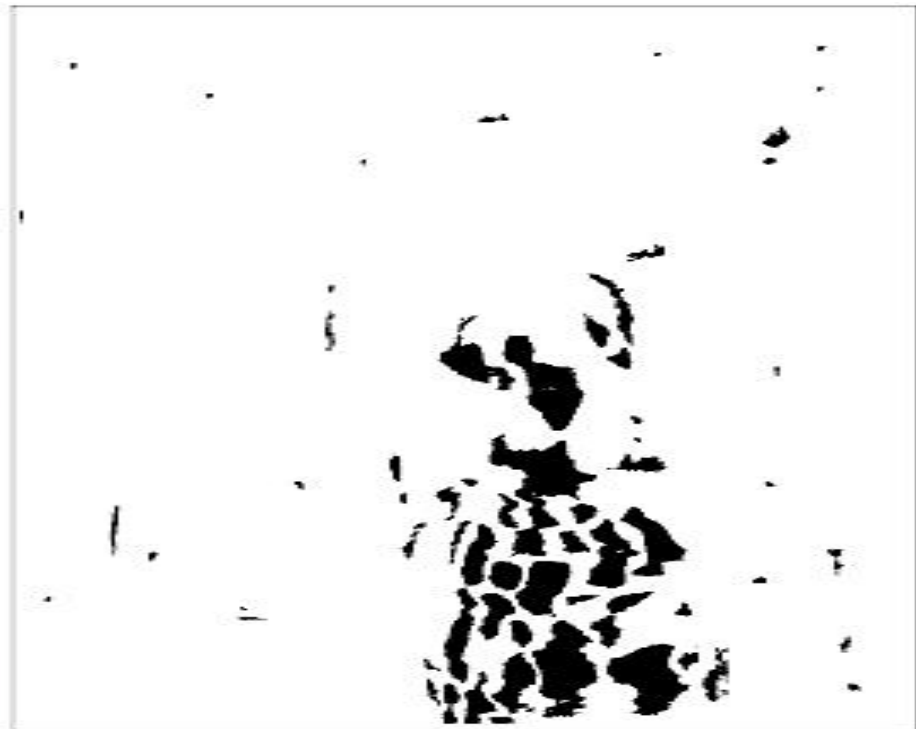


Содержание

- Введение
- Методы поиска дефектов
 - Пространственные
 - Временные
 - Метод объединения результатов детекторов
 - Методы удаления ложных срабатываний
- Методы удаления дефектов
- Дальнейшие планы
- Список материалов

Удаление ложных срабатываний

A contrario FA removal



Удаление ложных срабатываний

A contrario FA removal

- Дефекты распределены независимо.
- Если распределение не равномерное – ложное срабатывание.

Удаление ложных срабатываний

A contrario FA removal

Рассматриваем области, соседние с проверяемой.

k_i - количество дефектов в области

n - пикселей в области

N - всего областей

Распределение дефектов считаем биномиальным с вероятностью p .

p оцениваем как $\sum k_i / (N * n)$.

Оцениваем для каждой области, с какой вероятностью по крайней мере k_i пикселей в области дефектны

$$B(p, n, k_i) = \sum_{j=k}^n C_j^{k_i} p^j (1-p)^{n-1}$$

Удаление ложных срабатываний

A contrario FA removal

Вероятность того, чтобы хотя бы в одной области по крайней мере k_i пикселей в области дефектны

$$NFA = NB(p, n, k_i)$$

Если $NFA < \epsilon$, то считаем что было ложное срабатывание.

Удаление ложных срабатываний

A contrario FA removal

- Два прохода:
 - Временной
 - Пространственный (проверяем только области, отмеченные на первом проходе)
- Оценка для хвоста биномиального распределения

$$B(p, n, k) \leq \exp\left(n\left(p_l \log \frac{p}{p_l} + (1 - p_l) \log \frac{1 - p}{1 - p_l}\right)\right),$$

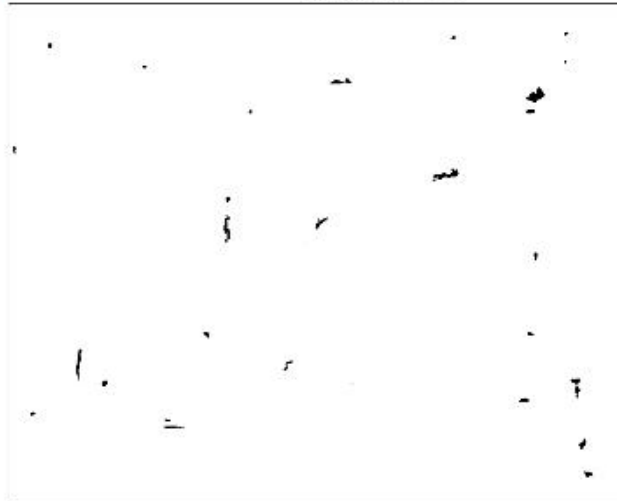
$$\text{где } p_l = \frac{k}{n}$$

A contrario FA removal



A contrario FA removal

Тесты



A contrario FA removal

Тесты

После удаления FA(слева) и ИК изображение дефектов



A contrario FA removal

Тесты

ME	До		После		Скорость*
	True	FA	True	FA	
M2D	50%	4.5%	39%	0.43%	1 s/frame
PhC	37.81 %	0.29%	32%	0.19%	2.3 s/frame

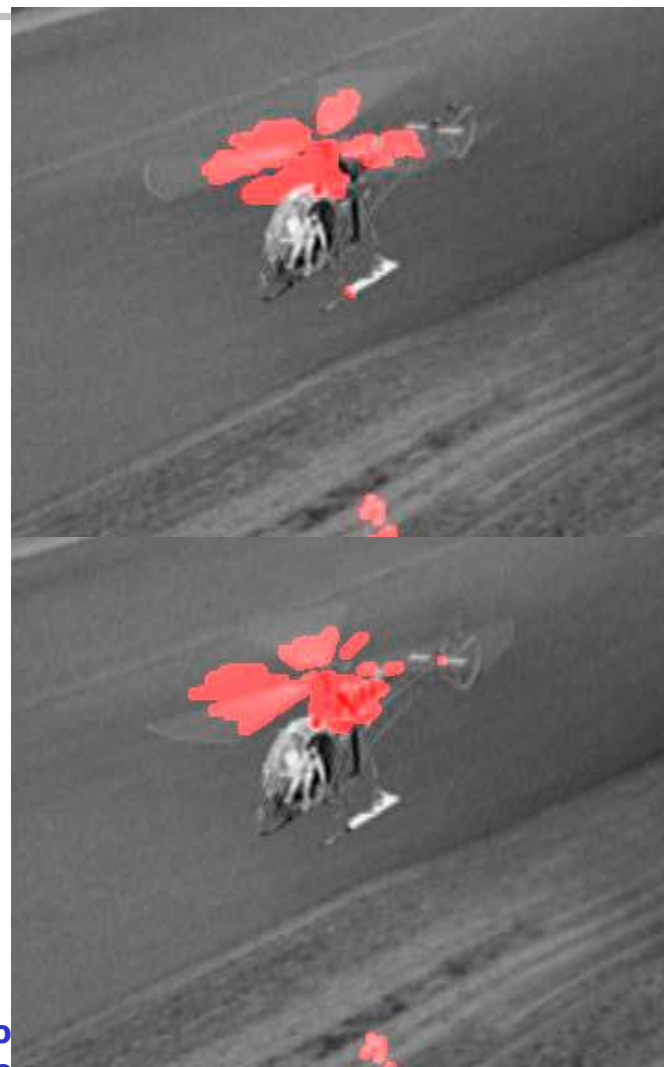
M2D – multiresolution global motion estimator

PhC – phase correlation dense motion estimator

*P4, CPU 3GHz. Наиболее затратная часть алгоритма – Motion Estimation. Обнаружение дефектов и пост-обработка занимает 300 ms/frame

Удаление ложных срабатываний

Байесовский подход



Удаление ложных срабатываний

Байесовский подход

Необходимо создать маску для изображения вида

$$mask(x) = \begin{cases} 0, & \text{нет дефектов и сложного движения} \\ 1, & \text{дефект} \\ 2, & \text{сложное движение} \end{cases}$$

Удаление ложных срабатываний

Байесовский подход

$$\Delta_{n-2}(\mathbf{x}) = I_{n-1}(\mathbf{x} + \mathbf{d}_n^b) - I_{n-2}(\mathbf{x} + \mathbf{d}_n^b + \mathbf{d}_{n-1}^b)$$

$$\Delta_{n-1}(\mathbf{x}) = I_n(\mathbf{x}) - I_{n-1}(\mathbf{x} + \mathbf{d}_n^b)$$

$$\Delta_{n+1}(\mathbf{x}) = I_n(\mathbf{x}) - I_{n+1}(\mathbf{x} + \mathbf{d}_n^f)$$

$$\Delta_{n+2}(\mathbf{x}) = I_{n+1}(\mathbf{x} + \mathbf{d}_n^f) - I_{n+2}(\mathbf{x} + \mathbf{d}_n^f + \mathbf{d}_{n+1}^f)$$

t_k - индикатор временной
неоднородности

$$t_k = \begin{cases} 1, & \Delta_k \geq T_k \\ 0, & \Delta_k < T_k \end{cases}$$

$$\text{state}(\mathbf{x}) = [t_{n-2}(\mathbf{x}), t_{n-1}(\mathbf{x}), t_{n+1}(\mathbf{x}), t_{n+2}(\mathbf{x})]$$

Удаление ложных срабатываний

Байесовский подход

State№	state(x)	mask(x)	State№	state(x)	mask(x)
0	0,0,0,0	0	8	1,0,0,0	0
1	0,0,0,1	0	9	1,0,0,1	2
2	0,0,1,0	0	10	1,0,1,0	2
3	0,0,1,1	2*	11	1,0,1,1	2
4	0,1,0,0	0	12	1,1,0,0	2*
5	0,1,0,1	2	13	1,1,0,1	2
6	0,1,1,0	1	14	1,1,1,0	2
7	0,1,1,1	2	15	1,1,1,1	2

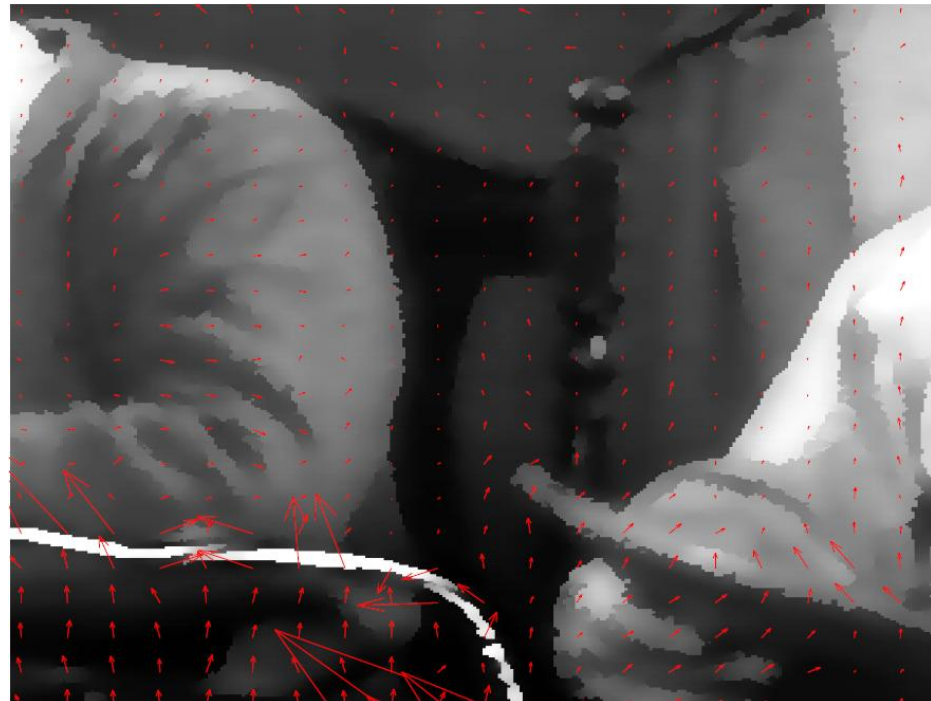
Только состояние 6 указывает на дефект в текущем кадре. Состояния 3 и 12 могут свидетельствовать о присутствии дефекта с соседних кадрах.

Удаление ложных срабатываний

Байесовский подход

Сложное движение и дефекты зачастую нарушают гладкость поля векторов движения. Можно использовать отклонение векторов как индикатор подозрительных областей. Таким образом строим маску

$$b_{\text{div}}(x) = \begin{cases} 1, & x \in \text{подозрительной области} \\ 0, & \text{иначе} \end{cases}$$



Удаление ложных срабатываний

Байесовский подход

Необходимо оценить $state(x)$ и $mask(x)$. Воспользуемся формулой для апостериорной вероятности:

$$p(mask, state | \Delta_n, b_{div}, L) \sim p(\Delta_n | mask, state) p(mask | L) p(mask | b_{div}),$$

где $\Delta_n(x) = [\Delta_{n-2}(x), \Delta_{n-1}(x), \Delta_{n+1}(x), \Delta_{n+2}(x)]$,

L – множество значений $mask(y)$ для всех соседних с x пикселей y

$$p(\Delta_n | mask, state) \sim e^{-\sum_{k=0}^3 \left(\frac{\Delta_n[k]^2}{2\sigma_e^2} (1 - state[k]) + \alpha \cdot state[k] \right)},$$

где σ_e^2 – дисперсия Δ_n в недефектных областях

Удаление ложных срабатываний

Байесовский подход

Регионы со сложным движением расположены рядом

$$p(\text{mask}/L) \sim e^{-\Lambda_l \sum_{y \in N(x)} \lambda_y |\text{mask}(x) \neq \text{mask}(y)|},$$

где Λ_l – коэффициент пространственной гладкости,

$$\lambda_y \sim \frac{1}{|x - y|},$$

$N(x)$ – множество соседей x

Удаление ложных срабатываний

Байесовский подход

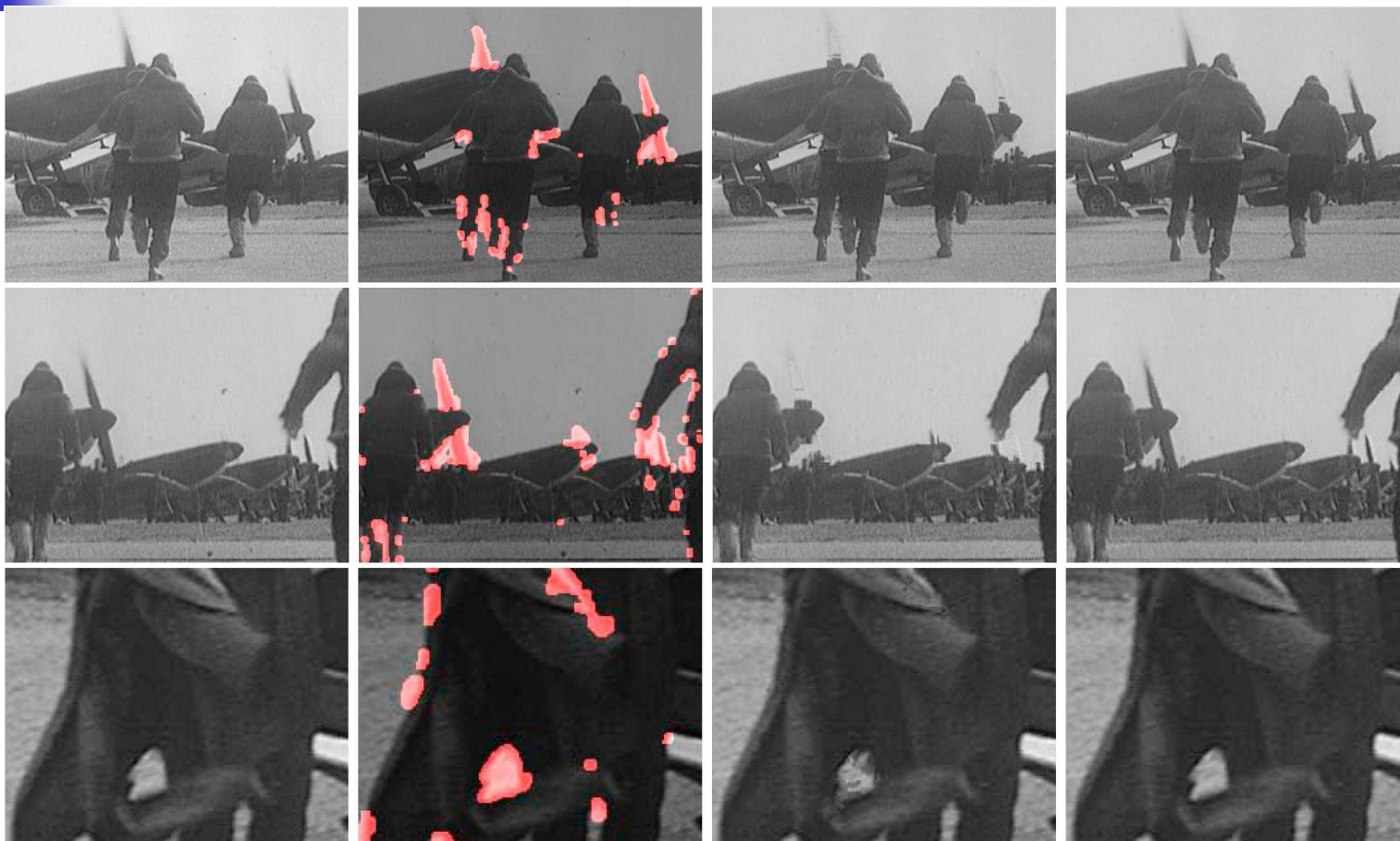
$$p(\textit{mask}/b_{div}) \sim \begin{cases} e^{-\Lambda_b b_{div}} & \textit{mask} \neq 2 \\ e^{-\Lambda_b (1-b_{div})} & \textit{mask} = 2 \end{cases}$$

где Λ_b – коэффициент пространственной гладкости

Для получения окончательного решения вычисляем вероятности для каждого $\textit{mask}(x)$ методом максимизации апостериорной оценки (MAP).

Удаление ложных срабатываний

Байесовский подход



Содержание

- Введение
- Методы поиска дефектов
- Методы удаления дефектов
 - Внутрикадровая интерполяция
 - Интерполяция рациональными функциями
 - Многошаговая медианная фильтрация
 - Смешивание
 - Байесовский подход
- Дальнейшие планы
- Список материалов

Удаление дефектов

Внутрикадровая интерполяция



Кубическая интерполяция

$$I_{КИ}(x, y) = \sum_{k=0}^3 \sum_{l=0}^3 a_{k,l} x^k y^l$$

Оценка коэффициентов методом наименьших квадратов по недефектным пикселям.

Восстанавливает только низкие частоты.

Удаляет только небольшие дефекты.

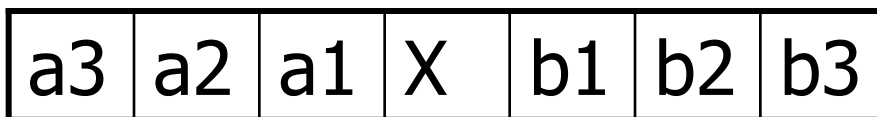
Не требует МЕ.

Содержание

- Введение
- Методы поиска дефектов
- Методы удаления дефектов
 - Внутрикадровая интерполяция
 - Интерполяция рациональными функциями
 - Многошаговая медианная фильтрация
 - Смешивание
 - Байесовский подход
- Дальнейшие планы
- Список материалов

Удаление дефектов

Интерполяция рациональными функциями



Работает в пространственной области.

$$\alpha = \frac{1 + k(a_1 - b_3)^2}{2 + k[(a_1 - b_3)^2 + (b_1 - a_3)^2]}$$

$$X = \alpha \cdot a_1 + (1 - \alpha) \cdot b_1$$

k – коэффициент нелинейности

Удаление дефектов

Интерполяция рациональными функциями

Для дефектной области длиной 5 пикселей

a4	a3	a2	a1	X_{-2}	X_{-1}	X_0	X_1	X_2	b1	b2	b3	b4
----	----	----	----	----------	----------	-------	-------	-------	----	----	----	----

1. Вычислить $X_0 = R(a4, a1, b1, b4)$
2. Временно вычислить $X_{-2} = \frac{2a_1 + X_0}{3}$ И $X_2 = \frac{2b_1 + X_0}{3}$
3. Вычислить $X_1 = R(X_0, X_{-2}, X_2, b2)$
4. Вычислить $X_{-1} = R(a2, X_{-2}, X_0, X_2)$
5. Повторно вычислить $X_{-2} = R(a3, a1, X_{-1}, X_1)$ И
 $X_2 = R(X_{-1}, X_1, b1, b3)$

Содержание

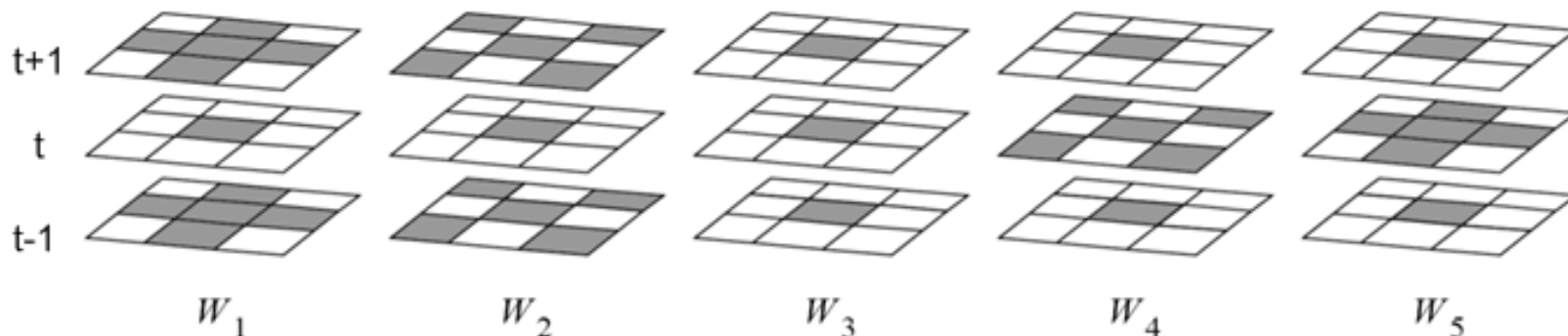
- Введение
- Методы поиска дефектов
- Методы удаления дефектов
 - Внутрикадровая интерполяция
 - Интерполяция рациональными функциями
 - Многошаговая медианная фильтрация
 - Смешивание
 - Байесовский подход
- Дальнейшие планы
- Список материалов

Удаление дефектов

Многошаговая медианная фильтрация

$$median = \arg \min_{f_i \in W} \sum_{f_j \in W} |f_i - f_j|$$

где W – множество пикселей, среди которых ищется медиана, а f_i – значения яркостей этих пикселей.



$$m_l = median(W_l), l = 1, \dots, 5$$

$$x(\vec{r}) = median(m_1, m_2, m_3, m_4, m_5)$$

Содержание

- Введение
- Методы поиска дефектов
- Методы удаления дефектов
 - Внутрикадровая интерполяция
 - Интерполяция рациональными функциями
 - Многошаговая медианная фильтрация
 - Смешивание
 - Байесовский подход
- Дальнейшие планы
- Список материалов

Удаление дефектов

Смешивание



$$I'(r) = \frac{\sum_{r'} W(r') I(r')}{\sum_{r'} W(r')},$$

где r - рассматриваемый пискель,

r' - соседние с r пиксели,

W - весовые коэффициенты

$I(r)$ – яркость пикселя r ,

$I'(r)$ - новое значение пикселя r .

Удаление дефектов

Смешивание

Пиксели из пространственно-временной области вокруг текущего пикселя

- Среднее.

$$x_1, \dots, x_N$$

$W=1$.

- Усеченное среднее.

Сортируем пиксели:

$$x_{(1)} > x_{(2)} > \dots > x_{(N)}$$

$$y = \frac{1}{\theta} \sum_{i=[\alpha * N]+1}^{N-[\alpha * N]} x_{(i)}, \quad \theta = N - 2 * [\alpha * N]$$

- Улучшенный алгоритм.

Сортируем пиксели:

$$|x - x_{(1)}| \leq |x - x_{(2)}| \leq \dots \leq |x - x_{(N)}|$$

$$y = \frac{1}{\gamma} \sum_{i=1}^N a_i x_{(i)},$$

$$a_i = 1 \forall i = 1..M, \quad a_i = 0 \forall i > M, \quad \gamma = \sum_{i=1}^N a_i = M$$

Удаление дефектов

Смешивание



Вес может зависеть от

- значения маски дефекта
- пространственной и временной удаленности пикселей от текущего
- качества ME

Содержание

- Введение
- Методы поиска дефектов
- Методы удаления дефектов
 - Внутрикадровая интерполяция
 - Интерполяция рациональными функциями
 - Многошаговая медианная фильтрация
 - Смешивание
 - Байесовский подход
- Дальнейшие планы
- Список материалов

Удаление дефектов

Байесовский подход



Модель поврежденной последовательности:

$$G_n(\mathbf{x}) = (1 - b(\mathbf{x}))I_n(\mathbf{x}) + b(\mathbf{x})c(\mathbf{x}) + \mu(\mathbf{x})$$

$I_n(\mathbf{x})$ - пиксель исходного кадра

$c(\mathbf{x})$ - изображение дефекта

$b(\mathbf{x})$ - маска дефекта

$\mu(\cdot) \sim \mathcal{N}(0, \sigma_\mu^2)$ - шум

Удаление дефектов

Байесовский подход



Модель последовательности:

$$I_n(\mathbf{x}) = I_{n-1}(\mathbf{x} + \mathbf{d}_{n,n-1}(\mathbf{x})) + e(\mathbf{x})$$

$\mathbf{d}_{n,n-1}(\mathbf{x})$ - MV

$e(\mathbf{x}) \sim \mathcal{N}(0, \sigma_e^2)$ - ошибка оценки

Удаление дефектов

Байесовский подход



$O_f(\mathbf{x})$ и $O_b(\mathbf{x})$ маски несоответствия.

$O_b(\mathbf{x})$ равна 1, если данных кадра n нет на кадре $n-1$.

$b(\mathbf{x})$ - маска дефектов.

$\theta(\mathbf{x})$ - вектор объединяющий $I_n(\mathbf{x})$, $c(\mathbf{x})$,
 $\mathbf{d}_{n,n-1}$, $\sigma_e^2(\mathbf{x})$, $b(\mathbf{x})$, $O_b(\mathbf{x})$, $O_f(\mathbf{x})$

$\theta(-\mathbf{x})$ - значения $\theta(\mathbf{x})$ в точках, отличных от \mathbf{x} .

Нужно оценить

$$p(\theta(\mathbf{x}) | G_n(\mathbf{x}), I_{n-1}, I_{n+1}, \theta(-\mathbf{x}))$$

Удаление дефектов

Байесовский подход



$$\begin{aligned} & p(\theta(\mathbf{x})|G_n(\mathbf{x}), I_{n-1}, I_{n+1}, \theta(-\mathbf{x})) \\ & \propto p(G_n(\mathbf{x})|\theta(\mathbf{x}), I_{n-1}, I_{n+1})p(\theta(\mathbf{x})|I_{n-1}, I_{n+1}, \theta(-\mathbf{x})) \\ & = p(G_n(\mathbf{x})|I_n(\mathbf{x}), c(\mathbf{x}), b(\mathbf{x})) \\ & \times p(I_n(\mathbf{x})|I, \sigma_e(\mathbf{x})^2, \mathbf{d}(\mathbf{x}), O_b(\mathbf{x}), O_f(\mathbf{x}), I_{n-1}, I_{n+1}) \\ & \times p(b(\mathbf{x})|B)p(c(\mathbf{x})|C)p(\mathbf{d}(\mathbf{x})|D)p(\sigma_e(\mathbf{x})^2) \\ & \quad p(O_b(\mathbf{x})|O^b)p(O_f(\mathbf{x})|O^f) \end{aligned}$$

B, C, D, O^b, O^f и I - распределение b, c, d, O_b, O_f и I_n в окрестности x

$p(\sigma_e^2) \propto 1/\sigma_e^2$ - вероятность ошибки

Удаление дефектов

Байесовский подход



$$\begin{aligned} p(G_n(\mathbf{x}) | I_n(\mathbf{x}), c(\mathbf{x}), b(\mathbf{x})) &= \\ &= \delta(G_n(\mathbf{x}) - I(\mathbf{x})(1 - b(\mathbf{x})) - b(\mathbf{x})c(\mathbf{x})) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} p(I_n(\mathbf{x}) | I_{n-1}, I_{n+1}) &\propto \\ &\exp - \left(\frac{(1 - O_b(\mathbf{x}))(I_n(\mathbf{x}) - I_{n-1}(\mathbf{x} + \mathbf{d})_{n,n-1})^2}{2\sigma_e^2} \right) \\ &\times \exp - \left(\frac{(1 - O_f(\mathbf{x}))(I_n(\mathbf{x}) - I_{n+1}(\mathbf{x} + \mathbf{d}_{n,n+1}))^2}{2\sigma_e^2} \right) \\ &\times \exp(-\alpha O_b(\mathbf{x})) \exp(-\alpha O_f(\mathbf{x})) \end{aligned}$$

Удаление дефектов

Байесовский подход



ME – по блокам

$$p_d(\mathbf{d}_{n,n-1}(\mathbf{x}) | \mathbf{d}_{n,n-1}(-\mathbf{x}), \mathbf{V}(\mathbf{x})) \propto \exp - \left(\sum_{\mathbf{x}_v \in \mathbf{V}(\mathbf{x})} \lambda(\mathbf{x}_v) [\mathbf{d}_{n,n-1}(\mathbf{x}) - \mathbf{d}(\mathbf{x}_v)]^2 \right)$$

$\mathbf{V}(\mathbf{x})$ - множество соседних блоков

$\lambda(\mathbf{v})$ - обратно пропорциональна
расстоянию между блоками

Удаление дефектов

Байесовский подход



$$p_c(c(\mathbf{x})|C) \propto \exp\left(-\sum_{k=1}^8 \lambda_k^c (1 - u(\mathbf{x}, \mathbf{x} + \mathbf{v}_k))(c(\mathbf{x}) - c(\mathbf{x} + \mathbf{v}_k))^2\right)$$

$$p_b(b(\mathbf{x})|B) \propto \exp\left(-\sum_{k=1}^8 \lambda_k^b (1 - u(\mathbf{x}, \mathbf{x} + \mathbf{v}_k))|b(\mathbf{x}) - b(\mathbf{x} + \mathbf{v}_k)|\right)$$

\mathbf{v}_k - векторы смещения между \mathbf{x} и пикселями из окрестности \mathbf{x}

$u(\mathbf{x}, \mathbf{x} + \mathbf{v}_k)$ равно 1, если между $\mathbf{x} + \mathbf{v}_k$ и \mathbf{x} есть резкий переход.

$$\lambda_k^c = \Lambda^c / |\mathbf{v}_k|, \lambda_k^b = \Lambda^b / |\mathbf{v}_k|$$

Удаление дефектов

Байесовский подход



Нужно найти, где достигается максимум

$$\begin{aligned} & p(\theta(\mathbf{x})|G_n(\mathbf{x}), I_{n-1}, I_{n+1}, \theta(-\mathbf{x})) \\ & \propto p(G_n(\mathbf{x})|\theta(\mathbf{x}), I_{n-1}, I_{n+1})p(\theta(\mathbf{x})|I_{n-1}, I_{n+1}, \theta(-\mathbf{x})) \\ & = p(G_n(\mathbf{x})|I_n(\mathbf{x}), c(\mathbf{x}), b(\mathbf{x})) \\ & \times p(I_n(\mathbf{x})|I, \sigma_e(\mathbf{x})^2, \mathbf{d}(\mathbf{x}), O_b(\mathbf{x}), O_f(\mathbf{x}), I_{n-1}, I_{n+1}) \\ & \times p(b(\mathbf{x})|B)p(c(\mathbf{x})|C)p(\mathbf{d}(\mathbf{x})|D)p(\mathbf{a}(\mathbf{x}))p(\sigma_e(\mathbf{x})^2) \\ & \quad p(O_b(\mathbf{x})|O^b)p(O_f(\mathbf{x})|O^f) \end{aligned}$$

Можно использовать сэмплер Гиббса.

Удаление дефектов

Сэмплер Гиббса



Известно $p(a/b, \dots, z)$, $p(b/a, c, \dots, z)$, $p(z/a, \dots, y)$

Инициализируем a_0, \dots, z_0

N раз выполняем

{

$$a_i \sim p(a/b_{i-1}, \dots, z_{i-1})$$

$$b_i \sim p(b/a_i, c_{i-1}, \dots, z_{i-1})$$

$$z_i \sim p(z/a_i, b_i, \dots, y_i)$$

}



Содержание

- Введение
- Методы поиска дефектов
- Методы удаления дефектов
- Дальнейшие планы
- Список материалов

Дальнейшие планы

- Опробовать рассмотренные методы
- Доработать фильтр для обработки Betacam видео
 - Поиск и удаление цветowych пятен
 - Адаптивность
 - Модификация для восстановления архивного видео



Содержание

- Введение
- Методы поиска дефектов
- Методы удаления дефектов
- Дальнейшие планы
- Список материалов

Список материалов (1/2)



1. A contrario False Alarms Removal for Improving Blotch Detection in Digitized Films Restoration. *Tilie, S. Laborelli, L. Bloch, I.* Systems, Signals and Image Processing, 2007 .
2. Advances in the detection and reconstruction of blotches in archived film and video. *Kokaram, A.C.* IEE Seminar on Digital Restoration of Film and Video Archives
3. An improved motion-compensated restoration method for damaged color motion picture films. *Gangal Ali ; Kayikcioglu Temel; Dizdaroglu Bekir,* Signal processing. Image communication. 2004
4. Automated treatment of film tear in degraded archived media. *D. Corrigan, A. Kokaram,* IEEE, 2004.
5. Blotch Detection for Digital Archives Restoration based on the Fusion of Spatial and Temporal Detectors. *Tilie, S. Laborelli, L. Bloch, I.* 9th International Conference on Information Fusion, 2006.
6. Complex event classification in degraded image sequences. *Rares, A.; Reinders, M.J.T.; Biemond, J.* Image Processing, 2001.
7. Fast and efficient MRF-based blotch detection algorithm for degraded film sequences. *Sang-Churl Nam; Abe, M.; Kawamata, M.* Intelligent Signal Processing and Communication Systems, 2007. ISPACS 2007.
8. A NEW NON-LINEAR FILTER FOR VIDEO PROCESSING. V. Zlokolica, W. Philips, D. Van De Ville, 3rd IEEE Benelux Signal Processing Symposium (SPS-2002). 2002.
9. Motion compensated film restoration. Buisson O., Boukir S., Besserer B. Machine Vision and Applications N 13. IEEE Computer Society, 2003.

Список материалов (2/2)



10. Fusion of complementary detectors for improving blotch detection in digitized films. *Sorin Tilie, Isabelle Bloch, Louis Laborelli*. Elsevier Science Inc. 2007.
11. On missing data treatment for degraded video and film archives: a survey and a new Bayesian approach. *Kokaram, A.C*. IEEE Transactions on Image Processing. 2004.
12. Pathological Motion Detection for Robust Missing Data Treatment in Degraded Archived Media. *Corrigan, D. Harte, N. Kokaram, A.* IEEE International Conference on Image Processing, 2006.
13. Practical MCMC for Missing Data Treatment in Degraded Video. *Anil Kokaram* European Conference on Computer Vision workshop on Statistical methods in video processing. 2002.
14. Trainable blotch detection on high resolution archive films minimizing the human interaction. *Attila Licsár, Tamás Szirányi and László Czúni*. Machine Vision and Applications. 2007.
15. Trainable post-processing method to reduce false alarms in the detection of small blotches of archive films. *Licsar, A.; Czuni, L.; Sziranyi, T.* IEEE International Conference on Image Processing, 2005. ICIP 2005.
16. Restoration and Storage of Film and Video Archive Material. *P.M.B. van Roosmalen and J. Biemond and R.L. Lagendijk* Restoration and Storage of Film and Video Archive Material. 1999.
17. Blotch and Scratch Detection in Image Sequences based on Rank Ordered Differences *M. J. Nadenau and S. K. Mitra* 5th International Workshop on Time-Varying Image Processing and Moving Object Recognition, September 5-6, 1996
18. Restoration of Archived Film and Video. P. M. B. van Roosmalen. Ph.D. dissertation, Tech. Univ. Delft, Delft, The Netherlands, 1999.
19. Joyeux L., Boukir S., Besserer B., Buisson O. Reconstruction of degraded image sequences. Application to film restoration // Image and Vision Computing Volume 19 N 8. London, UK: Elsevier, 2001. P, 503-516.



Вопросы

?