



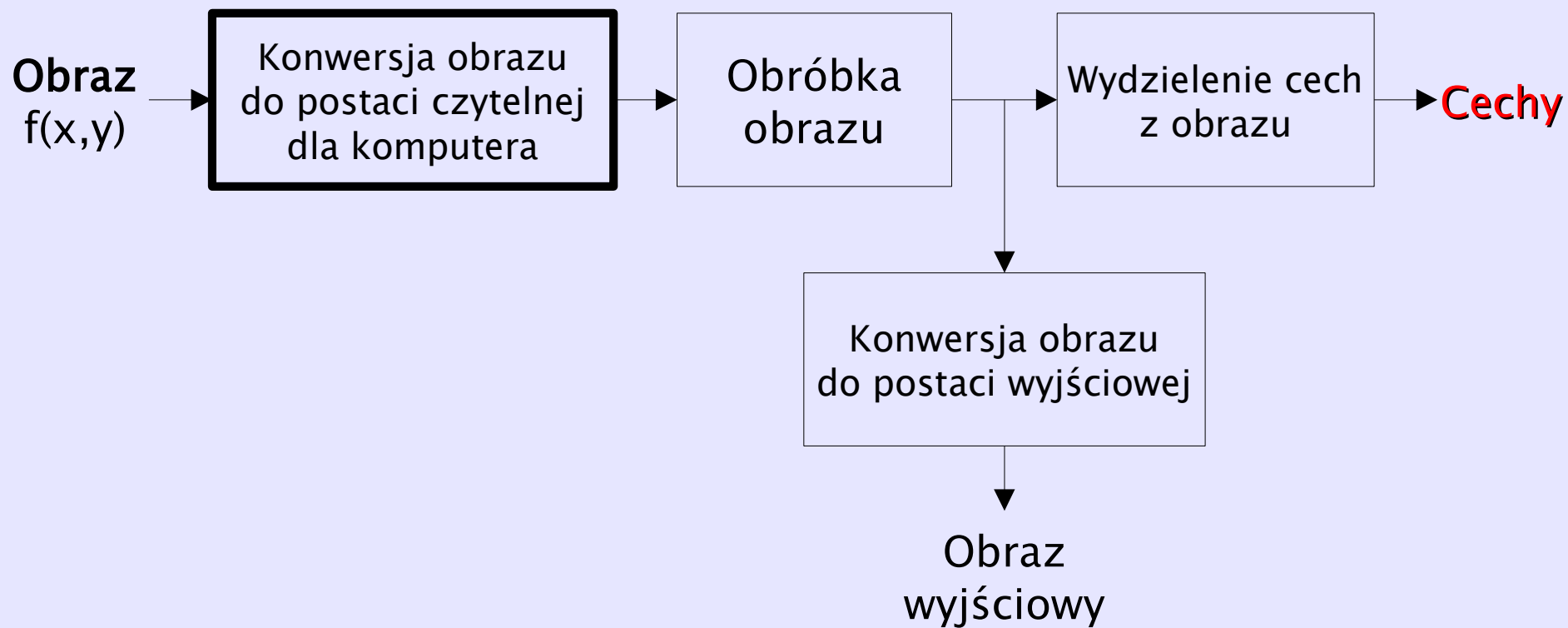
Detekcja punktów zainteresowania

dr inż. Paweł Forczmański

Katedra Systemów Multimedialnych, Wydział Informatyki ZUT



Proces przetwarzania obrazów

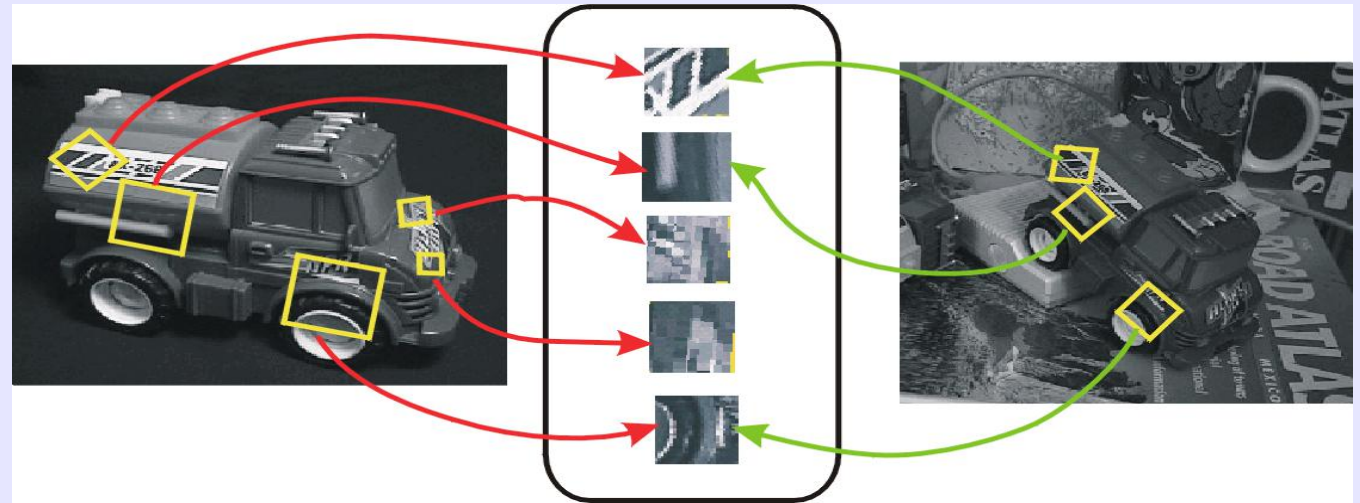
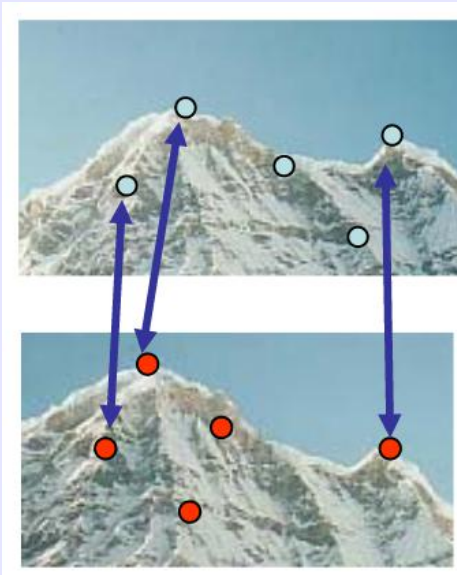




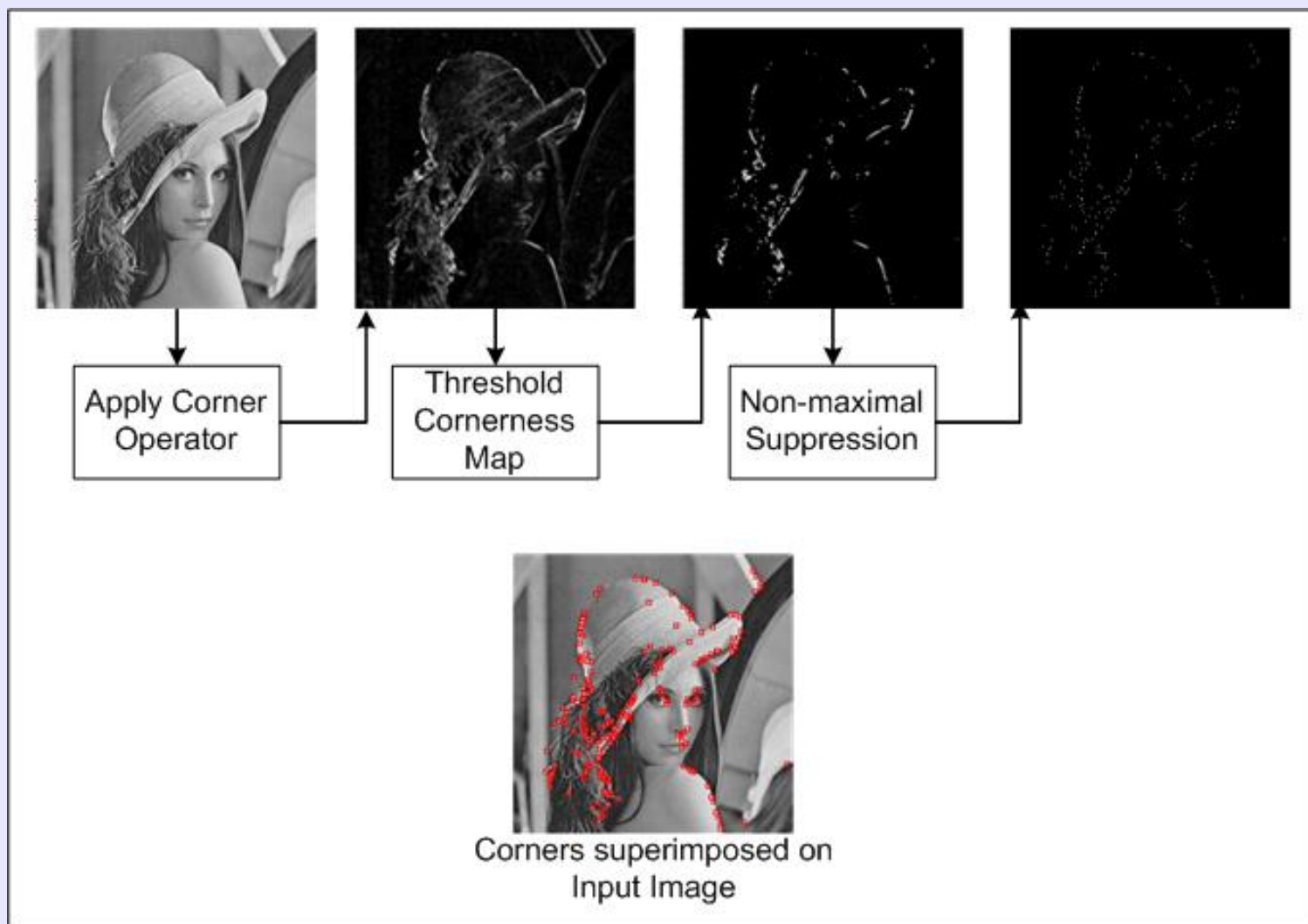
• Problem detekcji punktów/obszarów zainteresowania w obrazach cyfrowych:

- Detektor Moraveca,
- Detektor Harrisa;
- SIFT;
- I inne...

Rozpoznawanie obiektów/sceny poprzez dopasowanie punktów kluczowych...



Rozpoznawanie obiektów/sceny poprzez dopasowanie punktów kluczowych...



Dopasowanie punktu i na obrazie j do punktu na obrazie k

- Wykluczenie

- Punkt P_{ij} nie ma odpowiednika P_{ik}

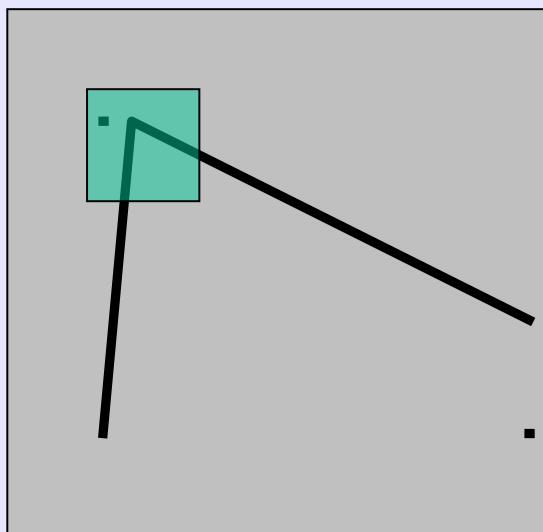
- Wieloznaczność

- Wielu kandydatów P_{ik} na odpowiednika punktu P_{ij}

- Zakłócenia

Istnieje możliwość, że z dużą łatwością da się rozpoznać punkt zainteresowania poprzez spojrzenie przez małe **okno** na obraz.

Przesuwając okno w dowolnym kierunku zarejestrowana zostanie **znacząca** zmiana w intensywności obrazu

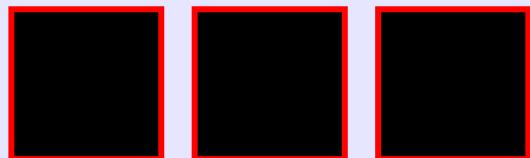
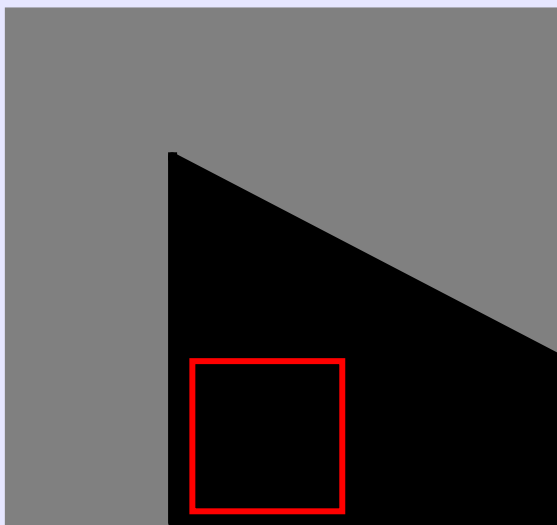


Wyróżnia się 3 przypadki:

- Jeśli obszar jest jednorodny, różnice liczone w dowolnym otoczeniu będą **nieznaczne**
 - Jeśli mamy do czynienia z krawędzią, różnice w kierunku krawędzi będą małe, natomiast w miejscach prostopadłych do krawędzi – **duże**
 - Jeśli mamy do czynienia z wyizolowanym punktem lub krawędzią, różnice będą **znaczne**
-
- Algorytm zakłada wyznaczenie maksimum punktów o dużych różnicach

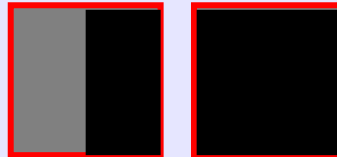
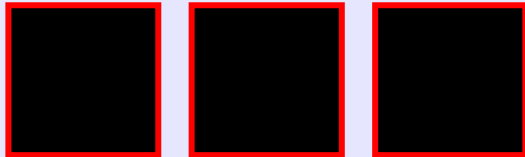
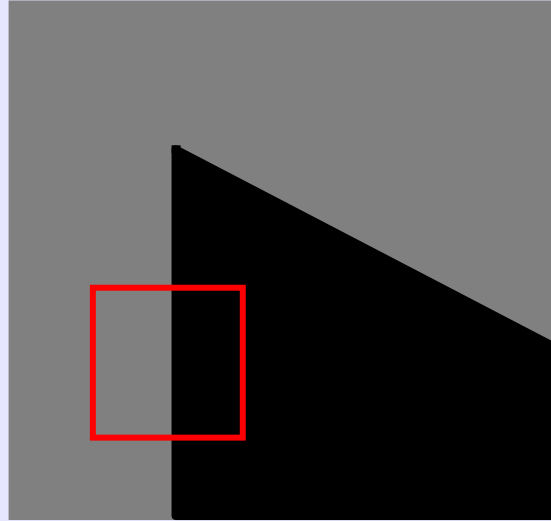
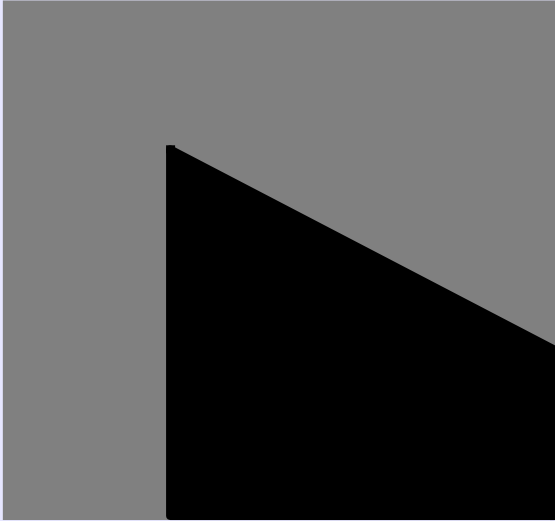


Detektor Moraveca



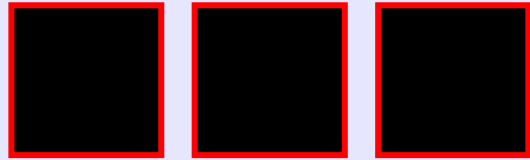
flat

Detektor Moraveca

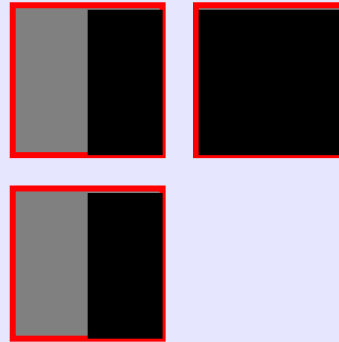
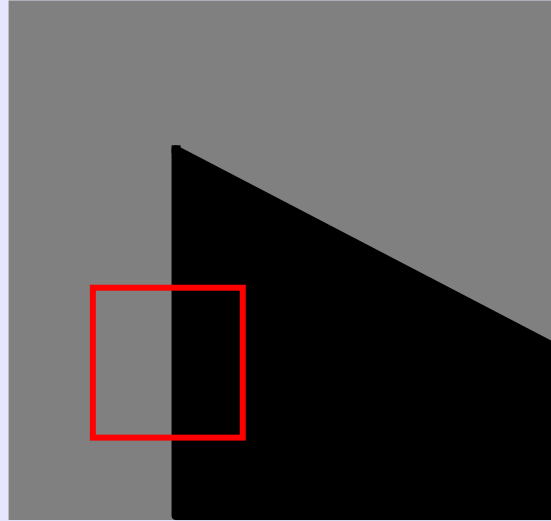


flat

Detektor Moraveca

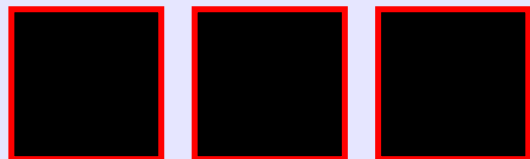


flat

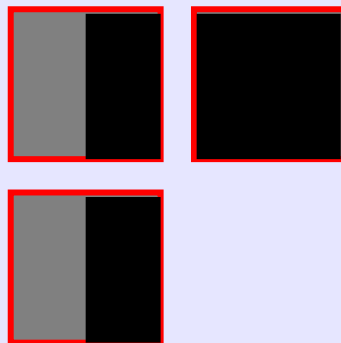


edge

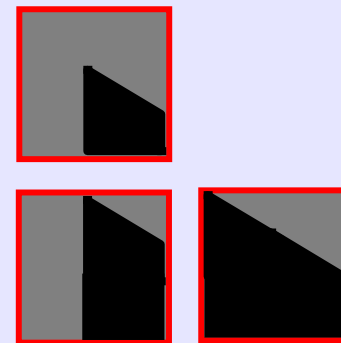
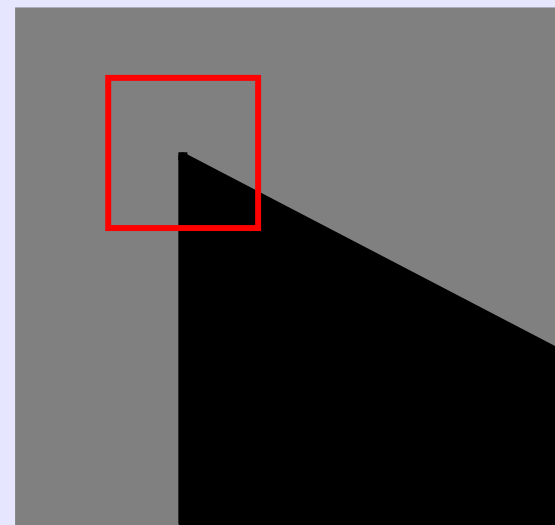
Detektor Moraveca



flat



edge



corner
isolated point

$$V_1 = \frac{1}{p(q-1)} \sum_{i=-k}^k \sum_{j=-l}^{l-1} (g(i, j) - g(i, j+1))^2$$

$$V_2 = \frac{1}{(p-1)q} \sum_{i=-k}^{k-1} \sum_{j=-l}^l (g(i, j) - g(i+1, j))^2$$

$$V_3 = \frac{1}{(p-1)(q-1)} \sum_{i=-k}^{k-1} \sum_{j=-l}^{l-1} (g(i, j) - g(i+1, j+1))^2$$

$$V_4 = \frac{1}{(p-1)(q-1)} \sum_{i=-k}^{k-1} \sum_{j=-l}^{l-1} (g(i, j+1) - g(i+1, j))^2$$

$$V = \min(V_1, V_2, V_3, V_4)$$

$$p = 2k + 1 \quad q = 2l + 1.$$



- Bierzemy pod uwagę tylko kierunki prostopadłe i pod kątem 45 stopni
 - Zaszumiona odpowiedź z uwagi na binarną funkcję okna
 - Minimum jako kryterium decyzyjne
-
- Problemy te rozwiązuje detektor Harrisa

Dla każdego piksela (x, y) oryginalnego obrazu wyliczana jest macierz autokorelacji postaci:

$$M = \begin{bmatrix} A & C \\ C & B \end{bmatrix} \quad w(x, y) = \exp\left(-\frac{(x^2 + y^2)}{2\sigma^2}\right)$$

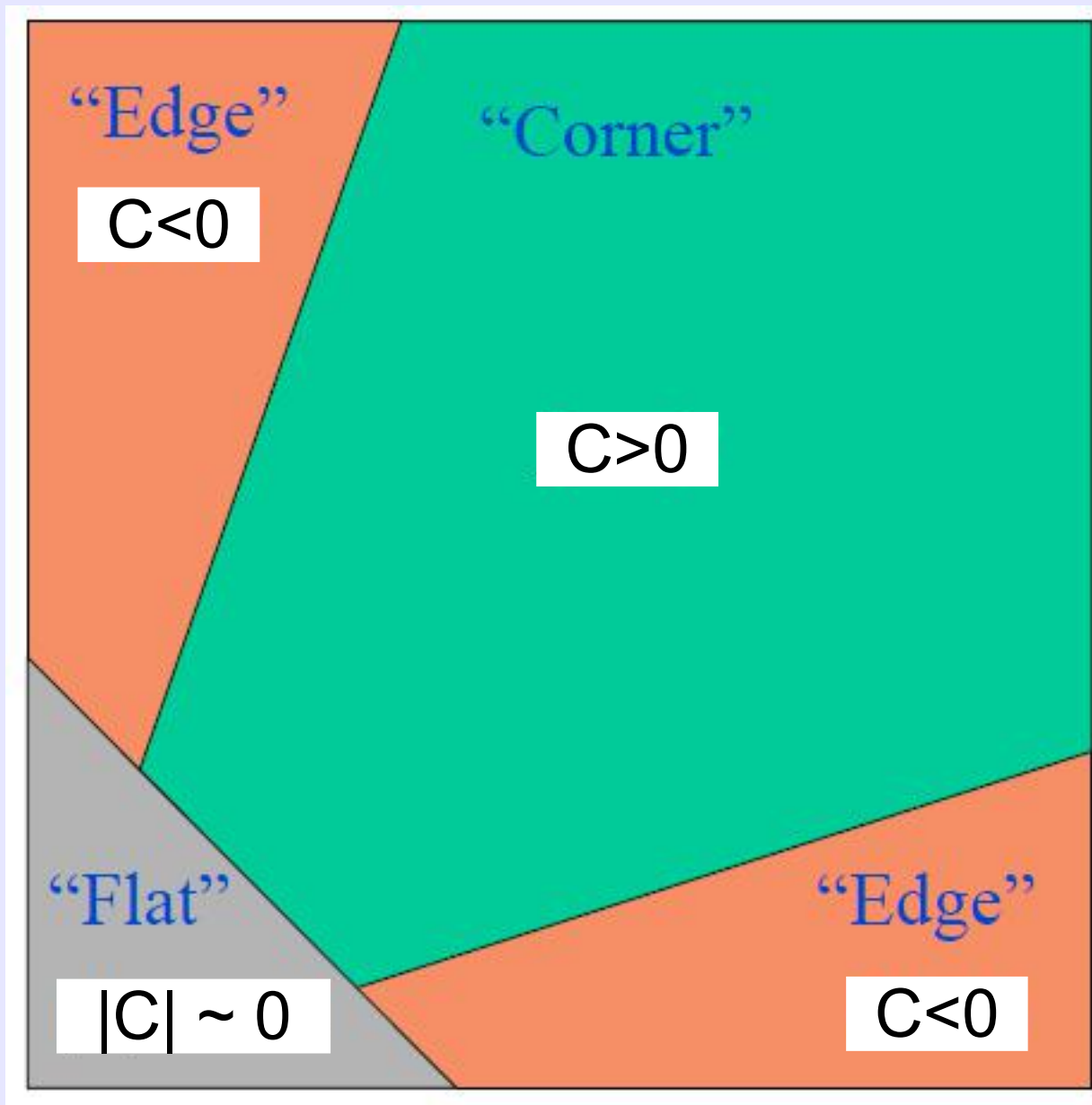
gdzie: $A = \left(\frac{\partial I}{\partial x}\right)^2 \otimes w, B = \left(\frac{\partial I}{\partial y}\right)^2 \otimes w, C = \left(\frac{\partial I}{\partial x} \frac{\partial I}{\partial y}\right) \otimes w$

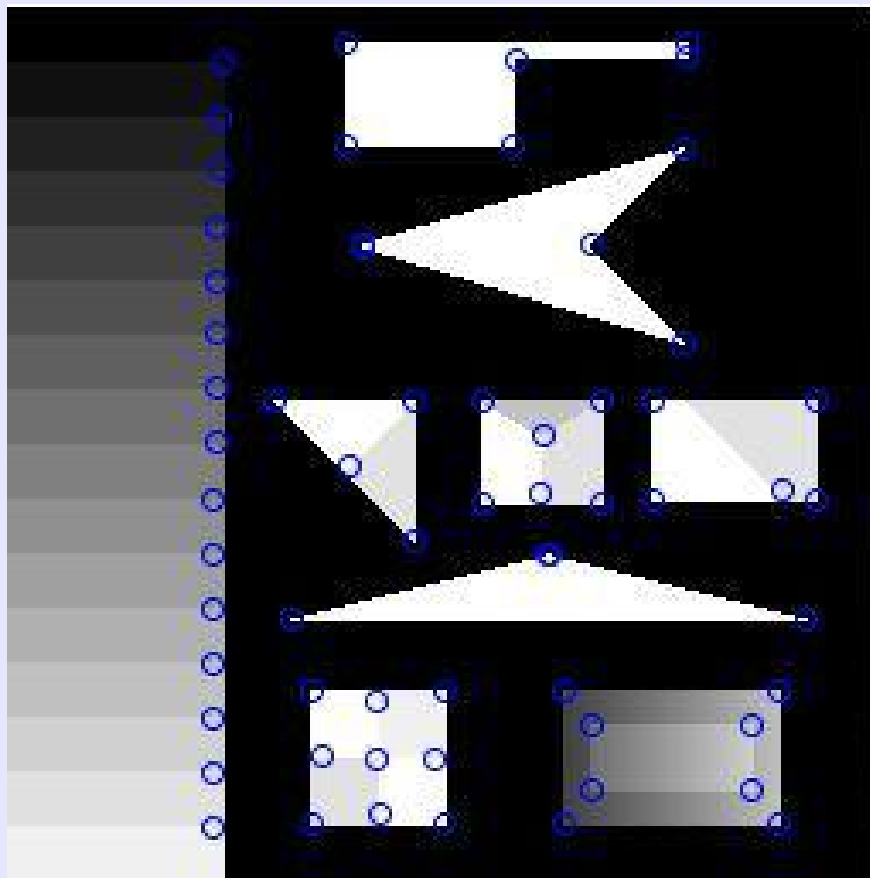
I jest funkcją intensywności, \otimes jest operatorem splotu, w jest oknem Gaussowskim

Wyznaczona wartość przez operator – miara $C(x, y)$

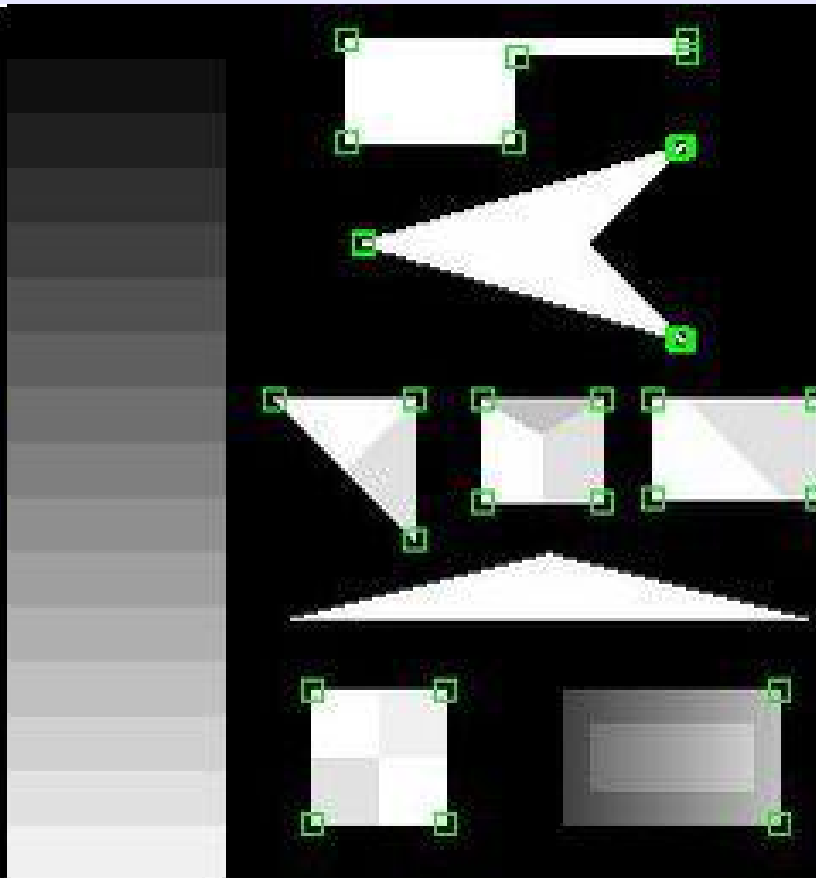
$$C(x, y) = \det(M) - k(\text{trace}(M))^2,$$

Różnica między wyznacznikiem macierzy M , a kwadratem jej śladu, przemnożonym przez stałą k .





Harris



Moravec

→ Algorytm:

- Znajdź w obrazie punkty z dużą odpowiedzią C
($C > \text{próg}$)
- Wybierz punkty z lokalnym maksimum



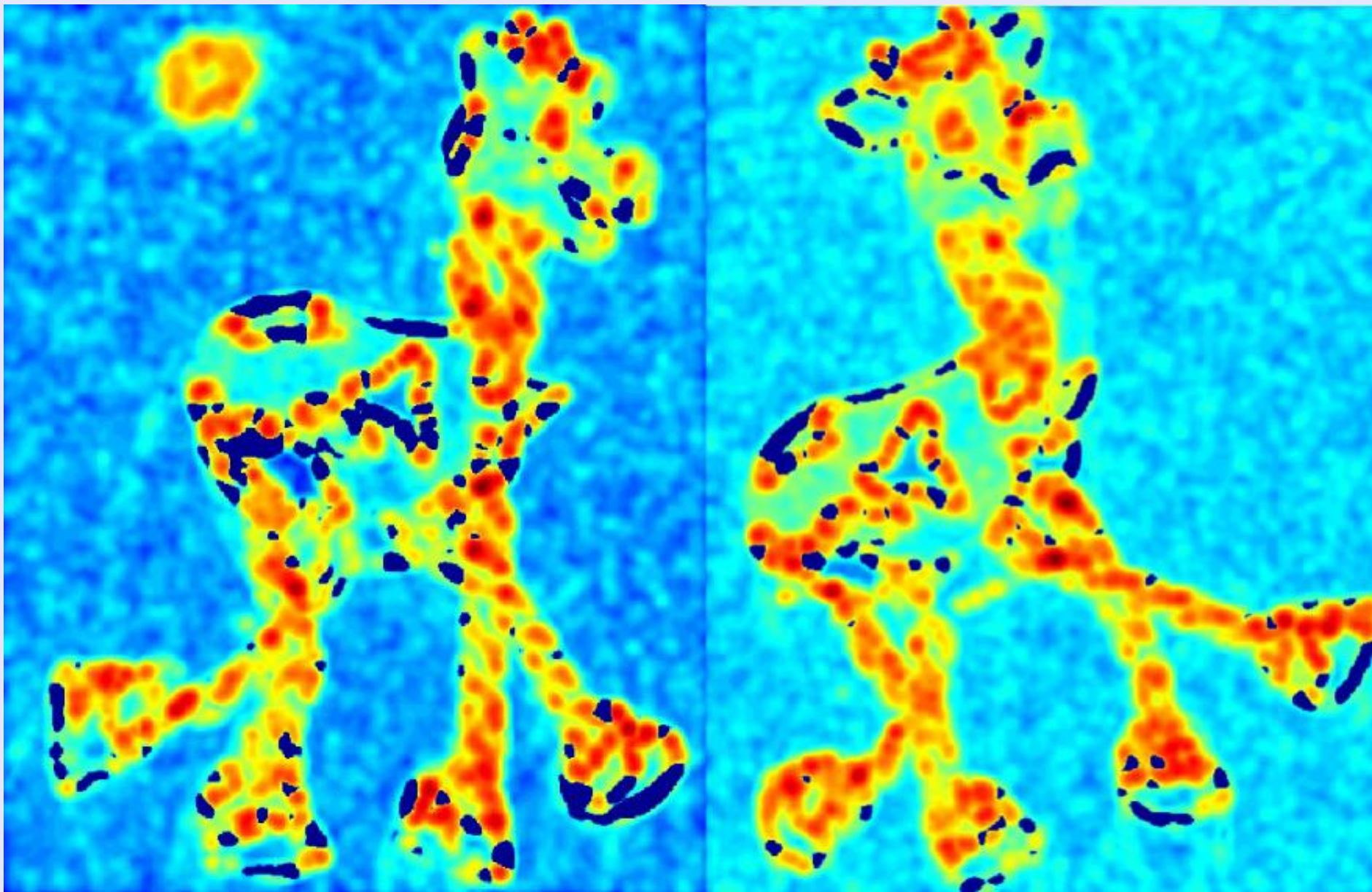
Harris Detector: Workflow





Harris Detector: Workflow

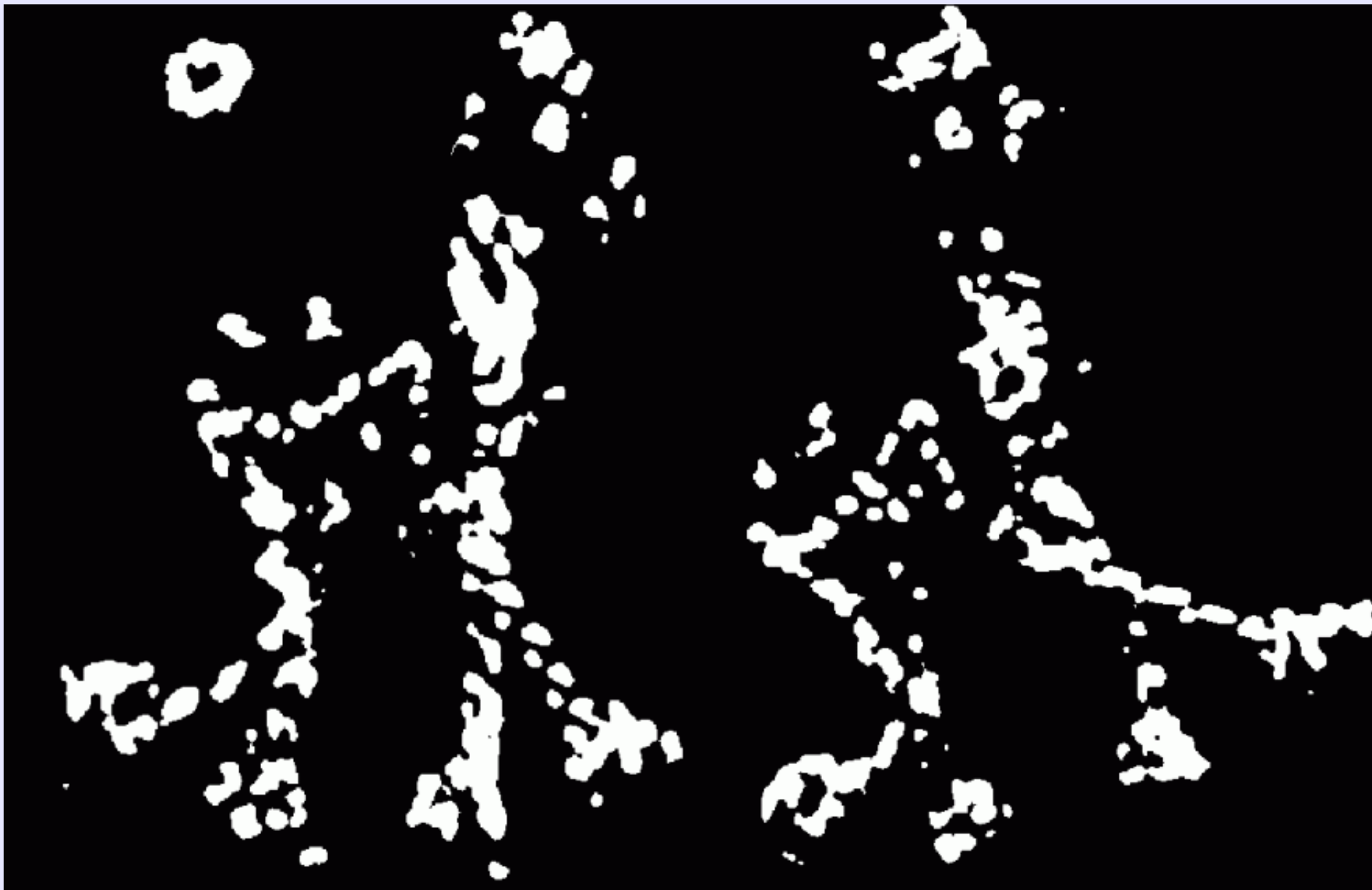
Oblicz odpowiedź C





Harris Detector: Workflow

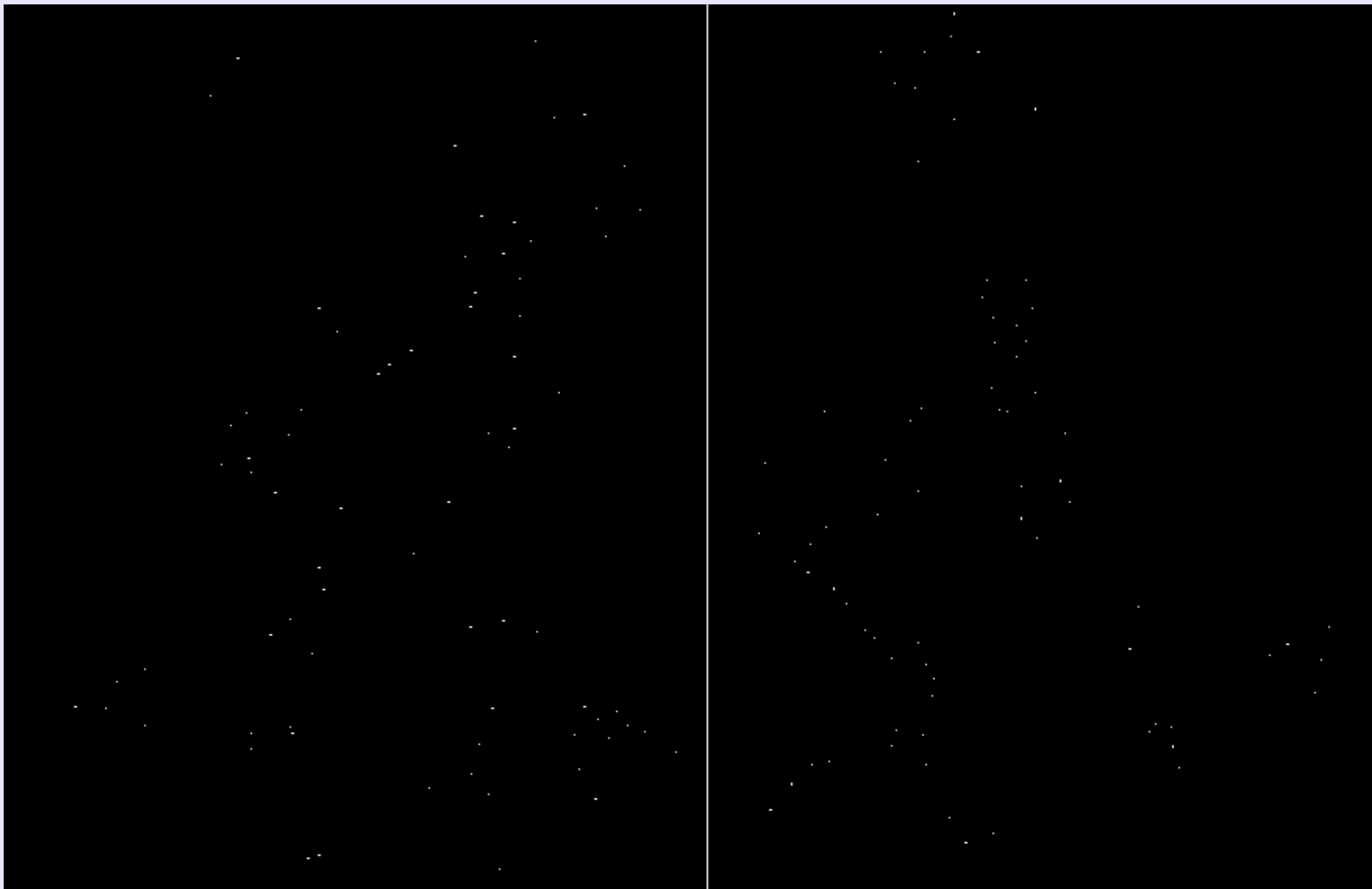
Znajdź punkty z $C > \text{próg}$





Harris Detector: Workflow

Wybierz punkty z lokalnym maksimum





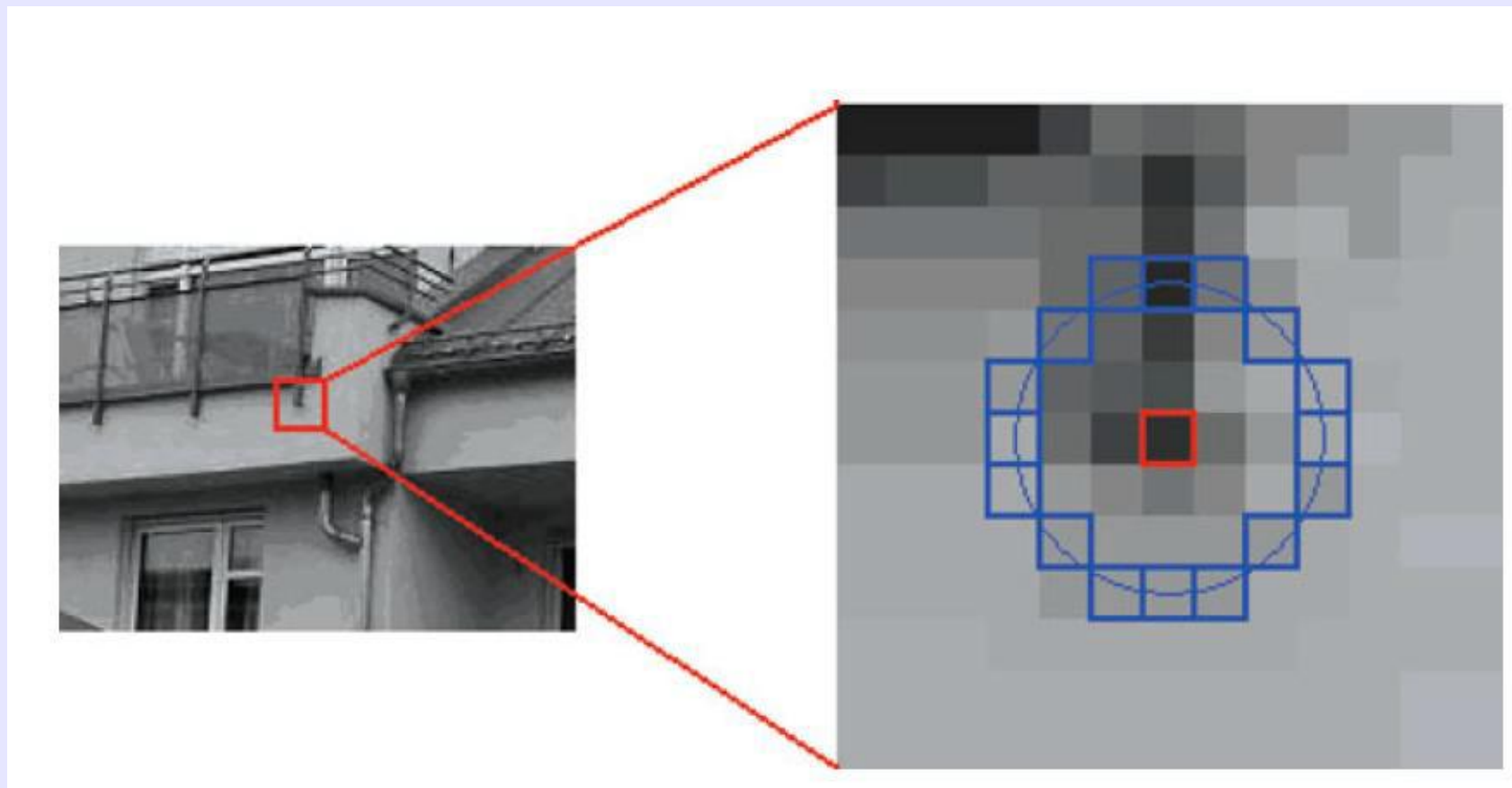
Harris Detector: Workflow

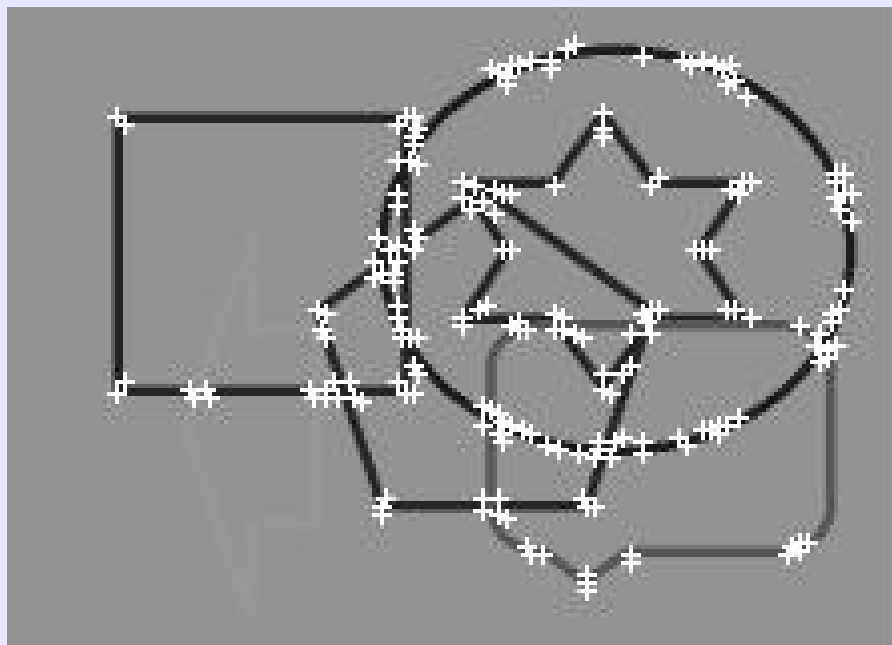
... ZAAWANSOWANE METODY PRZETWARZANIA OBRAZÓW ...



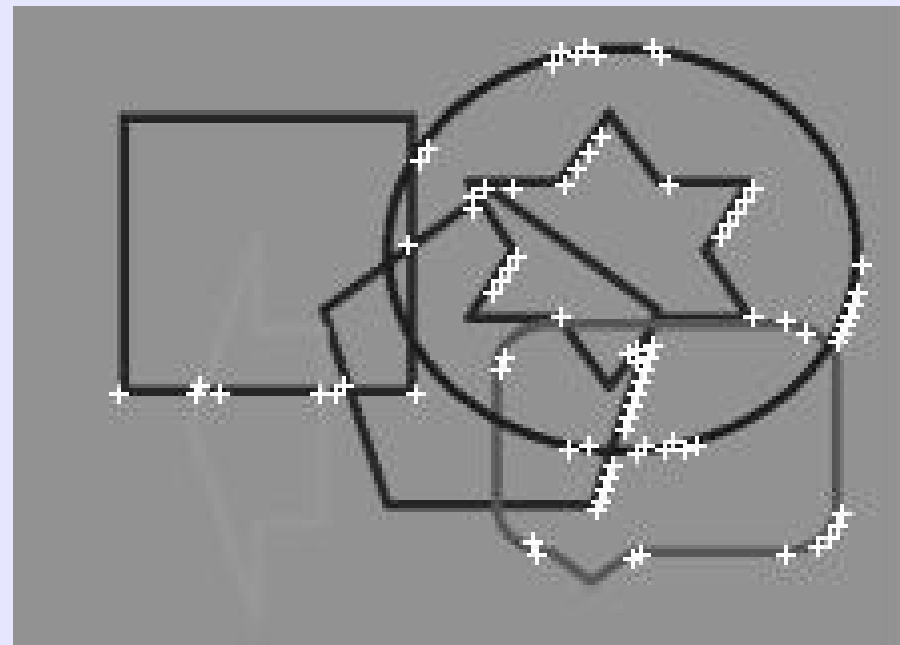
Detektor FAST (Features from Accelerated Segment Test)

Warunek – jasność co najmniej m pikseli (np. 12) powinna być oddalona o co najmniej określony próg od piksela centralnego





Harris



FAST

Detektor SIFT (Scale Invariant Feature Transform)

- Wyznaczanie punktów charakterystycznych (niekoniecznie krawędziowych)
- Wyznaczanie punktów kluczowych (keypoints) za pomocą DoG
- Usuwanie niemaksymalnych punktów w 26 pikselowym sąsiedztwie
- Usuwanie krawędzi

David Lowe:

- *Object Recognition from Local Scale-Invariant Features*(1999),
- *Distinctive Image Features from Scale-Invariant Keypoints*(2004).

Patent (<http://www.google.com/patents/US6711293>):

- *Method and apparatus for identifying scale invariant features in an image and use of same for locating an object in an image.*

Difference of Gaussians (DoG)

$$G(x, y, \sigma) = \frac{1}{\sqrt{2\pi\sigma}} e^{-\frac{(x^2+y^2)}{2\sigma^2}}$$

$$I_s(x, y, \sigma) = G(x, y, \sigma) * I(x, y)$$

$$DoG(x, y, \sigma) = (G(x, y, k\sigma) - G(x, y, \sigma)) * I(x, y)$$

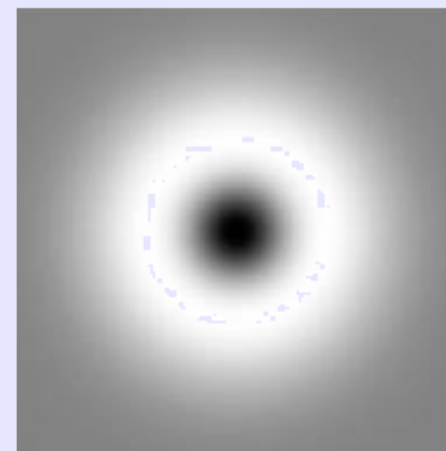
$G(x, y, k\sigma)$



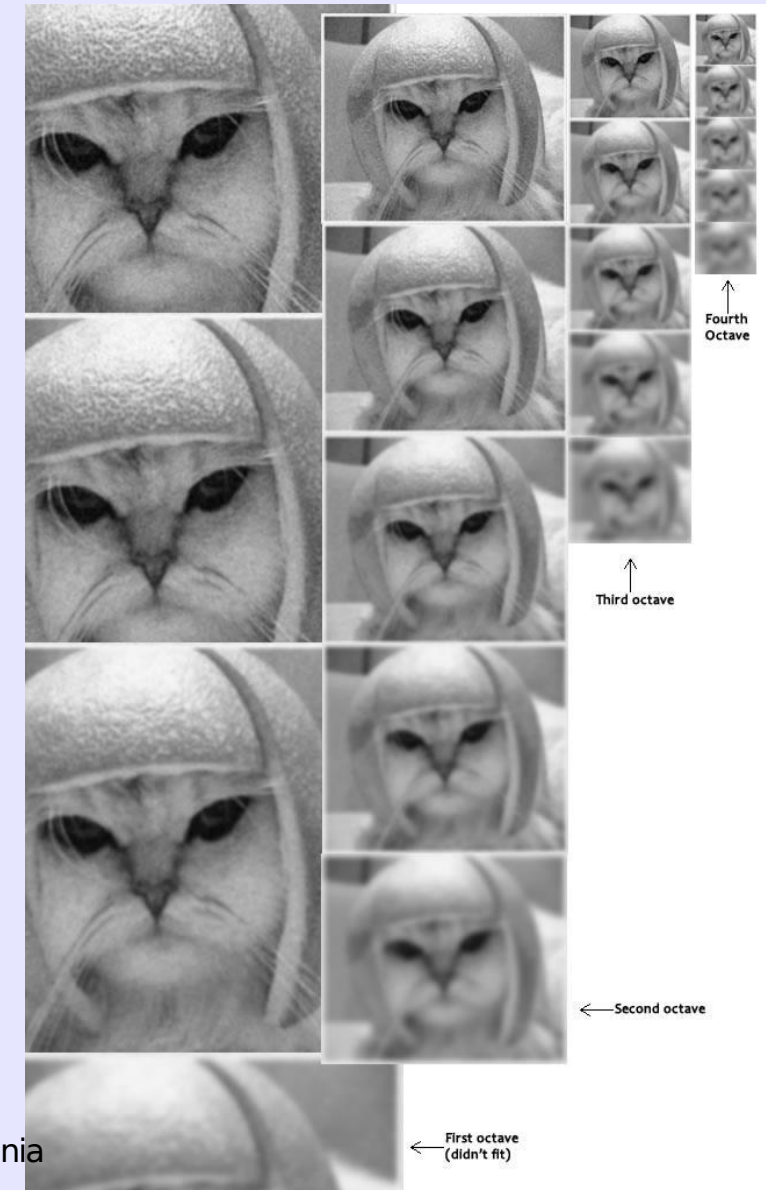
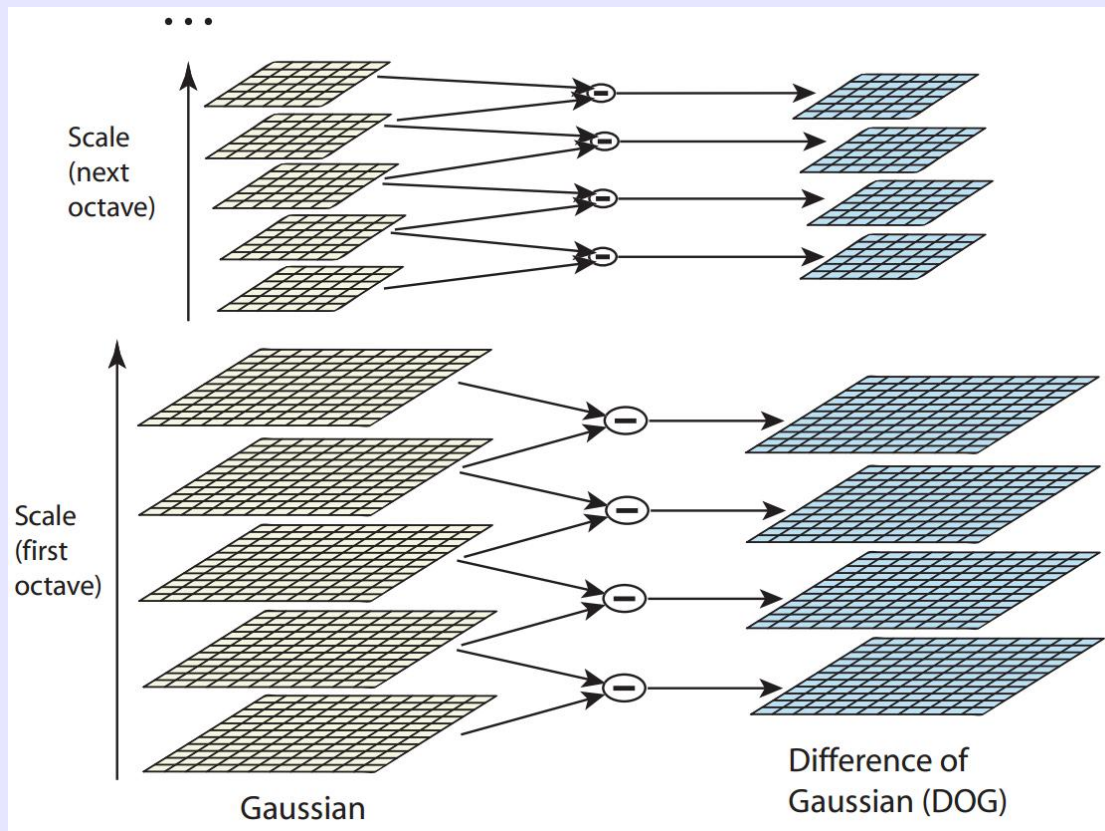
$G(x, y, \sigma)$



$G(x, y, k\sigma) - G(x, y, \sigma)$



Difference of Gaussians (DoG)



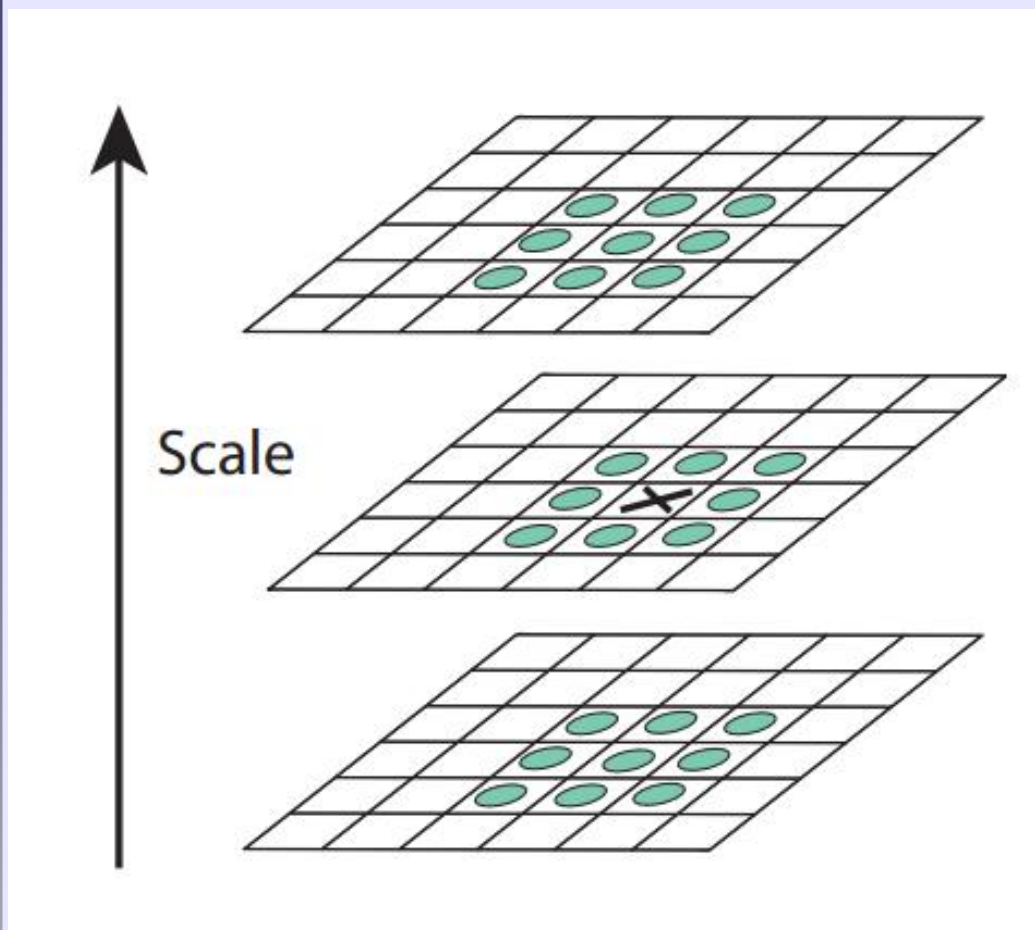
Różnica Gaussianów jest efektywną aproksymacją innej operacji służącej do lokalizowania punktów charakterystycznych skalowo znormalizowanego Laplasianu Gaussianów (ang. LoG - Laplacian of Gaussian). Ekstrema LoG dostarczają znacznie bardziej stabilnych punktów charakterystycznych niż detektory takie jak Hessian

Laplacian of Gaussians (LoG)

Aby obliczyć Laplasian Gausjanów należy obraz poddać rozmyciu, a następnie policzyć jego pochodne drugiego stopnia, aby znaleźć lokalne ekstrema.

Rozmycie ma na celu redukcję szumów z obrazu, na które bardzo wrażliwe są pochodne drugiego stopnia.

W efekcie otrzymujemy stabilne punkty reprezentujące krawędzie i narożniki w obrazie. Mankamentem tej metody jest złożoność obliczeniowa otrzymywania pochodnych drugiego stopnia.



W danej oktawie, dla każdej warstwy (poza pierwszą i ostatnią) porównujemy każdy piksel z jego sąsiadami w danej i sąsiadujących warstwach.

Jeżeli jest on mniejszy lub większy od wszystkich sąsiadów, to taki piksel jest kandydatem na punkt kluczowy.

W związku, z tym że skrajne obrazy w oktawie mają tylko po jednym sąsiedzie, możemy je pominąć przy analizie.



W wyniku działania wcześniej opisanych kroków algorytm generuje ogromną liczbę punktów charakterystycznych. Niestety znaczna część punktów jest słabej jakości, zbyt mało kontrastowa lub leży na krawędziach. Nie pozwala to na ich praktyczne wykorzystanie i takich punktów należy się pozbyć.