

# Mean Shift

Marcin Lembke

24 listopada 2014

- 1 Czym jest Mean Shift?
  - Podejście intuicyjne
  - Podejście matematyczne
- 2 Algorytm
- 3 Wady, zalety oraz zastosowania
- 4 Continuously Adaptive Mean Shift (CAMShift)
- 5 Pytania

# Czym jest Mean Shift?

# Czym jest Mean Shift?

- Po raz pierwszy zaprezentowany przez K. Fukunagę oraz L. Hostetlera<sup>1</sup>,
- Algorytm iteracyjny,
- Pozwala na znalezienie lokalnych maksimów rozkładu gęstości wybranej cechy,
- Efektywny w zastosowaniach śledzenia obiektów, których cechy można przestawić za pomocą histogramów.

---

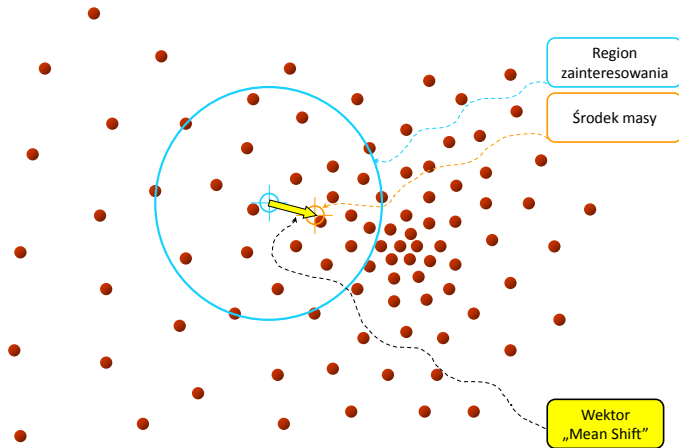
<sup>1</sup>Fukunaga, Keinosuke; Larry D. Hostetler (January 1975). "The Estimation of the Gradient of a Density Function, with Applications in Pattern Recognition".

# Czym jest Mean Shift?

Podejście intuicyjne

# Czym jest Mean Shift?

Podejście intuicyjne

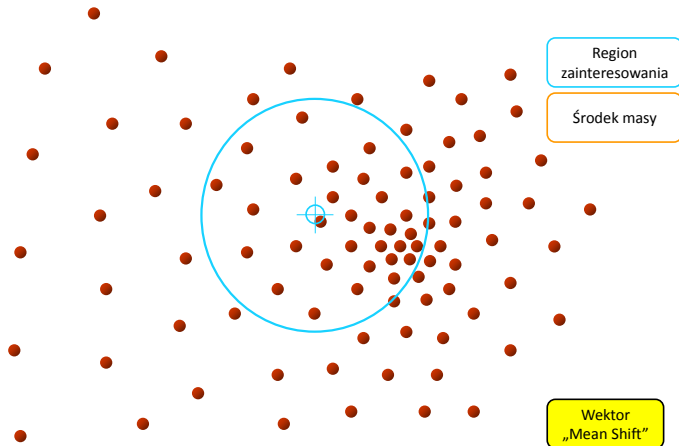


Cel: Znaleźć region o największej gęstości

Zaadaptowano z: Ukrainitz, Y., Sarel, B.

# Czym jest Mean Shift?

Podejście intuicyjne

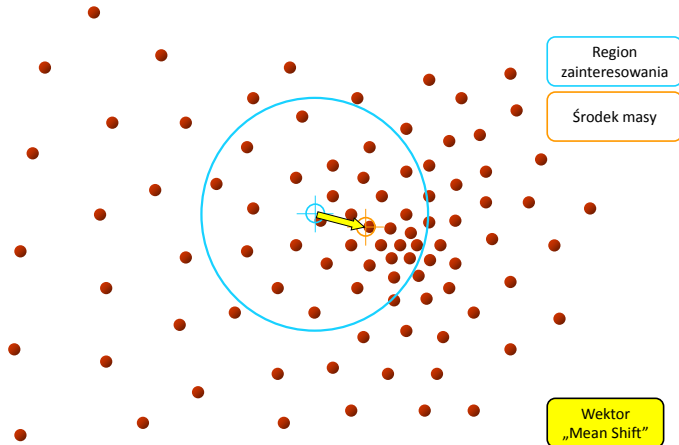


Cel: Znaleźć region o największej gęstości

Zaadaptowano z: Ukrainitz, Y., Sarel, B.

# Czym jest Mean Shift?

Podejście intuicyjne



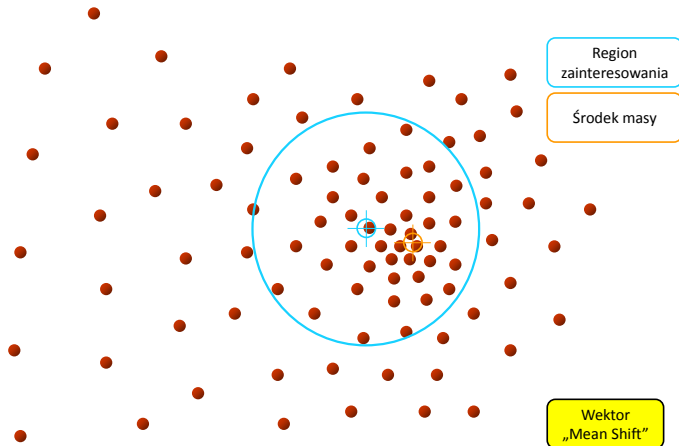
Cel: Znaleźć region o największej gęstości

Zaadaptowano z: Ukrainitz, Y., Sarel, B.



# Czym jest Mean Shift?

Podejście intuicyjne

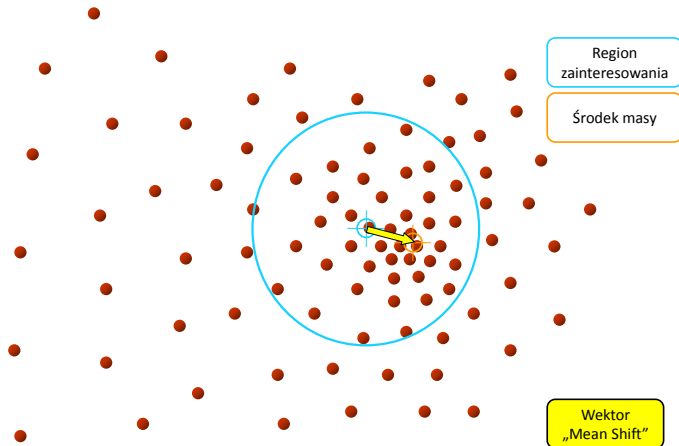


Cel: Znaleźć region o największej gęstości

Zaadaptowano z: Ukrainitz, Y., Sarel, B.

# Czym jest Mean Shift?

Podejście intuicyjne

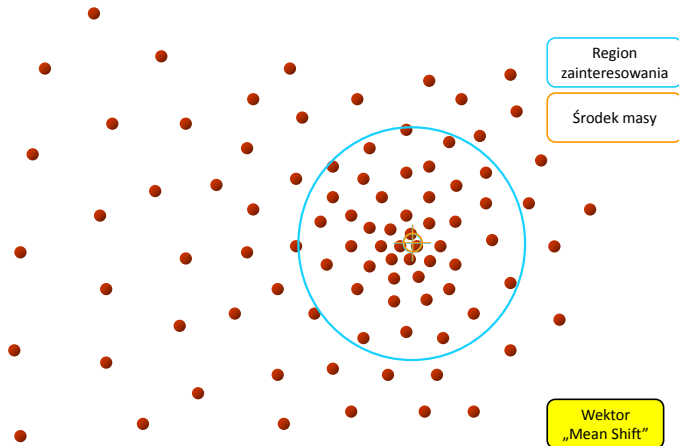


Cel: Znaleźć region o największej gęstości

Zaadaptowano z: Ukrainitz, Y., Sarel, B.

# Czym jest Mean Shift?

Podejście intuicyjne



Cel: Znaleźć region o największej gęstości

Zaadaptowano z: Ukrainitz, Y., Sarel, B.

# Czym jest Mean Shift?

Podejście matematyczne

# Czym jest Mean Shift?

Podejście matematyczne

Mean Shift pozwala znaleźć lokalne maksima funkcji gęstości prawdopodobieństwa (PDF - ang. *Probability Density Function*) na podstawie skończonej liczby próbek.

## Co może reprezentować PDF

- jasność,
- barwę,
- kształt,
- ... praktycznie wszystko.

# Czym jest Mean Shift?

KDE - ang. *Kernel Density Estimation*

Wyznaczyć PDF na podstawie próby... ale:

- Nieznany rozkład danych  $\Rightarrow$  estymacja nieparametryczna.

Niech  $X$  będzie  $n$ -wymiarową zmienną losową, której rozkład gęstości jest opisany przez  $f$ . Jej estymator jądrowy (*Kernel Density Estimator*)  $\hat{f}$  można wyznaczyć na podstawie  $m$ -elementowej próby losowej:  $x_1, x_2, \dots, x_m$ :

$$\hat{f}(x) = \frac{1}{m} \sum_{i=1}^m K(x - x_i) \quad (1)$$

gdzie funkcja  $K$  jest nazywana jądrem (ang. *kernel*)

# Czym jest Mean Shift?

## Kernel function

$$\hat{f}(x) = \frac{1}{m} \sum_{i=1}^m K(x - x_i) \quad (1)$$

Funkcja  $K$  musi spełniać kilka warunków:

- jest znormalizowana:

$$\int K(x) dx = 1$$

- jest symetryczna:

$$K(-x) = K(x)$$

- jest nieujemna,
- jest ograniczona.

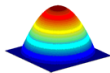
# Czym jest Mean Shift?

## Kernel function - przykłady

Przykładowe funkcje jądra:

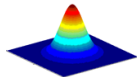
- Epanecznikowa:

$$K_E(\mathbf{x}) = \begin{cases} c(1 - \|\mathbf{x}\|^2) & \text{dla } \|\mathbf{x}\| \leq 1 \\ 0 & \text{dla } \mathbf{x} > 1 \end{cases}$$



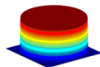
- Gausa:

$$K_G(\mathbf{x}) = \begin{cases} c \cdot \exp(-0.5 \cdot \|\mathbf{x}\|^2) & \text{dla } \|\mathbf{x}\| \leq 1 \\ 0 & \text{dla } \mathbf{x} > 1 \end{cases}$$



- Jednolita:

$$K_U(\mathbf{x}) = \begin{cases} c & \text{dla } \|\mathbf{x}\| \leq 1 \\ 0 & \text{dla } \mathbf{x} > 1 \end{cases}$$





# Mean Shift

## Algorytm

1. Wybierz początkową pozycję i rozmiar regionu zainteresowania.
2. Wyznacz środek gęstości cechy w regionie.
3. Wyznacz wektor przesunięcia:

$$\mathbf{m}(x) = \frac{\sum_{x_i \in N(x)} K(x_i - x) \cdot x_i}{\sum_{x_i \in N(x)} K(x_i - x)}$$

gdzie  $N(x)$  to otoczenie punktu  $x$  określone przez rozmiar regionu zainteresowania.

4. Przesuń środek regionu zainteresowania o wyznaczony wektor.
5. Powtarzaj kroki 2. - 4. do osiągnięcia zbieżności.

# Mean Shift

Wady, zalety oraz zastosowania

### Zalety:

- Prosta implementacja,
- Nie zakłada określonego kształtu,
- Może działać w dokładnie określonej przestrzeni cech,
- Tylko jeden parametr musi być odgórnie podany (rozmiar okna).

### Wady:

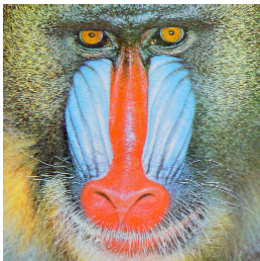
- Rozmiar regionu zainteresowania (okna analizy) jest ustalony z góry i nie ma żadnego sposobu na jego optymalne wyznaczenie,
- Źle dobrany rozmiar okna może przekreślić skuteczność algorytmu.

Zastosowania:

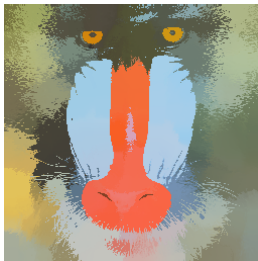
- Śledzenie obiektów (także w czasie rzeczywistym),
- Klasteryzacja (grupowanie) danych,
- Segmentacja obrazów,
- Wygładzanie zachowujące nieciągłości (krawędzie).

# Mean Shift

Zastosowania - segmentacja obrazu



**Rysunek:** *Baboon* - obraz oryginalny.



**Rysunek:** *Baboon* - obraz poddany segmentacji.

**Rysunek:** Segmentacja obrazu za pomocą Mean Shift.

# Mean Shift

Zastosowania - filtracja obrazu



**Rysunek:** *Cameraman* - obraz oryginalny.



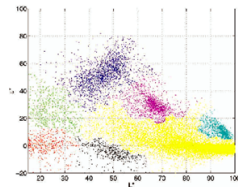
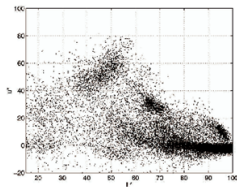
**Rysunek:** *Cameraman* - obraz poddany filtracji.

**Rysunek:** Filtracja obrazu za pomocą Mean Shift zachowująca ostre krawędzie.

Źródło: Comaniciu, D., Meer, P.

# Mean Shift

## Zastosowania - klasteryzacja

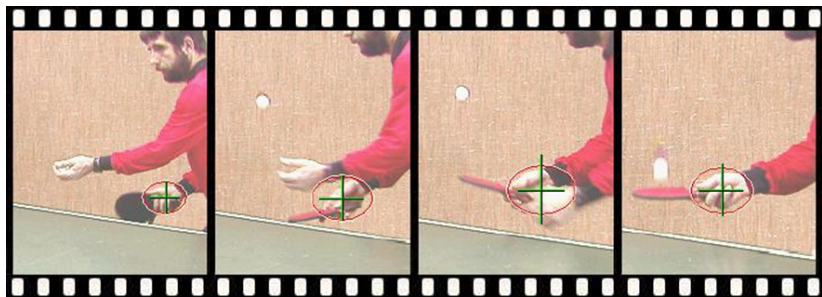


**Rysunek:** Klasteryzacja kolorów za pomocą algorytmu Mean Shift.



# Mean Shift

Zastosowania - śledzenie obiektów

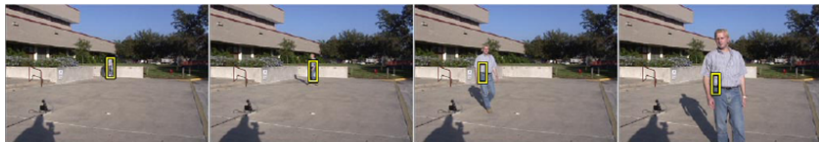


**Rysunek:** Śledzenie obiektów za pomocą algorytmu Mean Shift.

Źródło: Ukrainitz, Y., Sarel, B.

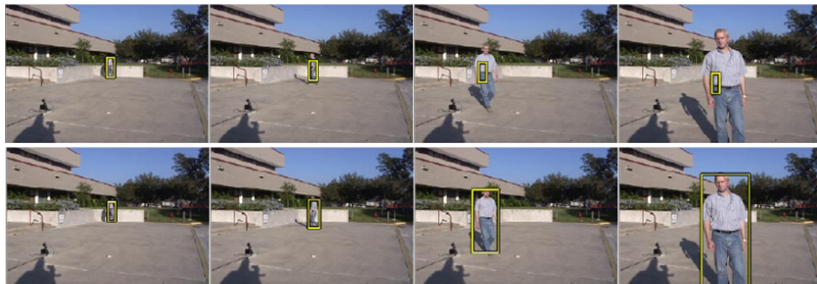
# Continuously Adaptive Mean Shift (CAMShift)

- Stały rozmiar okna analizy jest znaczącą wadą algorytmu Mean Shift,
- Rozwiązaniem jest dynamicznie zmieniający się rozmiar, czyli CAMShift.



## Algorytm:

1. Wybierz początkową pozycję i rozmiar okna analizy.
2. Wykonaj Mean Shift.
3. Ustal wielkość okna w zależności od funkcji zerowego momentu rozkładu.



# Pytania

Dziękuję za uwagę :)