

Widzenie Komputerowe - Ruch

Wykład 6.

Magdalena Mazur-Milecka

Katedra Inżynierii Biomedycznej, WETI, PG

27 marca 2019

Metody detekcji i śledzenia ruchu

- **różnicowe** - na podstawie różnicy pomiędzy następującymi klatkami,



FRAME-0



FRAME-35



FRAME-70



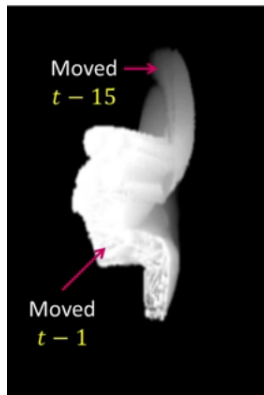
MHI-0



MHI-35



MHI-70



Metody detekcji i śledzenia ruchu

- **różnicowe** - na podstawie różnicy pomiędzy następującymi klatkami,
- **przepływ optyczny**:

Metody detekcji i śledzenia ruchu

- **różnicowe** - na podstawie różnicy pomiędzy następującymi klatkami,
- **przepływ optyczny:**
 - **korelacyjne** - przeszukiwanie obrazu w poszukiwaniu dopasowania regionów, często porównywanie bloków obrazu (Block Matching)(MPEG),

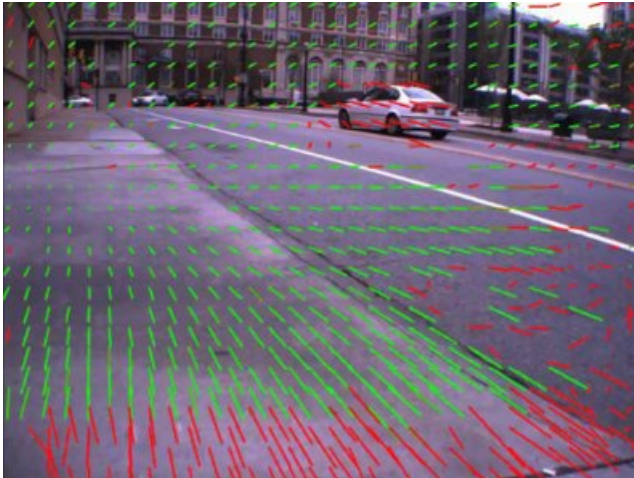
Metody detekcji i śledzenia ruchu

- **różnicowe** - na podstawie różnicy pomiędzy następującymi klatkami,
- **przepływ optyczny:**
 - **korelacyjne** - przeszukiwanie obrazu w poszukiwaniu dopasowania regionów, często porównywanie bloków obrazu (Block Matching)(MPEG),
 - **gradientowe** - pochodne przestrzenne i czasowe obrazu,

Metody detekcji i śledzenia ruchu

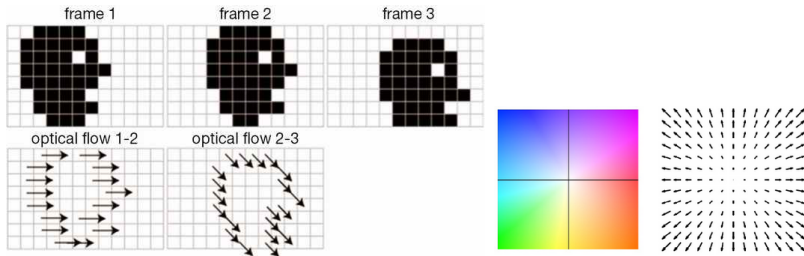
- **różnicowe** - na podstawie różnicy pomiędzy następującymi klatkami,
- **przepływ optyczny:**
 - **korelacyjne** - przeszukiwanie obrazu w poszukiwaniu dopasowania regionów, często porównywanie bloków obrazu (Block Matching)(MPEG),
 - **gradientowe** - pochodne przestrzenne i czasowe obrazu,
 - **częstotliwościowe** - filtry w dziedzinie częstotliwości czułe na kierunek ruchu (DFT), wykrywanie ruchu przy zmiennym oświetleniu i tle, skomplikowane, najbliższe widzeniu człowieka.

Optical Flow - naturalne przesunięcie pola widzenia (J.J. Gibson).



Optical Flow - Wprowadzenie

Optical Flow - naturalne przesunięcie pola widzenia (J.J. Gibson).
Opis matematyczny: 2D wektorowe pole zawierające informację o przekształceniu jednego obrazu w drugi poprzez przesunięcia.

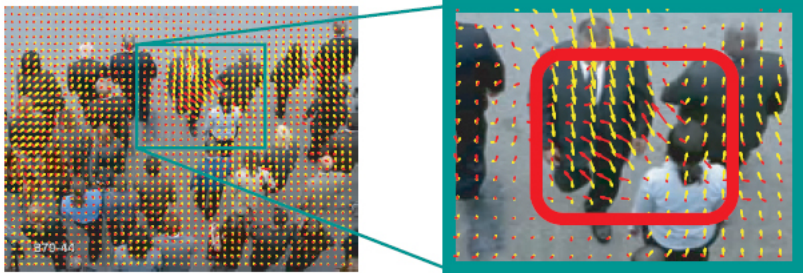


- Początek i koniec to pojedynczy przesunięty piksel.
- Długość wektora - Prędkość ruchu.
- Kierunek i zwrot - kierunek i zwrot przemieszczenia.

Militello C., Rundo L., Gilardi M., Applications of imaging processing to MRgFUS treatment for fibroids: a review, Translational Cancer Research, 2014

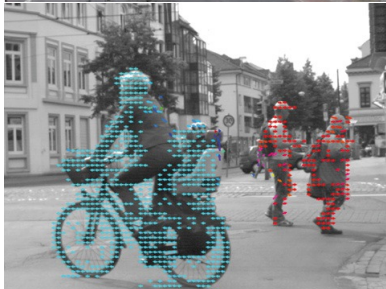
Optical Flow - Wprowadzenie

Optical Flow - naturalne przesunięcie pola widzenia (J.J. Gibson).
Opis matematyczny: 2D wektorowe pole zawierające informację o przekształceniu jednego obrazu w drugi poprzez przesunięcia.



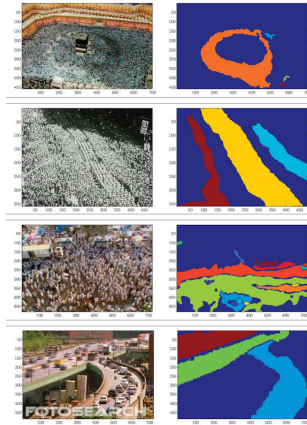
B. E. Moore, S. Ali, R. Mehran, M. Shah, Visual Crowd Surveillance Through a Hydrodynamics Lens, Communications of the ACM, Vol. 54 No. 12, Pages 64-73

- Monitoring ruchu ulicznego



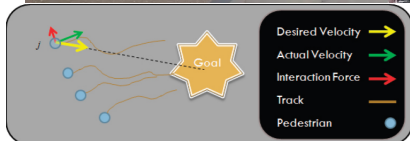
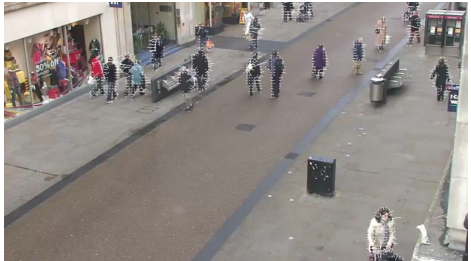
Optical Flow - Zastosowania

- Monitoring ruchu ulicznego
- Monitoring tłumu



Optical Flow - Zastosowania

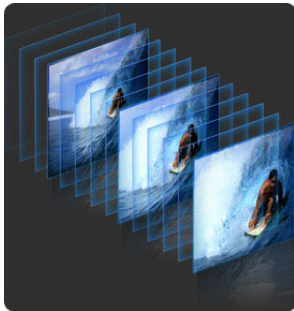
- Monitoring ruchu ulicznego
- Monitoring tłumu
- Cele komercyjne



B. E. Moore, S. Ali, R. Mehran, M. Shah, *Visual Crowd Surveillance Through a Hydrodynamics Lens*, *Communications of the ACM*, Vol. 54 No. 12, Pages 64-73

Google

- Monitoring ruchu ulicznego
- Monitoring tłumu
- Cele komercyjne
- Retiming (Matrix)

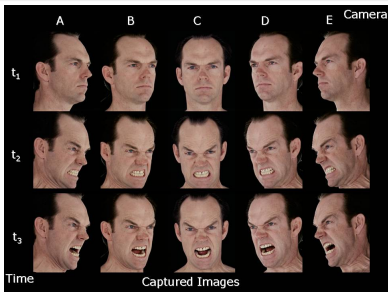


[http://
www.fcp.co/final-cut-pro/news/
757-twixtor-verses-optical-flow-in-](http://www.fcp.co/final-cut-pro/news/757-twixtor-verses-optical-flow-in-)

- Monitoring ruchu ulicznego
- Monitoring tłumy
- Cele komercyjne
- Retiming (Matrix)
- Motion based segmentation

- Monitoring ruchu ulicznego
- Monitoring tłumów
- Cele komercyjne
- Retiming (Matrix)
- Motion based segmentation
- (Re)warping texture (przesuwanie tekstury)

- Monitoring ruchu ulicznego
- Monitoring tłumy
- Cele komercyjne
- Retiming (Matrix)
- Motion based segmentation
- (Re)warping texture (przesuwanie tekstury)
- Kompresja, animacja, stabilizacja obrazu...

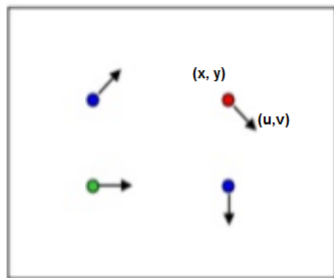


<http://sintel.is.tue.mpg.de>

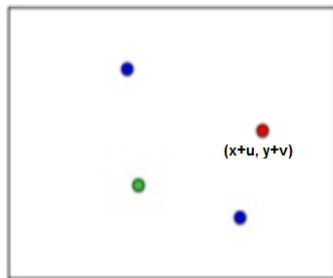
film

Optical Flow - ogólna zasada

I_1



I_2



$$I_1(x, y) = I_2(x + u, y + v)$$
$$I(x, y, t) = I(x + u, y + v, t + 1)$$

Założenie niezmienności jasności (Brightness constancy)

$$f(x, y, t) = f(x + dx, y + dy, t + dt)$$

Założenie niezmienności jasności (Brightness constancy)

$$f(x, y, t) = f(x + dx, y + dy, t + dt)$$

↓ szereg Taylora - aproksymacja

Założenie niezmienności jasności (Brightness constancy)

$$f(x, y, t) = f(x + dx, y + dy, t + dt)$$

↓ szereg Taylora - aproksymacja

$$f(x, y, t) = f(x, y, t) + \frac{\partial f}{\partial x} dx + \frac{\partial f}{\partial y} dy + \frac{\partial f}{\partial t} dt$$

Założenie niezmienności jasności (Brightness constancy)

$$f(x, y, t) = f(x + dx, y + dy, t + dt)$$

↓ szereg Taylora - aproksymacja

$$f(x, y, t) = f(x, y, t) + \frac{\partial f}{\partial x} dx + \frac{\partial f}{\partial y} dy + \frac{\partial f}{\partial t} dt$$

$$\frac{\partial f}{\partial x} \frac{dx}{dt} + \frac{\partial f}{\partial y} \frac{dy}{dt} + \frac{\partial f}{\partial t} = 0$$

Założenie niezmienności jasności (Brightness constancy)

$$f(x, y, t) = f(x + dx, y + dy, t + dt)$$

↓ szereg Taylora - aproksymacja

$$f(x, y, t) = f(x, y, t) + \frac{\partial f}{\partial x} dx + \frac{\partial f}{\partial y} dy + \frac{\partial f}{\partial t} dt$$

$$\frac{\partial f}{\partial x} \frac{dx}{dt} + \frac{\partial f}{\partial y} \frac{dy}{dt} + \frac{\partial f}{\partial t} = 0$$

$$\frac{\partial f}{\partial x} \mathbf{u} + \frac{\partial f}{\partial y} \mathbf{v} + \frac{\partial f}{\partial t} = 0$$

Założenie niezmienności jasności (Brightness constancy)

$$f(x, y, t) = f(x + dx, y + dy, t + dt)$$

↓ szereg Taylora - aproksymacja

$$f(x, y, t) = f(x, y, t) + \frac{\partial f}{\partial x} dx + \frac{\partial f}{\partial y} dy + \frac{\partial f}{\partial t} dt$$

$$\frac{\partial f}{\partial x} \frac{dx}{dt} + \frac{\partial f}{\partial y} \frac{dy}{dt} + \frac{\partial f}{\partial t} = 0$$

$$\frac{\partial f}{\partial x} u + \frac{\partial f}{\partial y} v + \frac{\partial f}{\partial t} = 0$$

$$\frac{\partial f}{\partial x} u + \frac{\partial f}{\partial y} v = -\frac{\partial f}{\partial t} \text{ Warunek przepływu optycznego}$$

Założenie niezmienności jasności (Brightness constancy)

$$f(x, y, t) = f(x + dx, y + dy, t + dt)$$

↓ szereg Taylora - aproksymacja

$$f(x, y, t) = f(x, y, t) + \frac{\partial f}{\partial x} dx + \frac{\partial f}{\partial y} dy + \frac{\partial f}{\partial t} dt$$

$$\frac{\partial f}{\partial x} \frac{dx}{dt} + \frac{\partial f}{\partial y} \frac{dy}{dt} + \frac{\partial f}{\partial t} = 0$$

$$\frac{\partial f}{\partial x} u + \frac{\partial f}{\partial y} v + \frac{\partial f}{\partial t} = 0$$

$$\frac{\partial f}{\partial x} u + \frac{\partial f}{\partial y} v = -\frac{\partial f}{\partial t} \text{ Warunek przepływu optycznego}$$

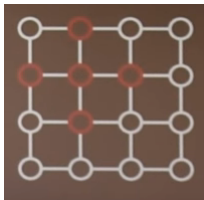
$$E_D(u, v) = \sum \left(\frac{\partial f}{\partial x} u + \frac{\partial f}{\partial y} v + \frac{\partial f}{\partial t} \right)^2$$

(film)

2 niewiadome, 1 równanie

Założenie przestrzennej spójności (warunek gładkości)

$$u_p = u_n, n \in G(p)$$



Założenie przestrzennej spójności (warunek gładkości)

$$u_p = u_n, n \in G(p)$$

$$\left(\frac{\partial u}{\partial x}\right)^2 + \left(\frac{\partial u}{\partial y}\right)^2 + \left(\frac{\partial v}{\partial x}\right)^2 + \left(\frac{\partial v}{\partial y}\right)^2$$

Założenie przestrzennej spójności (warunek gładkości)

$$u_p = u_n, n \in G(p)$$

$$\left(\frac{\partial u}{\partial x}\right)^2 + \left(\frac{\partial u}{\partial y}\right)^2 + \left(\frac{\partial v}{\partial x}\right)^2 + \left(\frac{\partial v}{\partial y}\right)^2$$

$$E_S(u, v) = \sum \left(\left(\frac{\partial u}{\partial x}\right)^2 + \left(\frac{\partial u}{\partial y}\right)^2 + \left(\frac{\partial v}{\partial x}\right)^2 + \left(\frac{\partial v}{\partial y}\right)^2 \right)$$

Założenie przestrzennej spójności (warunek gładkości)

$$u_p = u_n, n \in G(p)$$

$$\left(\frac{\partial u}{\partial x}\right)^2 + \left(\frac{\partial u}{\partial y}\right)^2 + \left(\frac{\partial v}{\partial x}\right)^2 + \left(\frac{\partial v}{\partial y}\right)^2$$

$$E_S(u, v) = \sum \left(\left(\frac{\partial u}{\partial x}\right)^2 + \left(\frac{\partial u}{\partial y}\right)^2 + \left(\frac{\partial v}{\partial x}\right)^2 + \left(\frac{\partial v}{\partial y}\right)^2 \right)$$

minimalizacja:

$$E(u, v) = E_{Data}(u, v) + \lambda E_{Smoothness}(u, v)$$

Podział obrazu na kwadraty wewnątrz jednej powierzchni

$$E_{LK}(u, v) = \sum w(x, y) (f(x + u, y + v, t + 1) - f(x, y, t))^2 =$$
$$\sum w(x, y) \left(\frac{\partial f}{\partial x} u + \frac{\partial f}{\partial y} v + \frac{\partial f}{\partial t} \right)^2 =$$

$w(x, y)$ - box lub gaussian filter

Podział obrazu na kwadraty wewnątrz jednej powierzchni

$$E_{LK}(u, v) = \sum w(x, y) (f(x + u, y + v, t + 1) - f(x, y, t))^2 =$$
$$\sum w(x, y) \left(\frac{\partial f}{\partial x} u + \frac{\partial f}{\partial y} v + \frac{\partial f}{\partial t} \right)^2 =$$

$w(x, y)$ - box lub gaussian filter

$$\frac{\partial f}{\partial x} u + \frac{\partial f}{\partial y} v = -\frac{\partial f}{\partial t}$$

$$\begin{bmatrix} \frac{\partial f_1}{\partial x} & \frac{\partial f_1}{\partial y} \\ \cdot & \cdot \\ \cdot & \cdot \\ \cdot & \cdot \\ \frac{\partial f_9}{\partial x} & \frac{\partial f_9}{\partial y} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} u \\ v \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} -\frac{\partial f_1}{\partial t} \\ \cdot \\ \cdot \\ \cdot \\ -\frac{\partial f_9}{\partial t} \end{bmatrix}$$

Podział obrazu na kwadraty wewnątrz jednej powierzchni

$$E_{LK}(u, v) = \sum w(x, y) (f(x + u, y + v, t + 1) - f(x, y, t))^2 =$$
$$\sum w(x, y) \left(\frac{\partial f}{\partial x} u + \frac{\partial f}{\partial y} v + \frac{\partial f}{\partial t} \right)^2 =$$

$w(x, y)$ - box lub gaussian filter

$$\frac{\partial f}{\partial x} u + \frac{\partial f}{\partial y} v = -\frac{\partial f}{\partial t}$$

$$\begin{bmatrix} \frac{\partial f_1}{\partial x} & \frac{\partial f_1}{\partial y} \\ \cdot & \cdot \\ \cdot & \cdot \\ \cdot & \cdot \\ \frac{\partial f_9}{\partial x} & \frac{\partial f_9}{\partial y} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} u \\ v \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} -\frac{\partial f_1}{\partial t} \\ \cdot \\ \cdot \\ \cdot \\ -\frac{\partial f_9}{\partial t} \end{bmatrix}$$

$$A\bar{w} = b$$

$$(A^T A)\bar{w} = A^T b \rightarrow$$
$$\rightarrow \bar{w} = (A^T A)^{-1} A^T b$$

Macierz autokorelacji $A^T A$ musi być odwracalna
jest nieosobliwa, jeśli obie wartości własne są duże - good features
to track Harris

Minimalizacja błędu średniokwadratowego:

$$\min |A\bar{w} - b|^2$$

- 1 Brightness constancy (Niezmienność jasności)

$$I(x + u, y + v, t + 1) = I(x, y, t)$$

- 1 Brightness constancy (Niezmiennność jasności)

$$I(x + u, y + v, t + 1) = I(x, y, t)$$

- 2 Spatial smoothness (Przestrzenna spójność)

1 Brightness constancy (Niezmienność jasności)

$$I(x + u, y + v, t + 1) = I(x, y, t)$$

2 Spatial smoothness (Przestrzenna spójność)

- Sąsiednie piksele prawdopodobnie należą do tej samej powierzchni (obiektu)
- Powierzchnie są spójne

1 Brightness constancy (Niezmienność jasności)

$$I(x + u, y + v, t + 1) = I(x, y, t)$$

2 Spatial smoothness (Przestrzenna spójność)

- Sąsiednie piksele
prawdopodobnie należą do tej
samej powierzchni (obiektu) \Rightarrow
- Powierzchnie są spójne

1 Brightness constancy (Niezmienność jasności)

$$I(x + u, y + v, t + 1) = I(x, y, t)$$

2 Spatial smoothness (Przestrzenna spójność)

- Sąsiednie piksele prawdopodobnie należą do tej samej powierzchni (obiektu) \Rightarrow Sąsiednie piksele mają podobny przepływ
- Powierzchnie są spójne

- 1 Brightness constancy (Niezmienność jasności)

$$I(x + u, y + v, t + 1) = I(x, y, t)$$

- 2 Spatial smoothness (Przestrzenna spójność)

- Sąsiednie piksele prawdopodobnie należą do tej samej powierzchni (obiektu) \Rightarrow Sąsiednie piksele mają podobny przepływ
- Powierzchnie są spójne

$$u_p = u_n, n \in G(p)$$

- 1 Brightness constancy (Niezmienność jasności)

$$I(x + u, y + v, t + 1) = I(x, y, t)$$

- 2 Spatial smoothness (Przestrzenna spójność)

- Sąsiednie piksele prawdopodobnie należą do tej samej powierzchni (obiektu) \Rightarrow Sąsiednie piksele mają podobny przepływ
- Powierzchnie są spójne

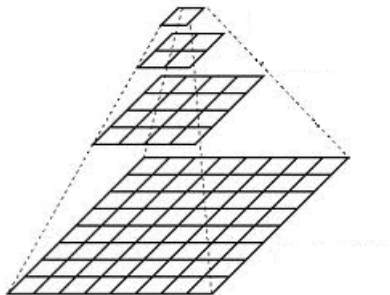
$$u_p = u_n, n \in G(p)$$

- 3 Niewielkie przesunięcia pomiędzy klatkami

1. Możliwe jest obliczenie pochodnej obrazu
2. Szereg Taylora pierwszego stopnia jest wystarczającym rozszerzeniem
3. Pole przepływu jest gładkie
4. Pierwsze pochodne obrazu są wystarczającym przybliżeniem
5. Kwadrat różnicy intensywności jako funkcja optymalizacyjna jest poprawna

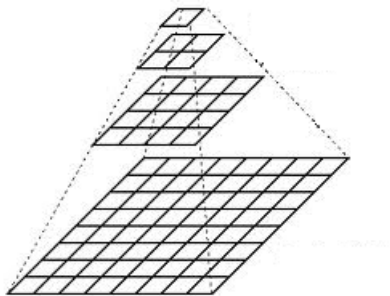
OF Lucas-Kanade z dekompozycją piramidalną

Bergen '92 - wygładzanie (uśrednianie f. Gaussa) i redukcja rozmiaru obrazu



OF Lucas-Kanade z dekompozycją piramidalną

Bergen '92 - wygładzanie (uśrednianie f. Gaussa) i redukcja rozmiaru obrazu



$$\frac{1}{16} \begin{bmatrix} 1 & 4 & 6 & 4 & 1 \\ 4 & 16 & 24 & 16 & 4 \\ 6 & 24 & 36 & 24 & 6 \\ 4 & 16 & 24 & 16 & 4 \\ 1 & 4 & 6 & 4 & 1 \end{bmatrix}$$

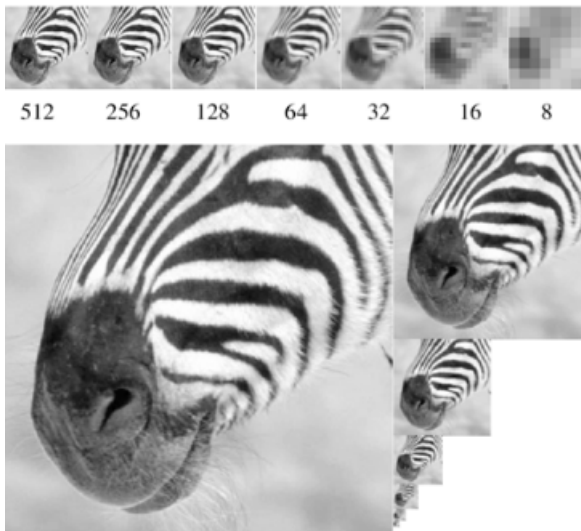
OF Lucas-Kanade z dekompozycją piramidalną

Low resolution

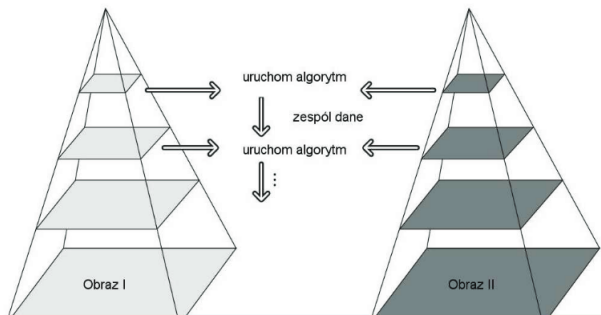


High resolution

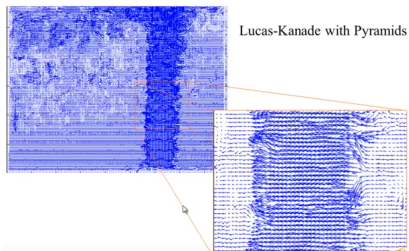
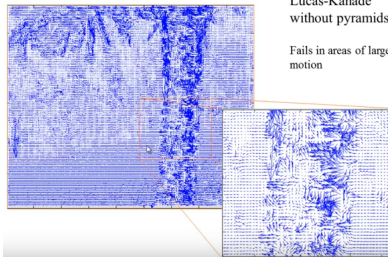
OF Lucas-Kanade z dekompozycją piramidalną



Piramidy gaussowskie:



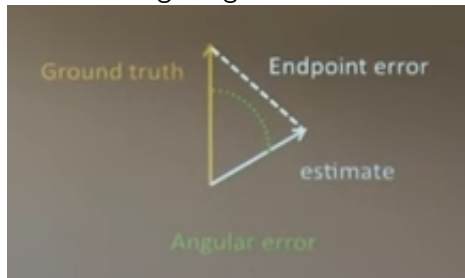
OF Lucas-Kanade z dekompozycją piramidalną



Parametry sprawdzania jakości obliczeń wektora

EPE - average endpoint error

AAE - average angular error

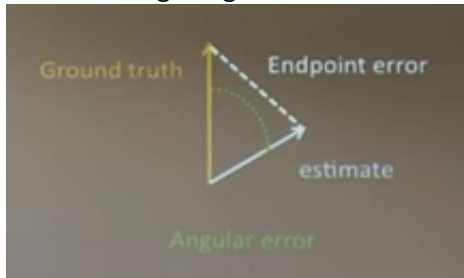


Michael Black, Machine Learning Summer School 2013 at the Max Planck Institute for Intelligent Systems, Tübingen, Germany

Parametry sprawdzania jakości obliczeń wektora

EPE - average endpoint error

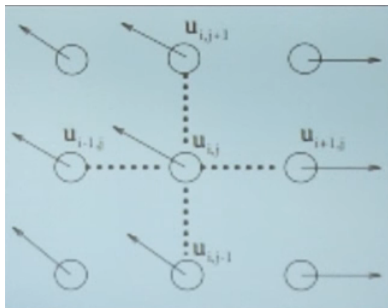
AAE - average angular error



Nie wiadomo jaka jest prawdziwa odpowiedź (pole) dla kropli deszczu, dymu, ognia, liści drzewa, flagi na wietrze.

Michael Black, Machine Learning Summer School 2013 at the Max Planck Institute for Intelligent Systems, Tübingen, Germany

Optical Flow - Ograniczenia



1 Krawędzie,

Optical Flow - Ograniczenia

- 1 Krawędzie,
- 2 Dużo założeń,

Optical Flow - Ograniczenia

- 1 Krawędzie,
- 2 Dużo założeń,
- 3 Małe obiekty poruszające się bardzo szybko (piramidy lukas kanade zmniejszają ruch, ale obiekt przestaje być widoczny),

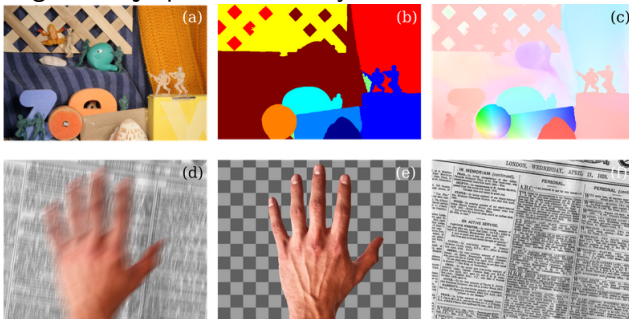
- 1 Krawędzie,
- 2 Dużo założeń,
- 3 Małe obiekty poruszające się bardzo szybko (piramidy lukas kanade zmniejszają ruch, ale obiekt przestaje być widoczny),
- 4 Brak analizy w dłuższym przedziale czasu - skupienie się na dwóch kolejnych klatkach,

- 1 Krawędzie,
- 2 Dużo założeń,
- 3 Małe obiekty poruszające się bardzo szybko (piramidy lukas kanade zmniejszają ruch, ale obiekt przestaje być widoczny),
- 4 Brak analizy w dłuższym przedziale czasu - skupienie się na dwóch kolejnych klatkach,
- 5 Przepływ tylko pikseli a nie całych powierzchni, złożone ruchy

- 1 Krawędzie,
- 2 Dużo założeń,
- 3 Małe obiekty poruszające się bardzo szybko (piramidy lukas kanade zmniejszają ruch, ale obiekt przestaje być widoczny),
- 4 Brak analizy w dłuższym przedziale czasu - skupienie się na dwóch kolejnych klatkach,
- 5 Przepływ tylko pikseli a nie całych powierzchni, złożone ruchy
- 6 Brak ground truth,

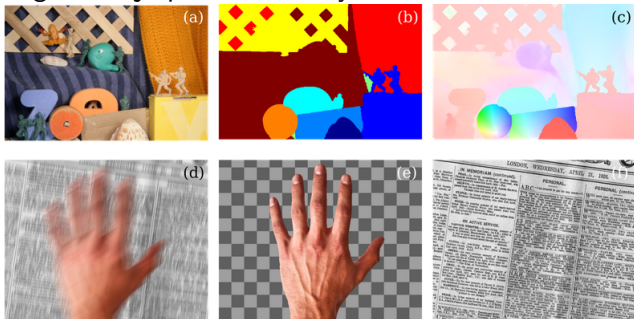
- 1 Krawędzie,
- 2 Dużo założeń,
- 3 Małe obiekty poruszające się bardzo szybko (piramidy lukas kanade zmniejszają ruch, ale obiekt przestaje być widoczny),
- 4 Brak analizy w dłuższym przedziale czasu - skupienie się na dwóch kolejnych klatkach,
- 5 Przepływ tylko pikseli a nie całych powierzchni, złożone ruchy
- 6 Brak ground truth,
- 7 Złożone obiekty - krople deszczu, dym, ogień, odbicia itp.

- Segmentacja przed OF - Layered model



Wulff, J., Black, M. J. *Modeling Blurred Video with Layers*, In *Computer Vision – ECCV 2014*

- Segmentacja przed OF - Layered model



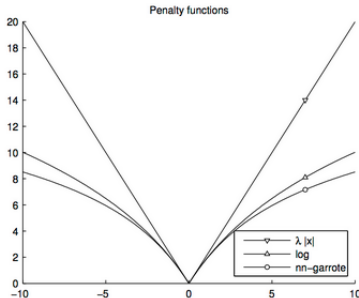
- Połączenie H-S i L-K:

$$E(u, v) = E_{LK}(u, v) + \lambda E_S(u, v)$$

Wulff, J., Black, M. J. Modeling Blurred Video with Layers, In Computer Vision – ECCV 2014

- Nie używanie warunku gładkości na krawędziach w oparciu o gradient koloru

- Nie używanie warunku gładkości na krawędziach w oparciu o gradient koloru
- Użycie innej funkcji kosztu:



- Idea H-S była dobra, zła implementacja, założenia wymagają poprawy,
- Poprawione założenia, modele oraz technologia - obiecujące wyniki,
- Problem jeszcze nie do końca rozwiązany (poprawnie zdefiniowany),
- OF jest bardzo użyteczny i wciąż ma nowe zastosowania.

Termin testu - 9 kwiecień g. 8.15, s. NE 238

Zakres materiału:

- zmienne i typy,
- macierze, listy, słowniki,
- pętle i instrukcje warunkowe,
- procedury (funkcje) i moduły,
- obsługa plików,
- wyjątki,
- programowanie obiektowe (klasy, zmienne w klasach, self, dziedziczenie).