

# Zpracování digitalizovaného obrazu (ZDO) - Analýza pohybu Úvod

Ing. Zdeněk Krňoul, Ph.D.

Katedra Kybernetiky  
Fakulta aplikovaných věd  
Západočeská univerzita v Plzni

Podpořeno: ESF projekt Západočeské univerzity v Plzni  
reg. č. CZ.02.2.69/0.0/0.0/16\_015/0002287



EVROPSKÁ UNIE  
Evropské strukturální a investiční fondy  
Operační program Výzkum, vývoj a vzdělávání



MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ,  
MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY

DEPARTMENT OF  
CYBERNETICS



- | ROZDÍLOVÉ METODY ANALÝZY POHYBU
- | OPTICKÝ TOK
- | ANALÝZA POHYBU NA ZÁKLADĚ DETEKCE VÝZNAMNÝCH BODŮ
- | FREKVENČNÍ PŘÍSTUP



# Problém analýzy pohybu z pohledu počítačového vidění:

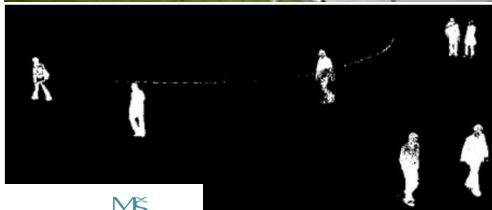
- | Estimace pohybového pole ze sekvence obrázků
- | Estimace 3D vlastností objektů ze sekvence obrázků pohybující se scény
- | Ego-motion estimace, tj. odhad 3D pohybu kamery ve vztahu se statickou scénou



# ROZDÍLOVÉ METODY ANALÝZY POHYBU

Rozdílový obraz: získáváme binární obraz  $d$

$$d(i;j) = \begin{cases} 0 & \text{pro } |f(i;j;t) - f(i;j;t + dt)| < e \\ 1 & \text{jinak} \end{cases} \quad (1)$$



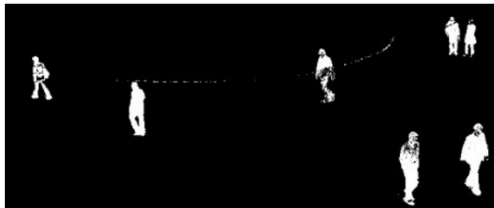
EVROPSKÁ UNIE  
Evropské strukturální a investiční fondy  
Operační program Výzkum, vývoj a vzdělávání



MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ,  
MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY

DEPARTMENT OF  
CYBERNETICS





Příčiny, které způsobují hodnotu 1 v rozdílovém obrazu:

- |  $f(i,j)$  byl v čase  $t$  prvkem pozadí a v čase  $t + dt$  je prvkem pohybujícího se objektu (nebo naopak)
- |  $f(i,j)$  byl v čase  $t$  prvkem pohybujícího se objektu a v čase  $t + dt$  je prvkem jiného pohybujícího se objektu
- |  $f(i,j)$  byl v čase  $t$  i v čase  $t + dt$  prvkem téhož pohybujícího se objektu, ale v místech s různým jasem
- | vlivem přítomnosti šumu se budou vyskytovat nesprávné detekované body s hodnotou 1



Akumulativní rozdílový obraz: získáváme intenzitní obraz  $d_{akum}$

$$d_{akum}(i;j) = \sum_{t=1}^T a_t \cdot jf(i;j;t_0) \cdot f(i;j;t) \quad (2)$$

- | kde  $f(i;j;t_0)$  je referenční obraz
- |  $f(i;j;t)$  je posloupnost následujících obrázků
- |  $a_t$  jsou váhové koeficienty označující významnost jednotlivých obrazů posloupnosti

*pozn. Referenční obraz { obraz zpracovávane sceny, který obsahuje pouze stacionární objekty. Pokud je pohyb na scéně nepřetržitý, lze z každého referenčního obrazu tak, že nahradíme oblasti odpovídající pohybu s m se objektem odpovídajícími oblastmi z jiných snímků.*



# Adaptive Background Subtraction

- | metoda řeší problém s určením referenčního snímku (často snímku pozadí bez pohybujících se objektů)
- | v reálných podmínkách vznikají související problémy s pozadím jako takovým - např. osvětlení (stmívání) malá změna pozadí způsobená malým pohybem kamery (třes) aj.
- | existuje několik algoritmů pro adaptivní odečtení pozadí

## Adaptive background mixture model (r.2001):

- | každý pixel pozadí je modelován gausovskou směsí ( $K = 3:5$ )
- | váhy této směsi určují poměry času s jakým daný jas ve scéně "pobývá"
- | pravděpodobné intenzity v daném místě jsou současně intenzitami pozadí - tj. jsou ve scéně nejdéle a jsou tedy nejstabilnější



# Optický tok - Optical Flow

- | optický tok zkoumá vlastnosti jasů po sobě jdoucích obrázků dané scény v čase
- | výpočet optického toku je nutným předpokladem zpracování vyšší úrovně, které umožňuje pracovat se **statickým i pohyblivým um stěn m pozorovatele** a určit **parametry pohybu**, relativní **vzdalenosti predmetu** v obraze apod.
- | optický tok vstupuje je přibližně na úrovni segmentace obrazu
- | pozornost je zaměřena na pohybující se objekty (nebo kameru)





- | optický tok je **pole**  $2D$  vektorů, kde každý vektor ukazuje posunutí bodu (pixelu) z daného snímku na snímek následující
- | jde o dvojrozměrný vektor rychlosti, protože vypovídá o směru a velikosti rychlosti pohybu v daném místě obrazu

### Předpoklady funkčnosti:

1. intenzita (barva) objektů (pixelů) se zásadně nemění v následujícím snímku
2. sousedící pixely sdílí podobný pohyb



- | předpokládejme intenzitní funkci  $f(x; y)$  a intenzitu pixelu  $I(x; y; t)$  v daném snímku v čase  $t$
- | intenzita pixelu na pozici  $(x; y)$  se posune na následující snímek o  $(dx; dy)$  za čas  $dt$
- | předpokládejme, že intenzita tohoto pixelu je stejná, pak platí:

$$I(x; y; t) = I(x + dx; y + dy; t + dt) \quad (3)$$

- | pak aproximace taylorovým rozvojem získáme rovnici optického toku:

$$f_x u + f_y v + f_t = 0 \quad (4)$$

kde

$$\begin{aligned} f_x &= \frac{\partial f}{\partial x} & ; & & f_y &= \frac{\partial f}{\partial y} \\ u &= \frac{dx}{dt} & ; & & v &= \frac{dy}{dt} \end{aligned} \quad (5)$$

- |  $f_t$  je gradient v čase a  $u; v$  jsou neznámé hodnoty
- | problém je, že máme dvě neznámé a jen jednu rovnici



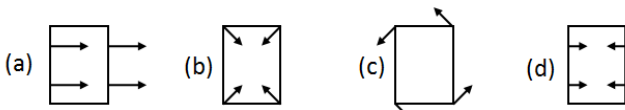
- | jedno z možných řešení je právě předpoklad společného pohybu sousedících pixelů
- | metoda Lukas-Kanade uvažuje blok  $3 \times 3$ , který sdílí stejný pohyb
- | pak máme přeúřčenou soustavu: 9 rovnic a 2 neznámé
- | řešení s nejmenší chybou získáme metodou nejmenších čtverců
- | výpočet je úspěšný v případě malého pohybu
- | problém je, co pak s velkým pohybem mezi sousedícími snímky?
- | řešením je pyramidové vyjádření těchto snímků
  - | postupné zmenšování obrázků způsobuje, že se z velkých pohybů stávají malé pohyby
  - | a malé pohyby se postupně ztrácejí
- | řešíme Lukas-Kanade metodu pro každou pyramidu zvlášť'



- | řídký optický tok: sledujeme pohyb pouze vybraných bodů
- | hustý optický tok: každému pixelu obrazu odpovídá vektor rychlosti

Druhy pohybu lze popsat kombinací čtyř základních pohybů:

- translační pohyb v rovině kolmé na osu pohledu;
- translace do dálky;
- rotace kolem osy pohled;
- rotace kolmá na osu pohledu.



Využití optického toku:

- | Object Tracking
- | Structure From Motion
- | Video Compression
- | Video Stabilization



EVROPSKÁ UNIE  
Evropské strukturální a investiční fondy  
Operační program Výzkum, vývoj a vzdělávání



MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ,  
MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY

DEPARTMENT OF  
CYBERNETICS



# ANALÝZA POHYBU NA ZÁKLADĚ DETEKCE VÝZNAMNÝCH BODŮ

Cíl: řešit problém vzájemné **korespondence** sobě odpovídajících částí objektů v různých okamžicích pohybu

- | V prvním kroku je nalezení významných bodů
- | nejlépe, které jsou co nejméně podobné svému okolí – vrcholy, hranice objektů apod.
- | často se použije nějaký detektor rohů
- | dále hledáme pomocí **postupu srovnávan** korespondence významných bodů **v po sobe jdouc ch obrazech**
- | výsledkem je postupné vytvoření rychlostního pole těchto bodů

Moravcův operátor: (r.1980)

- | je jedním z nejstarších detektorů rohů

$$g(i;j) = \frac{1}{8} \begin{matrix} \times^1 & \times^1 \\ =i & 1 \end{matrix} \begin{matrix} \times^1 & \times^1 \\ =j & 1 \end{matrix} f(i;j) \quad f(k;l)j \quad (6)$$



## Vzájemná korespondence:

1. určením všech potenciálních korespondencí mezi dvojicemi významných bodů dvou po sobě jdoucích obrazů
  2. každá dvojice je ohodnocena jistou pravděpodobností udávající věrohodnost jejich korespondence
  3. pravděpodobnosti jsou iterativně zpřesňovány na základě principu společného pohybu (přes více snímků)
  4. iterační proces skončíme tehdy, když pro každý významný bod z jednoho obrazu existuje právě jeden odpovídající významný bod z následujícího obrazu
- | bereme v úvahu předpoklad maximální rychlosti
  - | do nalezení korespondence je také důležitá konzistence dvojic bodů, tzn. minimální rozdíl rychlosti pohybu těchto bodů



Cíl: Estimace pohybu mezi dvěma snímky

- | založeno na frekvenčním spektru
- | spočtu 2D diskretní fourierovu transformaci
- |  $G_a = Fff(i;j;t)g$  a  $G_b = Fff(i;j;t + dt)g$

$$R = \frac{G_a}{jG_a} \frac{G_b}{G_b} \quad (7)$$

- | inverzní transformace  $r = F^{-1}fRg$



- | a posun je získán jako  $(\Delta x \Delta y) = \arg \max_{(x,y)}(r)$
- | princip vychází z cross correlation technik
- | obecně robustní k šumu, překryvům apod. (lékařské, satelitní snímky)
- | možné rozšíření o rotaci a měřítko (logaritmické polární souřadnice)

