

Zpracování digitalizovaného obrazu (ZDO) - Analýza pohybu Úvod

Ing. Zdeněk Krňoul, Ph.D.

Katedra Kybernetiky
Fakulta aplikovaných věd
Západočeská univerzita v Plzni



- ▶ 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

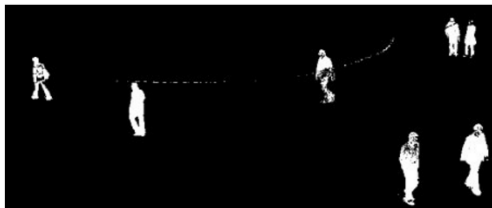


ROZDÍLOVÉ METODY ANALÝZY POHYBU

Rozdílový obraz: získáváme binární obraz d

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





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}

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

- ▶ 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 zpracovávané scény, který obsahuje pouze stacionární objekty. Pokud je pohyb na scéně nepřetržitý, lze získat referenční obraz tak, že nahradíme oblasti odpovídající pohybujícím se objektům odpovídajícími oblastmi z jiných snímků.

Adaptive Background Subtraction

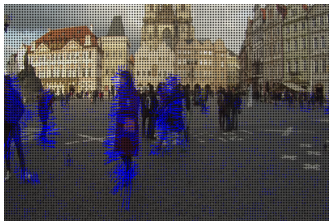
- ▶ metoda řeší problém s určením referenčního snímku (často snímku pozadí bez pohybujících se objektů)
- ▶ v reálných podmínkách vznikají související problémy s pozadím jako takovým - např. osvětlení (stmívání) malá změna pozadí způsobená malým pohybem kamery (třes) aj.
- ▶ existuje několik algoritmů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

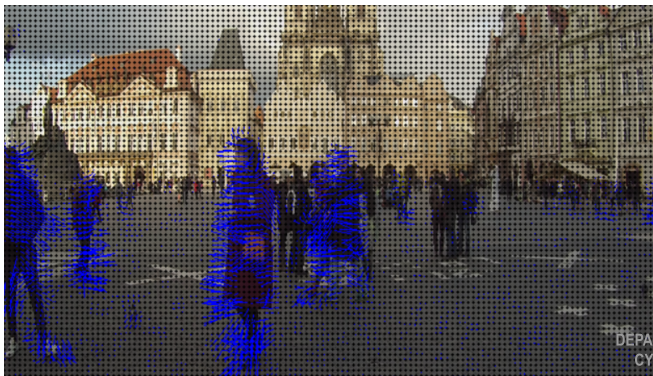
- ▶ optický tok zkoumá vlastnosti jasů po sobě jdoucích obrázků dané scény v čase
- ▶ výpočet optického toku je nutným předpokladem zpracování vyšší úrovně, které umožňuje pracovat se **statickým i pohyblivým umístěním pozorovatele** a určit **parametry pohybu**, relativní **vzdálenosti předmětů** v 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

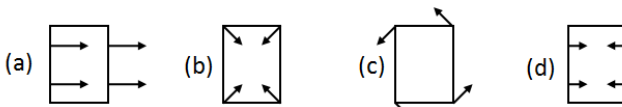
- ▶ jedno z možných řešení je právě předpoklad společného pohybu sousedících pixelů
- ▶ metoda Lukas-Kanade uvažuje blok 3×3 , který sdílí stejný pohyb
- ▶ pak máme přeúřčenou soustavu: 9 rovnic a 2 neznámé
- ▶ řešení s nejmenší chybou získáme metodou nejmenších čtverců
- ▶ výpočet je úspěšný v případě 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:

- (a) translační pohyb v rovině kolmé na osu pohledu;
- (b) translace do dálky;
- (c) rotace kolem osy pohledu;
- (d) rotace kolmá na osu pohledu.



Využití optického toku:

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

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 **postupů srovnávání** korespondence významných bodů **v po sobě jdoucích obrazech**
- ▶ výsledkem je postupné vytvoření rychlostního pole těchto bodů

Moravcův operátor: (r.1980)

- ▶ je jedním z nejstarších detektorů rohů

$$g(i,j) = \frac{1}{8} \sum_{k=i-1}^{i+1} \sum_{l=j-1}^{j+1} |f(i,j) - f(k,l)| \quad (6)$$



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 diskrétní fourierovu transformaci
- ▶ $G_a = \mathcal{F}\{f(i, j, t)\}$ a $G_b = \mathcal{F}\{f(i, j, t + dt)\}$

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

- ▶ inverzní transformace $r = \mathcal{F}^{-1}\{R\}$

- ▶ 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)

