

Detekcia a sledovanie objektov (1)

Ladislav Jurišica, Peter Hubinský, Juraj Knot

Oblasť spracovania obrazu je široká, rozmanitá a zahŕňa množstvo metód a postupov. Článok je venovaný oblasti dynamického spracovania obrazu a jej metódam. Ponúka ucelený prehľad a stručný opis jednoduchých algoritmov, ktoré sa využívajú na prvotnú detekciu pohybu na snímanej scéne, ako aj zložitejších metód na opis a sledovanie pohybujúcich sa objektov v obraze.

Úlohy detekcie a sledovania objektov

Obsah každého obrazu, či už je to samostatný statický obrázok alebo snímka vo videosekvencii, možno rozdeliť na niekoľko hierarchicky usporiadaných úrovní abstrakcie. Prvú, najnižšiu úroveň tvoria pixely, základ každého obrazu, ktoré predstavujú informáciu o jase alebo farbe. Ďalšia úroveň sa zaoberá znakmi alebo vlastnosťami, ako sú hrany, rohy, čiary, krivky a farebné oblasti v rámci daného obrazu. Vyššia úroveň abstrakcie kombinuje a interpretuje tieto znaky ako objekty a k nim prislúchajúce atribúty. Na najvyššej úrovni sa využívajú koncepty spracovania a abstrakcie obrazu podobné ľudskému vnímaniu, ktoré spájajú jeden alebo viac objektov a definujú vzťahy medzi týmito objektmi. Detekcia objektu vo videosekvencii zahŕňa určenie výskytu daného objektu v postupnosti snímok, ako aj čo najpresnejšie určenie jeho polohy pre ďalší proces rozpoznávania. Princípom sledovania objektu je potom detekcia zmien jeho polohy, veľkosti, tvaru a podobne v priestore a čase v rámci sekvencie snímok. Tento problém možno rozdeliť na dva čiastkové. Je to problém určenia časových závislostí a problém hľadania zhody cieľového regiónu v rámci danej postupnosti snímok. Tieto dva problémy sú úzko späté, pretože sledovanie obvyčajne začína detekciou objektu, pričom je často potrebné objekt detegovať aj v rámci čiastkových sekvencií snímok, aby sa zabezpečila odolnosť procesu sledovania objektu.

Využitie v praxi

Detekcia a sledovanie objektov nachádza široké uplatnenie v aplikáciách počítačového videnia, ako sú kompresia videa, priemyselná televízia, riadenie na základe vizuálnej informácie, medicínska informatika, robotika a mnohé ďalšie. Okrem toho je vstupom pre vyššie úrovne spracovania a porozumenia obrazu, ako sú 3D rekonštrukcia a reprezentácia objektov.

Úlohy budúcnosti

Aj keď sú detekcia a sledovanie objektov predmetom štúdia a výskumu už niekoľko rokov, stále zostávajú otvoreným vedeckým problémom. Odolný, presný a rýchly prístup k detekcii a sledovaniu objektov je dnes ešte stále výzvou. Náročnosť úlohy závisí od definície objektu, ktorý chceme detegovať a sledovať. Ak je objekt reprezentovaný iba niekoľkými vizuálnymi vlastnosťami, ako je napríklad farba, detekcia objektu nie je zložitá. Na druhej strane napríklad detekcia tváre človeka predstavuje komplexný a zložitý problém detekcie, rozpoznania a sledovania, pretože obsahuje množstvo perceptívnych detailov a interferujúcich informácií, ako sú napríklad rôzne výrazy tváre, zmeny osvetlenia a podobne. Veľkým problémom sú aj zmeny tvaru objektu v rámci sekvencie snímok. Vlastnosti objektu pohybujúceho sa na scéne kamery sa tiež môžu dramaticky meniť.

V princípe možno opísať tri zdroje zmien vlastností objektu. Je to jednak deformácia alebo zmena pózy objektu, ďalej zmena osvetlenia scény a poslednou je čiastočné alebo úplné prekrytie objektov [25].

Vo všeobecnosti poznáme dva zdroje informácií, ktoré možno využiť na detekciu a sledovanie objektov. Sú to vizuálne vlastnosti (farba, textúra, tvar) a informácia o pohybe. Kombinácia štatistickej analýzy vizuálnych vlastností a časovo závislej informácie o pohybe vedie k odolnejším a presnejším algoritmom. Typickou stratégiou je segmentácia snímky na základe jasovej alebo farebnej informácie a následné priradenie vektorov pohybu týmto regiónom na základe určitých kritérií, ako napríklad susedstvo. V literatúre sa nachádza množstvo rôznych prístupov k tejto problematike, väčšina z nich využíva kombináciu viacerých techník a algoritmov. Ich využitie je široké, prenikajú do množstva oblastí a väčšinou ide o riešenia konkrétnych problémov v danej oblasti. Preto je veľmi ťažké zatriediť jednotlivé prístupy do všeobecných kategórií. V nasledujúcom texte predstavíme jednotlivé prístupy podrobnejšie.

Metódy detekcie a sledovania objektov

Detekcia objektov na základe ich výrazných znakov

Predpokladom detekcie objektov touto metódou je vhodná voľba znakov a následne ich extrakcia. Na základe extrahovaných znakov možno určiť oblasti záujmu v obraze. Potom môžeme problém detekcie a rozpoznania objektov transformovať na problém hľadania podobnosti grafov.

Detekcia na základe tvaru

Detekcia na základe tvaru je pre komplikovanú segmentáciu objektov v obraze problematická. Aby bolo možné detegovať a určiť hranicu objektu, treba obraz pedspracovať. Algoritmus pedspracovania, respektíve výber vhodného filtra závisí od konkrétnej aplikácie. Rôzne typy objektov vyžadujú použitie rôznych filtrov. Pre komplexnejšie scény treba aplikovať aj algoritmy potlačenia šumu a transformácie invariantné voči natočeniu a zmene mierky. Keď je objekt detegovaný a lokalizovaný, možno opísať jeho hranice pomocou algoritmov detekcie hrán alebo algoritmov sledovania hranice. Pre komplexnejšie scény je detekcia a opis hranice zložitejší, keďže objekty sa môžu prekryvať [23], [24].

Detekcia na základe farebnej informácie

Informácia o farbe zostáva na rozdiel od ostatných vlastností (tvar a podobne) relatívne konštantná aj v prípade zmien mierky. Aj keď informácia o farbe nie je vždy primeraným kritériom pri detekcii objektov a ich sledovaní, výpočtová nenáročnosť takýchto algoritmov umožňuje túto informáciu vo vhodnom prípade využiť [20]. V [21] Grove a Baker opisujú algoritmus detekcie a sledovania vozidiel alebo chodcov na základe farebného histogramu. Na základe Gaussovského modelu určili distribučnú funkciu rozdelenia farebnej informácie v rámci sekvencie snímok a segmentovali obraz na pozadie a objekty. Fieguth v [22] dosiahol sledovanie tvárí v reálnom čase v plnom rozlíšení využitím takzvaných farebných stôp. Táto jednoduchá metóda je založená na sledovaní regiónov s podobnou farbou v sekvencii snímok. Jednotlivé regióny sú charakterizované vektorom farby, ktorý predstavuje priemer farebných hodnôt pixelov v rámci tohto regiónu.

Detekcia objektov na základe porovnávania so vzorom

Ak je k dispozícii vzor, ktorý opisuje špecifický objekt, proces detekcie objektu je založený na porovnávaní vlastností vzoru a obrazu v rámci postupnosti snímok v obraze. Detekcia objektov na základe presnej zhody so vzorom je výpočtovo náročná. Kvalita a presnosť zhody závisí od detailov a presnosti vzoru. Porovnanie so vzorom možno rozdeliť na dve časti.

Porovnanie na základe pevných vzorov

Pevné vzory sú vhodné, ak sa tvar objektu nemení v závislosti od daného uhla snímania kamery. Rozlišujú sa dve techniky porovnávania.

Rozdielový obraz. Pri tejto technike je pozícia vzoru v obraze určená minimalizáciou funkcie vzdialenosti medzi vzorom a jeho rôznymi polohami v obraze. Hoci je metóda rozdielového obrazu menej výpočtovo náročná ako ďalej opísaná korelačná metóda, jej použitie je vhodné len v určitých špecifických podmienkach, kde sa vlastnosti obrazu, ako intenzita jasu a uhol pohľadu medzi vzorom a postupnosťou snímok, ktoré tento vzor obsahujú, nemení.

Korelácia. Metóda je založená na hľadaní maxima korelačnej funkcie medzi vzorom a obrazom, ktoré predstavuje najlepšiu zhodu. Táto technika je vo všeobecnosti odolná voči šumu a zmenám intenzity osvetlenia, je však výpočtovo náročná. Náročnosť sa dá čiastočne znížiť výberom vhodných bodov v rámci vzoru, ktoré budú vstupovať do algoritmu korelácie [19].

Porovnanie na základe deformovateľných vzorov

Táto metóda je vhodná pre prípady, kde dochádza počas pohybu k deformáciám. Môžu to byť jednak deformácie samotného objektu alebo deformácie spôsobené zmenou pózy objektu vzhľadom na kameru. Väčšina snímaných objektov sa deformuje, preto je využitie deformovateľných modelov pri úlohách sledovania častejšie. Pri tomto prístupe je vzor reprezentovaný ako bitmapa, opisujúca kontúry/hrany objektu. Prototyp kontúry sa na základe transformácie deformuje a prispôbuje význačným hranám objektu vo vstupnom obraze. Definuje sa účelová funkcia s parametrami, ktoré transformujú tvar kontúry. Hranica objektu sa potom určí minimalizáciou účelovej funkcie iteratívnou zmenou jej parametrov [18]. Najčastejšie využitie metódy deformovateľných vzorov je detekcia pohybu objektov na scéne kamery, ktorá je opísaná v nasledujúcom texte [10], [9].

Detekcia pohybu

Detekcia pohybujúcich sa predmetov má obrovský význam pri detekcii a sledovaní objektov a jej výskumu sa v posledných desiatich rokoch venovalo množstvo úsilia. Porovnaním s detekciou objektov v statickom obraze je komplikovanejšia pre problémy vyplývajúce zo zmien objektov v časovej oblasti, na druhej strane však poskytuje ďalšiu informáciu pri detekcii a sledovaní. Na detekciu pohybu bolo vyvinutých množstvo algoritmov, ktoré možno zhruba zaradiť do týchto kategórií.

Prahovanie rozdielového obrazu. Tieto metódy sú založené na detekcii zmien na úrovni pixelov alebo blokov pixelov medzi po sebe idúcimi snímkami. Výsledkom je binárna mapa, ktorá vznikne na základe prahovania týchto zmien a klasifikuje v obraze statické a pohybujúce sa oblasti [17].

Štatistické testy. Tieto testy predpokladajú, že detekcia zmien medzi snímkami je ekvivalentná detekcii pohybu [16]. Tento predpoklad je však použiteľný len v prípade veľkých posunutí, zlyháva však v prípade pohybujúcich sa objektov, ktoré si zachovávajú homogenitu. Použitie masiek a filtrov na detekciu zmien zvyšuje efektívnosť týchto algoritmov najmä vtedy, keď je a priori známa veľkosť pohybujúcich sa predmetov. Na základe tejto informácie potom možno definovať veľkosť a typ masky na detekciu.

Globálne energetické štruktúry. Problém detekcie pohybu je formulovaný ako minimalizácia účelovej funkcie a na jeho riešenie sa využívajú stochastické alebo deterministické relaxačné algoritmy. V tomto smere sa často používa metóda Markovových náhodných polí [7]. Detekcia pohybu sa potom mení na štatistický problém. Tieto metódy sú odolné a vedú k spoľahlivým výsledkom, sú však výpočtovo náročné.

Literatúra

(vybrané tituly)

[7] PARAGIOS, N., TZIRITAS, G.: Adaptive Detection and Localization of Moving Objects in Image Sequences. *Signal Processing: Image Comm.*, vol. 14, pp. 277 – 296, 1999.

[9] SCLAROFF, S., LIFENG LIU: Deformable Shape Detection and Description via Model-Based Region Grouping. *IEEE transactions on pattern analysis and machine intelligence*, vol. 23, no. 5, pp. 475 – 489, May 2001.

[10] YU ZHONG, ANIL K. JAIN, M. P. DUBUISSON-JOLLY: Object Tracking Using Deformable Templates. *IEEE transactions on pattern analysis and machine intelligence*, vol. 22, no. 5, pp. 544 – 549, May 2000.

[16] NAGEL, H. H., SOCHER, G., KOLLNIG, H., OTTE, M.: Motion Boundary Detection in Image Sequences by Local Stochastic Tests. *Proc. European Conf. Computer Vision*, vol. II, pp. 305 – 315, 1994.

[17] DIEHL, N.: Object-Oriented Motion Estimation and Segmentation in Image Sequences. *IEEE Trans. Image Processing*, vol. 3, pp. 1 901 – 1 904, Feb. 1990.

[18] JAIN, A. K., ZHONG, Y., LAKSHMANAN, S.: Object Matching Using Deformable Templates. *IEEE Trans. Pattern Analysis and Machine Intelligence*, vol. 18, no. 3, pp. 267 – 278, Mar. 1996.

[19] KRATTENTHALER, W., MAYER, K. J., ZEILLER, M.: Point Correlation: A Reduced-Cost Template Matching Technique. *Proc. ICIP*, pp. 208 – 212, 1994.

[20] VINOD, V. V., HIROSHI MURASE: Video Shot Analysis using Efficient Multiple Object Tracking. 1997 IEEE.

[21] GROVE, T. D., BAKER, K. D., TAN, T. N.: Color based object tracking. 14th International Conference on Pattern Recognition (CV41).

[22] FIEGUTH, P.: Color-Based Tracking of Heads and Other Mobile Objects at Video Frame Rates. *Proceedings of the 1997 Conference on Computer Vision and Pattern Recognition (CVPR '97)*.

[23] FALOUTSOS, C., BARBER, R., FLICKNER, M., HAFNER, J., NIBLACK, W., PETKOVIC, D., EQUITZ, W.: Efficient and Effective Querying by Image Content. *J. Intelligent Information Systems*, vol. 3, no. 1, pp. 231 – 262, 1994.

[24] PENTLAND, A., PICARD, R., SCLAROFF, S.: Photobook: Tools for Content-Based Manipulation of Image Databases. *Storage and Retrieval of Image and Video Databases II*, Paper No. 2185-05, San Jose, Calif., pp. 34 – 47, SPIE, Feb. 1994.

[25] HAGER, G. D., BELHUMEUR, P. N.: Efficient Region Tracking With Parametric Models of Geometry and Illumination. *IEEE transactions on pattern analysis and machine intelligence*, vol. 20, no. 10, pp. 1 025 – 1 039, October 1998.

Pokračovanie v budúcom čísle.

prof. Ing. Ladislav Jurišica, PhD.
doc. Ing. Peter Hubinský, PhD.

38

KAR FEI STU Bratislava
Tel.: 02/60 29 13 51
e-mail: ladislav.juristica@stuba.sk

Ing. Juraj Knot

Multitron Elektronik GmbH u. Co. KG
D-71364 Winnenden, Germany