

Radka Pospíšilová

KRITICKÉ KONFIGURACE PRO VÝPOČET GEOMETRIE KAMERY

Abstrakt

Príspevek popisuje situace, kdy není možné provést rekonstrukci prostorové scény a autokalibraci kamery z jednotlivých projekcí nebo kdy nelze rozhodnout, která z několika možných rekonstrukcí je správná. Dále pak rozebírá způsoby jak tyto problémy řešit.

Klíčová slova

rekonstrukce scény, kalibrace kamery

1 Úvod

V případě, kdy se neznámá kamera volně pohybuje okolo scény a máme k dispozici dostatečně mnoho (alespoň několik málo desítek) fotografií, je možné spočítat prostorové souřadnice pozorovaného objektu a rekonstruovat jeho povrch. To je možné provést plně automaticky (tedy bez jakýchkoli zásahů uživatele) a není ani nutné znát parametry kamery nebo scény.

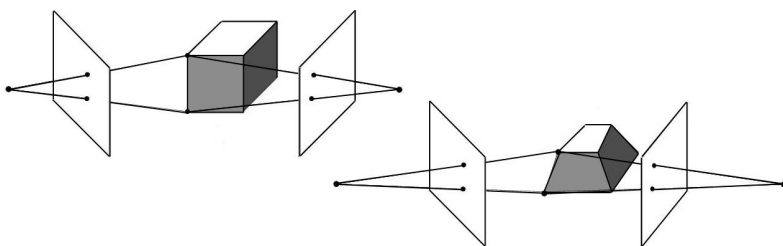
Často se ale stává, že rekonstrukci ani autokalibraci (výpočet vnitřních parametrů kamery) není možné provést nebo je výsledek nepřesný. Problémy také vznikají, pokud existuje více než jedno přípustné řešení. Pak není možné rozhodnout, která z přípustných rekonstrukcí je správná.

2 Rekonstrukce scény

Jestliže máme k dispozici dostatečné množství fotografií scény a nalezneme na nich korespondující body (projekce téhož 3D bodu na různých fotografiích), můžeme pak z promítnutých bodů spočítat pozici bodu v 3D prostoru. Je tedy možné bez dalších informací o scéně nebo kameře získat rekonstrukci povrchu snímaného objektu. Bližší informace možno nalézt např. v [1], [2].

Pro získání 3D souřadnic scény je nutné znát nebo spočítat souřadnice kamery (pozice a orientace) a její geometrii. Geometrií kamery se rozumí její vnitřní parametry – tj. ohnisková vzdálenost (vzdálenost průmětny a středu projekce), hlavní bod (místo, kde optická osa protíná průmětnu), poměr šířky a výšky pixelů a míra skosení pixelů (u reálných kamer jsou pixely kolmé nebo téměř kolmé, proto se tato hodnota často zanedbává a skosení se předpokládá nulové).

Jestliže při výpočtu bodů v prostoru jsou známy vnitřní parametry kamery, pak získáme přímo rekonstrukci v metrickém prostoru. To znamená, že rekonstrukce je určena jednoznačně až na měřítko – absolutní velikosti scény není možné zjistit. V případě, že geometrii kamery není možné spočítat, bude výsledná rekonstrukce určena pouze v projektivním prostoru. To znamená jednoznačně až na libovolnou projektivní transformaci. Pokud jsou známy vnitřní parametry kamery, pak je možné z projektivního modelu získat model metrický. A naopak pokud máme metrický model scény, snadno spočítáme vnitřní parametry kamery.



Obrázek 1: Dvě možné rekonstrukce krychle, při neznámé ohniskové vzdálenosti kamery.

Problémy při rekonstrukci

Přestože teoreticky k rekonstrukci scény a autokalibraci stačí pouze soubor fotografií, často se stává, že rekonstrukci scény ani výpočet geometrie kamery nelze provést, nebo je výsledek velmi nepřesný. Problémy také vznikají, pokud existuje několik možných řešení a není možné rozhodnout, které z nich je správné. To může být způsobeno několika faktory:

Velké posunutí nebo rotace kamery mezi pohledy

K problémům často dochází, pokud je příliš velké posunutí či rotace kamery mezi pohledy a také málo dostupných fotografií scény. V tomto případě při výpočtu získáme poměrně přesně geometrii kamery a také přesnou pozici některých bodů v prostoru. Pokud ale není rekonstruovaný objekt "dostatečně konvexní", nezískáme souřadnice bodů a ploch, které jsou vidět jen jednou kamerou nebo vůbec, takže výsledný 3D model scény bude dost "děravý". Nezbyvá než výsledek alespoň trochu vizuálně vylepšit a interpolací doplnit chybějící místa.

Nemožnost rozpoznat korespondující body

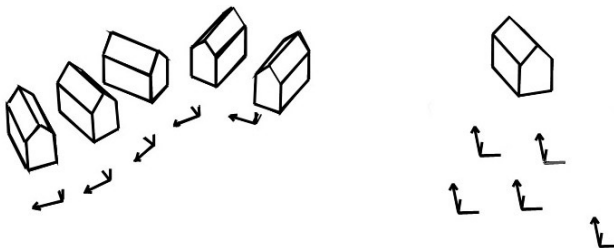
Pokud nelze rozpoznat korespondující body (přímky, křivky) v obrazech, pak není možné spočítat vztah mezi fotografiemi a pohyb kamery při snímání scény. K tomu dochází především pokud scéna neobsahuje žádné význačné body (rohy, hrany, ...). Někdy je naopak těchto bodů dostatek, ale jsou si všechny vzájemně podobné. Po rotaci a posunutí kamery pak nejde rozpoznat, které body jsou korespondující. Příkladem takové scény může být například nějaká rostlinka – jak poznat, který list je který?

Nedostatečně obecný pohyb kamery

Dalším problémem může být nedostatečně obecný pohyb kamery. V těchto případech nelze získat metrickou rekonstrukci a tedy ani vnitřní parametry kamery. Scén, které jsou pak přípustné pro daný soubor fotografií, může být několik nebo i nekonečně mnoho. Příkladem pohybu kamery, kdy není možné provést metrickou rekonstrukci a automatickou kalibraci je například čistě rotační pohyb, pouhé posunutí bez rotace nebo pohyb po ploše, kde osy rotace jsou kolmé na plochu (planární pohyb). Těchto sekvencí pohybu, kdy není možné jednoznačně rozhodnout, která projektivní rekonstrukce je správná, je celá řada. V těchto případech je pak nutné využít specializovaných algoritmů a dalších doplňkových znalostí.

Řešení nepřesných a nejednoznačných situací

Řešením problémů popsaných v předchozích dvou odstavcích může být určitá pomocná informace o kameře, scéně nebo pohybu kamery. Jestliže známe nastavení kamery při snímání scény, můžeme toho při



Obrázek 2: Ukázka sekvencí, kdy není možné provést jednoznačnou rekonstrukci. Šipky označují optické osy jednotlivých pohledů. Na obrázku je zobrazen planární pohyb a posunutí kamery bez rotace

autokalibraci kamery využít. Každá informace o hodnotě nějakého parametru kamery (hlavní bod, poměr stran pixelů) nebo o tom, že daný parametr byl konstantní na několika snímcích, výrazně usnadní a zpřesní výslednou rekonstrukci. Užitečnou informací o scéně, může být fakt, že se jedná o scénu symetrickou, že obsahuje pravé úhly, rovnoběžné přímky, nebo je známa přesná pozice několika bodů v prostoru.

Pokud při rekonstrukci scény uvažujeme, že na snímcích je např. architektonický objekt nebo vnitřní prostory budov, můžeme využít informace, že by scéna měla mít kolmé a rovnoběžné stěny. Stěny a průřezy stěn je pak možné identifikovat, a to buď s pomocí uživatele nebo vhodného algoritmu. Důležitou roli mohou hrát i rohy (tedy průřezy tří vzájemně kolmých stěn), protože je možné spočítat orientaci a pozici kamery vůči nim a také vzdálenost kamery a rohu (až na měřítko) [3].

Literatura

- [1] R. Hartley, A. Zisserman: *Multiple View Geometry in Computer Vision*, Cambridge University Press, ISBN: 0521540518, 2003
- [2] M. Pollefeys: *Self-calibration and metric 3D reconstruction from uncalibrated image sequences*, PhD. thesis, K.U. Leuven, 1999
- [3] B. Hu, C. Brown: *Interactive Indoor Scene Reconstruction From Image Mosaics Using Cuboid Structure*, Technical report, Computer Science Department, University of Rochester, 2002