



FOTOGRAMMETRICKÉ ZPRACOVÁNÍ TERMOVIZNÍCH SNÍMKŮ

Adam Dlesk¹,

1. České vysoké učení technické v Praze, Fakulta stavební, Katedra geomatiky, Praha, Thákurova 2077/7, adam.dlesk@fsv.cvut.cz,

ABSTRAKT

Fotogrammetrickým zpracováním termovizních snímků lze vytvořit mračno bodů, kde ke každému bodu je přiřazena informace o teplotě převzatá z originálního termovizního snímku nebo ortofoto, kde informace o teplotě je uložena v každém pixelu. Příspěvek popisuje navržené metody fotogrammetrického zpracování termovizních snímků v kombinaci s RGB snímky. Jednotlivé metody jsou diskutovány a posouzeny z hlediska jejich výhod a nevýhod.

KLÍČOVÁ SLOVA

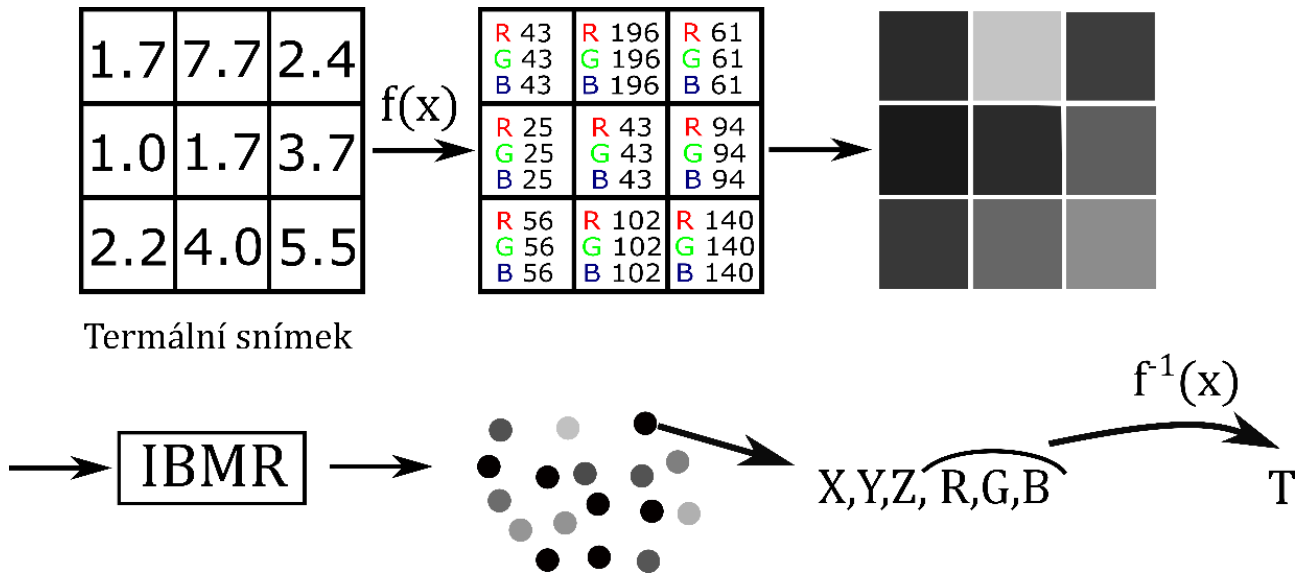
Termovizní snímkování, fotogrammetrie, image based modeling and rendering, mračno bodů, ortofoto

ÚVOD

Cílem fotogrammetrického zpracování termovizních snímků je vytvořit mračno bodů, kde ke každému bodu bude přiřazena teplota, která bude odečtena z odpovídajícího pixelu na termovizním snímku. Dalším výsledkem je ortofoto, kde v každém pixelu je uložena teplota, která je odečtena z odpovídajícího pixelu na termovizním snímku. Pomocí takových výsledků je možné např. lokalizovat teplotní únik ve zvoleném souřadnicovém systému a také určit jeho rozsah. Výsledky jsou využitelné i v pro pokročilejší analýzy. Výsledného mračna bodů a ortofota s informací o teplotě lze získat fotogrammetrickým zpracováním termovizních snímků metodou image based modeling and rendering (IBMR). V příspěvku jsou popsány autorem navržené metody fotogrammetrického zpracování termovizních snímků. Metody jsou navrženy za účelem zpracování termovizních snímků, které jsou pořízené z blízké vzdálenosti průmyslovými termovizními kamerami. Navržené metody zpracování jsou popsány a jsou diskutovány jejich výhody a nevýhody.

FOTOGRAMMETRICKÉ ZPRACOVÁNÍ TERMOVIZNÍCH SNÍMKŮ

Termovizní snímek pořízený průmyslovou termovizní kamerou můžeme chápat jako matici hodnot, kde na každé pozici je uložena absolutní hodnota povrchové teploty (ve °C). Hodnoty lze dle minima a maxima převést na 256 hodnot (8-bitů) a tyto hodnoty uložit v do rastrového formátu. Tímto je vytvořen snímek v šedých barvách ve formátu, který je možné fotogrammetricky zpracovat metodou IBMR. Zpracováním snímků metodou IBMR je vygenerované obarvené mračno bodů. Mračno bodů je možné vyexportovat a z barvy každého bodu lze inverzní funkcí spočítat zpět hodnotu teploty. Teplota je následně uložena k příslušnému bodu. Tento proces je znázorněn na obr. 1. Podobný postup platí i pro ortofoto.

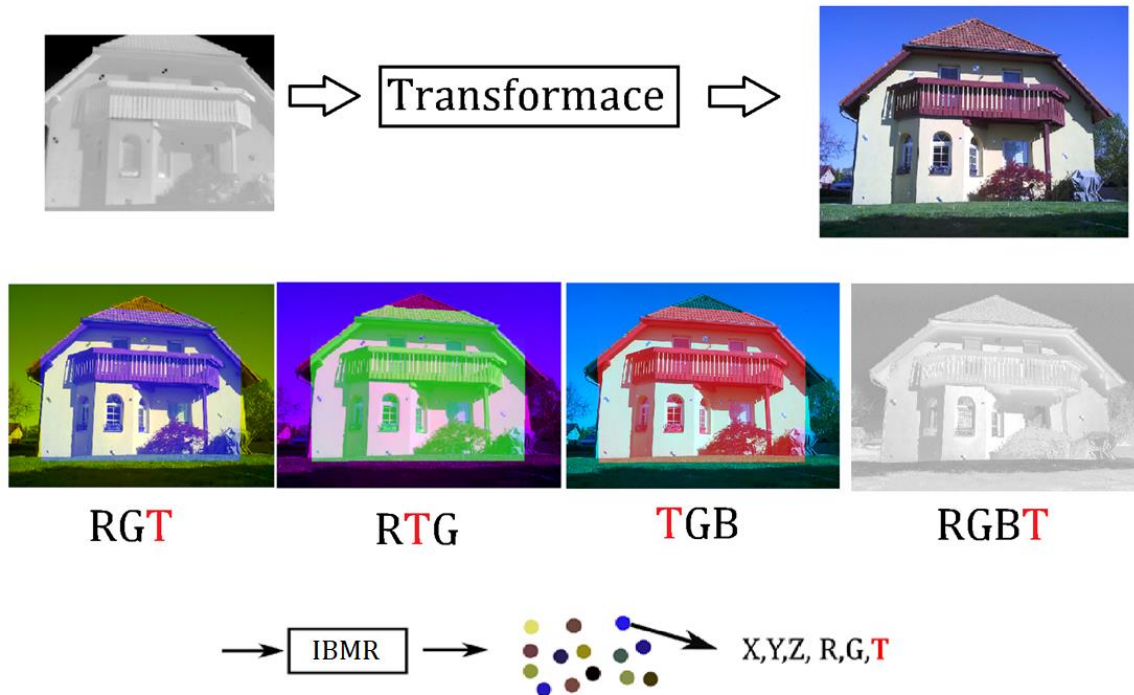


Obr. 1: Schéma metody zpracování termovizních snímků metodou IBMR.

V některých případech je zpracování termovizních snímků metodou IBMR obtížné a v některých případech i zpracování není vůbec možné. Termovizní snímky mají výrazně nižší rozlišení než snímky pořízené digitálním fotoaparátem, mají zpravidla nízký kontrast a nelze na nich detekovat viditelné prvky (pouze změny teplot). Z toho důvodu je zpracování metodou IBMR komplikované. Na termovizních snímcích také nelze identifikovat signalizované vlčcovací body, které jsou nutné pro georeferencování mračna bodů. Z těchto důvodů byly navrženy pokročilé metody zpracování, které využívají RGB snímků pořízených digitální kamerou. Moderní průmyslové termovizní kamery jsou často vybaveny i RGB čipem. Ke každému termoviznímu snímku lze pořídit i korespondující RGB snímek. Podmínkou je, aby termovizní kamera a digitální kamera byly po celou dobu snímkování v pevné konfiguraci. Byly navrženy dvě metody zpracování termovizních a RGB snímků.

Zpracování metodou „Prolnutí“

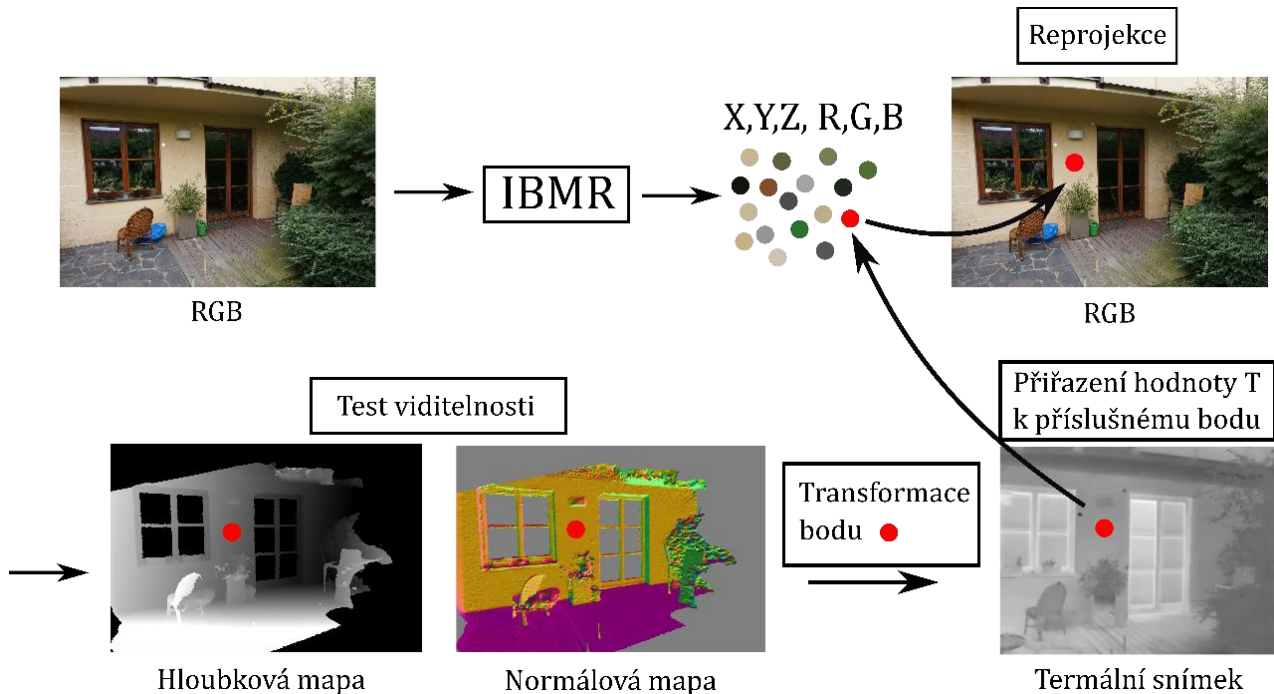
Termovizní snímek je možné převést na rastr v některém z běžných formátů stejným způsobem, jako je naznačeno na obrázku č. 1. Rastr je potom možné vybranou transformací transformovat na RGB snímek a snímky prolnout. To je provedeno tím, že po transformaci se jeden z kanálů RGB snímku (R, G, nebo B) nahradí kanálem (kanál T), kde jsou teplotní hodnoty převedeny na 256 hodnot (8-bitů). Převedení teplotních hodnot na 256 hodnot může být vzhledem k minimální a maximální teplotě sady termovizních snímků nedostačující. Teplotní hodnoty je možné převést i na 16-bitů, kde je už dostatečný počet hodnot a kanál k RGB snímku přidat. Na obr. č. 2 je možné vidět prolnutí RGB snímku a termovizního snímku, konkrétně rastr s kanály RGT, RTB, TGB a čtyř-kanálový RGBT. Sada snímků je poté zpracována a vytvořené mračno bodů ve falešných barvách je vygenerováno. Z odpovídajícího kanálu je u každého bodu mračna přepočtena hodnota barvy zpět na teplotu ve °C. Nevýhodou je fakt, že v průběhu zpracování metodou IBMR jsou barvy každého bodu mračna bodů nějakým způsobem průměrovány a přepočítaná hodnota teploty neodpovídá přímo originální hodnotě teploty z termovizního snímku. Metoda „Prolnutí“ je vhodná pro vytvoření ortofota, kde se již nachází neprůměrovaná hodnota, která je převzatá z původního termovizního snímku.



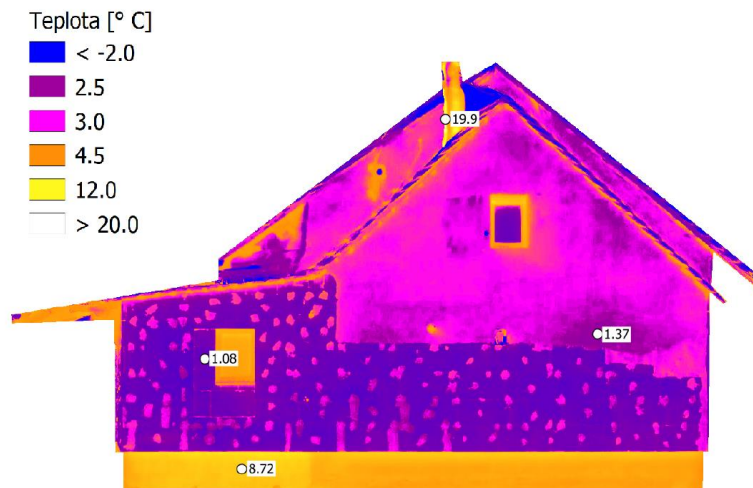
Obr. 2: Schéma metody „Prolnutí“.

Zpracování metodou „Reprojekce“

Metoda „Reprojekce“ (obr. č. 3) je určená pro získání mračna bodů, kde ke každému bodu je přiřazena informace o teplotě. Základem je zpracování metodou IBMR pouze sady RGB snímků. Výsledkem je obarvené mračno bodů. Následně je každý bod mračna bodů reprojektovaný na každý snímek sady. Pokud bod leží na RGB snímku, je nutné provést test viditelnosti, jestli je bod opravdu na snímku viditelný. Test viditelnosti je proveden pomocí vypočítané hloubkové a normálové mapy odpovídajícího RGB snímku. Pokud test viditelnosti potvrdí, že bod je opravdu na snímku vidět, provede se transformace bodu na korespondující termovizní snímek. Z pixelu na termovizním snímku se hodnota teploty převezme a přiřadí se k příslušnému bodu. Nevýhodou této metody je, že je náročnější na implementaci a výpočet je výrazně časově náročnější v porovnání s metodou „Prolnutí“. Další nevýhodou je, že test viditelnosti není vždy spolehlivý. Výhodou naopak je, že při postupu lze mračno bodů vygenerované metodou IBMR nahradit mračnem bodů z laserového skenování a tím případně vylepšit geometrickou přesnost výsledku.



Obr. 3: Schéma metody „Reprojekce“.



Obr. 4: Výsledné ortofoto, kde v každém pixelu je uložena informace o teplotě převzatá z originálního termovizního snímku.

ZÁVĚR

Metoda fotogrammetrického zpracování pouze termovizních snímků má výše popsané nevýhody. Výsledkem je např. mračno bodů, které je řídké, mnohdy s nedostatečnou geometrickou



přesností. V některých případech zpracování metodou IBMR není vůbec možné. Signalizované vlíčovací body, které se běžně ve fotogrammetrii používají nelze na termovizních snímcích identifikovat a je nutné použít speciální vlíčovací body pro snímkování termovizní kamerou. Z těchto důvodů bylo žádoucí navrhnout metody, které zmíněné faktory omezí, či eliminují. Obě navržené metody využívají RGB snímků, které jsou v pevné konfiguraci po dobu snímkování pořízeny k termovizním snímkům. Navržená metoda „Prolnutí“ je jednodušší na implementaci a samotné zpracování není nijak výrazněji časově náročné. Při zpracování je nutné zvolit, jestli je vhodné zpracovávat 3 kanálový rastr nebo je možné pro zpracování metodou IBMR zvolit 4 kanálový rastr. Výsledkem metody je ortofoto. Metoda „Reprojekce“ je náročnější na implementaci a samotné zpracování je prozatím výrazně časově náročnější. Z toho důvodu je v budoucím výzkumu nutné zapracovat na optimalizaci metody. Momentálně je výrazná slabina metody test viditelnosti. V prozatímním řešení test viditelnosti není v některých případech spolehlivý. Test viditelnosti je nutné v budoucnu vylepšit. Výhodou metody „Reprojekce“ je, že za mračno bodů, které je vygenerované metodou IBMR lze nahradit mračno bodů z laserového skenování. Výsledkem metody je mračno bodů s informací o teplotě.

REFERENCE

- [1] Dlesk, A., & Vach, K. (2019). Point Cloud Generation of A Building from Close Range Thermal Images. *International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*, 42(5/W2).
- [2] Dlesk, A., Vach, K., & Holubec, P. (2018). USAGE OF PHOTOGRAMMETRIC PROCESSING OF THERMAL IMAGES FOR CIVIL ENGINEERS. *International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing & Spatial Information Sciences*.