

Přednáška na konferenci: VIII. mezinárodní konference " Geodézie a kartografie v dopravě" (TU VŠB, Ostrava, 18.-19.9.2002)

Vach,K.:Fotogrammetrické zaměřování nepřístupných skalních stěn

1. Úvod

Firma EuroGV od roku 1993 fotogrammetricky zaměřila velkou řadu skalních stěn a masivů. Například jsme prováděli dokumentaci skutečného stavu nepřístupných skalních svahů v rámci rozsáhlého komplexu měřických prací na železniční trati Praha - Děčín. Zde jsme zaměřovali lokality: Podbaba, Sedlec, Řež, Libčice, Dolany, Roudnice nad Labem, Nelahozeves, Mlčechovosty, Litochovice, Ústí nad Labem, Mariánská skála, Kozí vrch, Povrly, Roztoky, Děčín, Čertova Voda, Dolní Žleb. Pro daná měření jsme vyvinuli vlastní technologie založené na využití průsekové fotogrammetrie Rolleimetric a snímkování z nízko letících letadel a vrtulníků [1], [2].

Další technologie jsme vyvinuli pro oblast **monitoringu**. Zde jsme např. fotogrammetricky zaměřovali posuny a deformace nábrežních zdí v Praze, podpěr železničního mostu u Ivančic [3], opěrných zdí ve stavební proluce komplexu budov na Václavském náměstí aj..

Nasazení digitálních měřických kamer a možnost on-line vyhodnocení jsme realizovali při sledování prostorové průchodnosti tratí [4], rovněž jsme věnovali velkou pozornost problematice automatizace fotogrammetrických měření objemů výrubu při ražbě tunelů apod.

2. Fotogrammetrické zaměřování nepřístupných skalních stěn

Přirozené skalní svahy nebo svahy po zásazích člověka v různých zářezech, odřezech, ve stěnách lomů, představují jednu z nejčlenitějších konfigurací, přičemž přesná geodetická zaměření povrchů takových svahů vzhledem k obtížné přístupnosti jsou zdoluhavá a nákladná. Pro stabilitní řešení takovýchto svahů jsou ale přesná geodetická data nezbytností a spolehlivost řešení závisí právě na přesnosti a výstižnosti konfigurace svahu. Neméně důležitým vstupním údajem je orientace diskontinuit, které každým skalním masivem prostupují. Právě diskontinuity jsou slabými články horninových masivů, které umožňují vznik sesuvů různého typu. Firma EuroGV získala poměrně rozsáhlé zkušenosti při spolupráci s Doc.Ing. Karlem Drozdem z Přírodovědecké fakulty UK [5]. Naším pilotním projektem bylo fotogrammetrické zaměření v opuštěném jámovém lomu Mořina - východ (lom Amerika) u Berouna. Těžba v tomto lomu skončila v roce 1964 a lom byl opuštěn ve stavu, kdy stabilita svahů byla ohrožena. Naše fotogrammetrické zaměření bylo využito pro návrh

bezpečných sklonů svahů. K realizaci navrhovaných řešení naštěstí nakonec nedošlo z důvodu nutnosti příliš velkých zásahů do vzhledu skal. To by následně vedlo ke ztrátě unikátního charakteru a atraktivity tohoto dnes téměř „kultovního“ místa.

Následovaly fotogrammetrická zaměrování skal v železničním koridoru Praha-Děčín-Hřensko atd.. Tyto práce předpokládaly řádné geodetické vlícování zaměřovaného prostoru, ať již pomocí totálních stanic nebo měření GPS a úzkou spolupráci s geology, kteří vyznačovali významné geologické objekty v zaměřovaném prostoru a stanovili ostatní předměty měření. Snímkování bylo prováděno pozemní, leteckou (nízké výšky cca 150-200m) nebo kombinovanou metodou průsekové fotogrammetrie s využitím výhod vícesnímkového vyrovnání. Při následném počítačovém fotogrammetrickém vyhodnocení se určovali 3D (X,Z,Y) souřadnice vybraných zaměřovaných bodů. Zaměřovanými body byly výčnělky bloků, okraje diskontinuit, středy prohlubní, charakteristické linie atd..

Počítačové zpracování souřadnic v digitálním modelu terénu umožňuje následně vykreslení vrstevnic, vykreslení příčných profilů, vykreslení průsečnic orientovaných svislých rovin s povrchem svahu, poskytuje různé axonometrické nebo perspektivní pohledy. Přesnost, hodnověrnost takto získaného počítačového modelu závisí na zvolené hustotě vybraných charakteristických bodů ze snímků. Naše firma využívala DMT firmy Atlas.

Předností zavedené technologie a metodologie řešení je výrazné redukování měřických prací v terénu, možnost zaměření viditelných těžko dostupných objektů, trvalé, objektivní a názorné zachycení skutečného stavu pomocí měřického snímku v konkrétním čase, jeho vícenásobné využití, umožnění zpracování v různých etapách a stupních podrobnosti, dosažení konstantní vysoké přesnosti v určení souřadnic bodů a modelu terénu s možností porovnání a snadné vizuální kontroly počítačového modelu s měřickým snímkem.

Na základě našich zkušeností jsme požadavky geologů na prováděné geodetické a fotogrammetrické práce při měření skal rozčlenili následně:

- a) **fotogrammetrické zaměření skalnatých svahů s cílem dokumentace skutečného stavu - účelové mapy, digitální model terénu, příčné a podélné profily, určování ploch a kubatur,**
- b) **zajištění geologické databáze - zaměření ploch a spádnic nespojitosti, prostorových charakteristik geologických objektů, jejich typ a rozmístění apod.,**
- c) **obnovení hmot sesuvů - rekonstrukce hmot sesuvů na základě existujících původních snímků lokalit, kde došlo k sesuvům,**
- d) **monitoring - sledování posunů a deformací.**

3. Monitoring „Ivančického viaduktu“

Zajímavé použití průsekové fotogrammetrie v kombinaci s geodetickým měřením jsme použili při sledování prostorových posunů pilířů části železničního mostu "Ivančického viaduktu" u Ivančic na Moravě. U mostu docházelo v minulosti k porušení stability opěry v důsledku sesuvu tělesa náspu a dalších změn v jeho sprašovém podloží. Pravděpodobnou příčinou mohlo být, že podpěra mostu a piloty nebyly založeny dostatečně hluboko, nedosahují na skálu. V důsledku toho v minulosti docházelo k posunům, které ohrožovaly provoz železnice a hledala se vhodná geotechnická řešení ke stabilizaci území okolí mostu.

Naším úkolem bylo určit, zda stále dochází k posunům, nebo je již objekt stabilizován. Na základě odsouhlaseného projektu jsme provedli stabilizaci speciálních měřických značek vlastní konstrukce do pilířů podpěr mostu, které umožňují geodetické a fotogrammetrické měření identických bodů. Od prosince 1995 do srpna 2001 jsme provedli "10" etap sledování. Sledované body byly určovány vždy v kombinaci geodetických a fotogrammetrických měření. Geodetická měření prováděla firma "Gecom". Fotogrammetrické vyhodnocení a následnou analýzu prováděla firma EuroGV. Sledované území bylo snímkováno měřickými komorami Rollei 6006metric v kombinaci s Rollei 3003metric z volných stanovisek s využitím plošin, ze vzdáleností cca 10-25m metodou průsekové fotogrammetrie. Zpracování se provádělo v prostředí software CDW. Snímkové souřadnice byly určeny s vysokou přesností (ne hůře jak 0,007mm). Společné výsledky geodetických a fotogrammetrických měření byly vyrovnány v prostředí Prompt. Měření a vyhodnocení výsledků bylo organizováno tak, aby se výsledná přesnost určení souřadnic podrobných bodů pohybovala okolo hodnoty střední souřadnicové chyby $m_x = m_y = m_z = 3 \text{ mm}$. Do současné doby bylo provedeno již 10 etap měření.

4. Závěr

Vícesnímková průseková digitální fotogrammetrie se při zaměřování skal osvědčila. Další možný technologický vývoj v této specifické měřické činnosti vidím v kombinaci metod např. společné použití průsekové digitální fotogrammetrie s využitím leteckých laserových scannerů, GPS technologie, pro některé úlohy i kombinace s klasickou leteckou stereofotogrammetrií. Počítačové vyhodnocení potom nutně musí podporovat snadné propojení jednotlivých technologií do jednoho kompaktního celku.

Jestliže zobecníme naše zkušenosti ze zavádění nových technologií [6] je zřejmé, že každá technologie by měla být vhodné účelové řešení konkrétního technického a finančního zadání. Potom řešení metodologie obecného nasazení systému nebo technologie pro konkrétní činnosti znamená:

- zařazení systému a technologie podle stávající klasifikace,
- posouzení spolehlivosti a průkaznosti systému, technologie z hlediska účelu využití,
- jednoduchost, rychlost, spolehlivost systému, technologie při terénních i kancelářských pracích,

- požadavky na geodetické, fotogrammetrické, jiné zabezpečení,
- opakovatelnost výsledků, eliminace vlivu osoby zpracovatele na přesnost výsledků,
- odolnost software proti hrubým chybám, jejich eliminace,
- náročnost obsluhy, účelnost nasazení na jednotlivé činnosti,
- přesnost určených bodů a kontrola přesnosti v průběhu vyhodnocení, plánování přesnosti,
- snadná integrace geodetických a fotogrammetrických dat do CAD, DTM, statistických analýz, propojování systému vyhodnocení, zpracování a analýzy, zpětná vazba,
- cena, záruky za systém,
- technická a technologická podpora dodavatelů,
- reference o systémech, technologiích,
- výsledky testování,

Obr. 1 - Obr. 5

Obr. 1 Snímek lomu Amerika

Obr. 2 3D počítačový model lomu vyhotovený v software Atlas

Obr. 3 Letecký snímek Mariánské skály u Ústí nad Labem na trati Praha - Děčín

Obr. 4 3D počítačový plastický model skály

Obr. 5 Soukres ortofotosnímku skály "Kozí vrch" s vrstevnicovým plánem