

Papp Ferenc Barlangkutató Csoport

Barlangtérképezés

Fotómodellezés
Tapasztalatok

Holl Balázs
2019

nyolcadik változat
hetedik kiegészítés
8.7

(első változat 2011)

Kamerák

Fényképezés minőségét alapvetően meghatározza a kamera minősége. Minél nagyobb a kép felbontása annál jobb elvileg az eredmény. De annál nagyobb memória igény a feldolgozásnál és hatványozottan lassabb a számítás is. Ezért kompromisszumot kell kötni a fényképezőgép barlangi kezelhetősége, a képek minősége és a fotózás gyorsaságát meghatározó tényezők között. Nekem a kis kompakt gép és a folyamatos világítás (LED reflektorok) vált be a legjobban. A kompakt képek közül a GoPro utánszatok vízhatlan tokban a barlangi használatra leginkább alkalmasak. Ezek közül a 4K videó és 16 M pixel felbontásúak már alkalmasak a feldolgozásra. Ezekben a kameráknak a fix optikájuk is előnyt jelent a kalibrálásnál.

Lényeges kérdés az optika látószöge. A hagyományos fotogrammetriai megoldásoknál a nagy látószög mellé a torzításmentes leképezés is alapvető szempont volt. A jelenlegi digitális megoldásoknál az optika torzítását több képből visszszámolva kalibrálják, és nem lényeges a geometriai pontosság csak a stabilitás (ne változzon a képek között). Zoom-os gépeknél ezért a legnagyobb látószögre állítva kell a képeket készíteni és ügyelni arra, hogy ezt ne változtassuk. Az akkumulátor és a memóriakártya megválasztásakor figyelembe kell venni, hogy több száz képet kell készíteni a barlangban.

videó kamerák

Sok, egymást átfedő kép készítése közben mindig felmerül, hogy nem lenne egyszerűbb filmet rögzíteni? A videónak vannak előnyei és hátrányai: Nem minden program tudja feldolgozni a videókat, ilyenkor egy másik programmal ki kell vágni belőle a képkockákat és ki kell válogatni a szükségeseket. De a képek közt tudunk úgy válogatni, hogy a szükséges helyen sűrűbben veszünk ki képeket. A videó készítése közben előfordul, hogy minden képkocka egy kissé bemozdult, de ezt nem látjuk a visszajátszásnál. Ezekben a képeken hiába van átfedés, nem tudja feldolgozni a program és a legközelebbi éles kép már átfedés nélkül követi az utolsó feldolgozottat. Videóhoz folyamatos megvilágítás kell, nem lehet pihentetni a lámpákat. Videó képkockákhoz nincsenek EXIF adatok amiket használhatna a feldolgozó program. A videó felbontása kisebb mint ugyanazzal a kamerával felvett állóképeké.

sztereó kamera

Egymással párhuzamosan rögzített két kamerával szinkronban készített felvételeknél több előny is van elvileg: mindig készül sztereó kiértékelésre alkalmas két kép, aminek rögzített bázistávolsága miatt pontos 3D adatokat lehet nyerni és ezeknek a képpároknak csak a különbségét kellene eltávolítani ami csökkentené a memória igényt. Gyakorlatban azonban ezt nem tudjuk kihasználni a meglévő feldolgozó programokkal. Ennek ellenére érdemes ilyen módon fotózni úgy, hogy a két kamera nem párhuzamos, hanem kissé széttartó, hogy legyen átfedő terület de összességében szélesebb látószöget kapjunk. A kamerák szinkronizálása az exponáló kontaktus kivezetésével volt megoldható.

sisak kamera

A sisakra rögzített kamera felszabadítja a kezünket, de nehezebb a kezelése. Elsősorban videó rögzítésére alkalmas, és a 3D feldolgozáson kívül izgalmas túra videók készülhetnek. Több párhuzamosan mozgó ember több látószögből készíthet képeket egyszerre, egymást segítő megvilágítással. Sajnos a sisakkamera erősen rázkódó, bemozdult felvételeket készít.

panoráma kamera, panoráma videó, halszemoptika

Halszemoptikával és halszemoptikás gömbpanoráma videokamerával próbáltunk a teret minél jobban lefedő felvételeket készíteni, de az elkészült modell geometriai pontossága nagyon gyenge volt. Valószínűleg azért, mert a halszem optika torzításait nem tudta kalibrálni a program. Talán később ezt is beépítik a feldolgozó algoritmusba. Ezen kívül a halszem optikás felvételeknek sokkal kisebb a geometriai felbontása és a 180°-os képeken sok a kihasználatlan felület.

multi kamera, fotólift

A Google Streetview-hoz hasonló kamera elrendezéssel egyesíthetjük a hagyományos kamera és a panoráma kamera előnyeit. Teljes gömbpanorámához nagyon sok gépre volna szükség (nagy látószögű akciókamerából is 10-16 darabra), de ha csak 3-4 kamerát használunk akkor is nagyon

megnő a lefedett terület. Ilyen elrendezést használtunk a Kacna aknájának fotózásához, ahol a gépeket és a lámpákat egy egységet alkotva eresztettük le. A pörgés kiküszöbölésére és a faltól való eltartáshoz rugalmas sátorrudakat alkalmaztunk.

kamera stabilizátor

Az utóbbi időben elterjedtek azok a giroszkópos szerkezetek, amik stabilan tartják a videó kamerákat mozgó, rázkódó eszközökön (gépkocsi, helikopter, drón). Ezek ma már kis méretű és megfizethető árú darabok. Több funkciójukat is ki tudjuk használni a 3D felvételezésnél:

- segítenek rázkódás mentes videókat és állóképeket készíteni (ez az alap)
- programozottan lehet körbeforgatni a kamerát, ezzel gömbpanoráma képeket készíteni (csak ha programozható)
- hosszú nyélre illetve kameradaruként funkcionál: elérhetetlen perspektívából lehet fényképezni (csak ha a kezelő gombok kábele is meghosszabbítható vagy távirányítható)

A kamera daru sok helyen szükséges, hogy kartávolságnál messzebből tudjuk fényképezni azt a térrészt ahol mozgunk. Vízszintes járatokban a talajt, aknában a kötél melletti falat. Aknában elvileg kiépíthető másik kötélpálya, de ez elég sok munka. Alkalmas szűkebb üregekbe való benyúlásra is.

Nem tartalmaznak viszont a stabilizátorok saját világítást, ami panoráma képek készítésénél szükséges, hiszen bármilyen külső világítás becsillanna a képek egyikébe. Ezt csak a saját fejlesztésű tartalmazza. A saját stabilizátoron 3x10W-os LED-ek vannak, de mivel a hűtőbordát nem bírná el a szerkezet csak vaku üzemmódban működik szinkronizálva az exponálással. A saját világítás viszont túl közel van az optikához, és emiatt becsillannak a porszemek és a vízcseppek. Minden kamerához méretben és súlyban más stabilizátor szükséges, de szerencsére ezek közt van számunkra is megfelelő.

drón

A drónok segítségével megoldható lenne a tetszőleges pontból fotózás, csak üzemeltetésük elég kockázatos zárt térben. Készültek már olyan kalickás drónok amik bírják a falhoz koccanást, jó lenne ilyen kipróbálni barlangban. A beszerezhető kommersz drónok közül azok alkalmasak fotogrammetriai felvételezéshez amelyeknek legalább 10 MP-s felbontású, stabilizátoros kamerájuk van és tudnak zárt térben GPS-jel nélkül is repülni. Ilyen a DJI Spark amit kipróbáltunk:

- Az alapvetően kültérre fejlesztett drón kamerája nem lát felfelé.
- A drón önállóan tud panoráma képsorozatot készíteni, ez egy lefelé irányuló félgömbnél nagyobb tér 46 fotóból.
- GPS nélkül optikai érzékelőkkel nem repül 5m fölé, ezért érdemes magasabbról indítani.
- Gyenge megvilágításban is tud jó képeket készíteni, de meg kell álljon egy helyben.
- GPS jel nélkül a fotók adatainál 0,0 szerepel a koordinátákban, az irány, dőlés és magasság adatok viszont jók. Ha lejjebb száll az indulási szintnél a légnymás alapú magasságmérő túlcsoordult értéket ad vissza ami megzavarja a számítást.
- Az embereknek a világítással mozogni kell, mert szellemképek maradnak a modellben.
- Kerülni kell a drón felé világítást, de meg kell világítani az alatta lévő területet az optikai stabilizáláshoz.

Fényforrások

A fényképezéshez fény kell, a barlangi fényképezéshez pedig sok fény. A fényképezőgépek beépített vakuja egyrészt barlangban nem elég nagy teljesítményű, másrészt a levegőben lévő porszemcsék vagy vízcseppek becsillannak. Mindenképpen külső fényforrás kell. Manapság ezt szinte kizárólag LED-es fényforrásokkal lehet hatékonyan megoldani. Fényképek készítéséhez ideális lenne a vakuk használata, amihez van is rádiós szinkronizáló, csak elég nehéz a sok-sok képhez úgy forgatni a vakukat, hogy azok rendszeresen bevilágítsák az aktuális képmezőt. Az is gondot okoz, hogy a gyors fotózás közben nem tud feltöltődni, illetve nem tud lehűlni a vaku és tönkremehet. Ezért jobban beváltak a lámpák amik videózáshoz is használhatók. Első fejlesztésként 10W-os meleg fehér, nagy látószögű, szabályozható fényerejű saját hűtéssel ellátott kis méretű reflektorokat készítettünk. Ezeknek szép fénye van és művészi képeknél nagyon hasznosak, de a

modellezésnél nagyobb fényerő kell. Készült egy 50W-os, önszabályzós (5 irányból visszaverődő fény alapján szabályzott 5db 10W-os LED) reflektor passzív hűtéssel, ami videózásakor bevált, de komoly akkupakkot igényel. Sisakra fejlámpaként rögzíthető kis méretű reflektornál a hűtés a kritikus tényező. Bár a barlangi párás hideg levegőben jobbak a lehetőségek, de így is kell egy megfelelő méretű hűtőborda. A hőcsöves processzor hűtőkből kialakítható kis tömegű de még is megfelelő hatásfokú hűtőborda.

Reflektorok

Olcsóbb volt később olyan hideg fehér fényű kész reflektorokat venni, amik gépkocsi külső reflektorának készültek, mert ezek jobban bírják a barlangi körülményeket. Az ígért 27W-os teljesítményt ugyanakkor meg sem közelítették. A fókuszáló optika eltávolításával megnőtt a látószögük, egyenletesebb lett a fényük és hozzáférhetővé vált az elektronika. A hővezetés javításával és a szabályozó ellenállások cseréivel kb. 18W-ot lehet belőlük kihozni.

Akkuk

Ehhez a teljesítményhez már nagy mennyiségű és kapacitású akkumulátor kell. Ilyen akkukat nem olcsó beszerezni, de kereskedelmi forgalomban kaphatók. Kis utánjárással és szerencsével viszont használt lítiumos akkupakkokból kinyerhetők még működő cellák, amik olcsóbb és kevésbé féltett alternatívát jelentenek. Barlangi körülmények között előfordulhat az akkuk töltő-védő elektronikájának bepárásodása és akár az akkuk zárlatossá válása is. Ez már biztonsági kérdés. Spórolhatnánk az energiával, ha csak a kép készítésének idejére kapcsolnánk fel a teljes fényt, az élesség és az expozíció beállításához csak töredék fényerősséggel üzemelnének a lámpák. Ehhez az exponálás és a lámpák rádiós összehangolása szükséges. Ez még fejlesztés kérdése.

Az akkuk teljesítmény – súly aránya fontos szempont egy barlangi expedíció során. Ez általában a drágább akkuk felé tereli a választást, miközben a gazdaságosság az ellenkező irányba hat.

Egy megvilágítással azonos területet egyszerre több kamerával is le lehet fényképezni, ami egyrészt biztosítja a sztereó kiértékelést, másrészt energiát spórol a világításnál.

Ellenfény

A bejárati zóna lehetőséget teremt arra, hogy természetes fényenél készítsünk felvételeket. Kifelé fotózva viszont az ellenfény elrontja a modell szélét. Akár mennyire is kényelmes a természetes megvilágítás, a megoldást az éjszaka, mesterséges világítással készített felvételek jelentik.

Illesztőpontok

A fotómodell térképezési használatához illesztőpontokat kell használni. Ezeket hagyományos módszerrel be kell mérni és a koordinátaikat kiszámolni. A pontokat ezután a fotókon is azonosítani kell. Az automatikusan felismerhető és azonosítható kódolt pontok csak korlátozott mértékben váltak be a barlangi használatkor. Térben minden irányból látható és azonosítható pontokra volt szükség. Az illesztőpontok mellett kapcsolópontokat is kell néha használni, ami megkönnyíti a szegmentáltan készült modell darabok egymáshoz kapcsolását. Ezek szerencsés esetben meglévő tereptárgyak, formák, de sokszor ez nem elég, mesterségesen kell láthatóvá tenni pontokat.

Biciklilámpák

Első körben a kis teljesítményű lámpákkal próbálkoztunk. Biciklilámpák egyszerűek és olcsók, a piros és a fehér lehetőség minimális azonosíthatóságot is jelent. A lámpák még nagyon távolról is láthatók a fotókon. Hosszú időn keresztül viszont nem lehet bent hagyni őket a barlangban.

Előfordult, hogy a fotózás végére már nem mindegyik világított, ami nem csak az illesztést rontotta el, de begyűjteni sem volt egyszerű mindet. Vízszintes járatokban a mécsesek is lerakhatók. A legolcsóbb megoldás egy gombelemre ráerősített egyszerű led. Lemerülése és otffelejítése esetén viszont szennyezi a barlangot.

Prizmák

Fényvisszaverő prizmák, fóliák is messziről láthatók a képeken, ha a fényképező gép mellett is van megvilágítás.

Labdák

A minden irányból pontos illesztést biztosító forma a gömb. Teniszlabdák csavarokkal nittekre rögzítve jól működtek zsombolyaknáokban. Egyedi azonosíthatósághoz beszámozott 5cm-es fehér

szivacs kockákat alkalmaztunk. Ezek drót darabokkal rögzítve olyan pontokon, ahol nem zavarják a közlekedést hosszú ideig (több évig) megtarthatók. Ideiglenes jelzésre a feltűnő színű jelölő festék is alkalmazható, az magától eltűnik és nem csúfítja el a barlangot.

Mérőszalag

Zsombolyaknáokban a belógatott és kifeszített mérőszalag is alkalmas illesztőpontok rögzítésére. Méretektől függően kisebb nagyobb szivacs kockák, hengerek, gömbök a mérőszalagon pontos mélységet is jelentenek nem csak a képek egymáshoz illesztését teszik lehetővé. Természetesen ezeket bemérve szintén alkalmasak koordinátás illesztőpontnak. A Kacnában 30cm-es átmérőjű szivacsokat használtunk 50m-ként.

Videó felvételeknél alkalmazhatjuk azt a technikát is, hogy közel érve a ponthoz rámutatunk és bemondjuk az adatait. Ezek a képkockák nem kerülnek feldolgozásra, de segítségükkel a többi, távolabbról készült képen visszakereshető a pont.

Elérhetetlen távolságban lévő pontokon lézerral bemért, jellegzetes alakú köveket, cseppköveket vehetünk fel illesztőpontként. Még nem próbáltuk ki, de lézeres vetítéssel is létrehozhatók ilyen helyeken pontok.

Feldolgozás

A nagy mennyiségű kép feldolgozásához szükséges némi előkészület.

hibás képek kiválogatása

A hibás képeket célszerű törölni, mert ezzel is tehermentesíthetjük a számítást. Kicsit bemozdult vagy élelten képeket ugyan akkor az algoritmus képes azonosítani és feldolgozni.

szegmentálás

Egy komolyabb méretű barlangszakaszt képtelenség egybe feldolgozni, részekre kell vágni. Ezt legjobb lenne már a felvételezéskor tervezni és e szerint készíteni el a fotókat. Utólag a fotók kiválogatásával hozhatunk létre olyan sorozatokat amik feldolgozható méretű szakaszokról készült fotókat tartalmaznak.

illesztőpontok azonosítása

Természetes tereptárgyak bemért pontjainak azonosításához célszerű a fotókból pontvázlatokat készíteni amiken az azonosítókat is tisztázhatjuk.

Modellek

útvonal modell

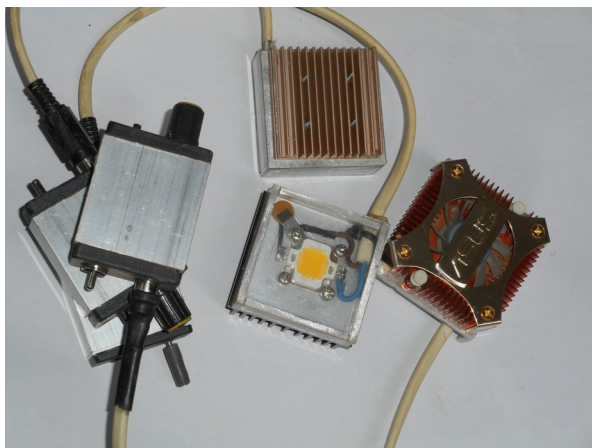
Nem kell, nem is lehet a modellalkotásnál tökéletességre törekedni. Az egyik működő módszer, hogy menet közben csak egy irányba (menetirány) készült felvételsorból készítünk modellt. A képeken az átfedést a haladási irányban egyre közelebb látszó részletek jelentik. Távoli részek megvilágításához egy elöl haladó lámpájára van szükség. Ez az ember a modelltől az állandó mozgása miatt kiesik, legfeljebb némi utólag eltávolítható hiba keletkezik, de a modell össze tud állni. Persze nem fogja tartalmazni a modellt az oldalra, hátra látható részleteket és sok res rész lesz benne. Elvileg egy visszafelé haladó felvételsorral ezekből sokat ki lehetne egészíteni, de a két független modellt nagyon nehéz egymáshoz kapcsolni. Több különböző irányba néző kamera felvételeiből lehet javítani a lefedettséget. A felvételezés előnye a gyors haladás, de figyelni kell az élességre és a bemozdulásokra. A modelltől az útvonal szerint készített videó pont az összefüggő részeket mutatja és így nagyon látványos.

kontúr modell

Függőleges hasadékokban sokkal könnyebb olyan modellt készíteni ami csak a közlekedő magasságban tartalmazza az oldalfalakat. Alaprajzban ez jól mutatja a járatkontúrokat.

képződmény modell

Csak egy képződményt viszonylag egyszerű körbefotózni és modellt készíteni belőle. Illesztőpontokkal később ez a részletes modell betehető a teljes barlang kisebb felbontású modelljébe.



10W-os LED lámpák külső szabályozó elektronikával



12V-os akkupakk



10W-os fejlámpa hűtőbordával



10W-os reflektor beépített szabályozással



50W-os szabályozható és önszabályzó reflektor



nagy áramú 12V-os akkupakk



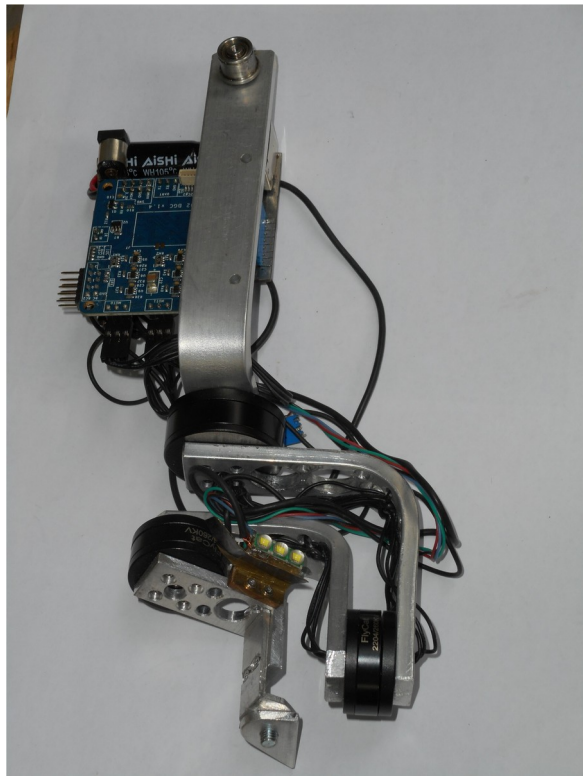
autó reflektor



átalakított reflektor



16V-os akkupakkok



kamera stabilizátor 3x10W-os LED-el



Kontúr modell a Szemlő-hegyi-barlang részletéről