

Papp Ferenc Barlangkutató Csoport

Barlangtérképezés

Fotómodellezés

Holl Balázs

2019

nyolcadik változat
hatodik kiegészítés

8.6

(első változat 2011)

A felszíni térképezés már egy évszázada a légifotókon alapul. Barlangban ezt a technikát egyelőre nem tudjuk gazdaságosan használni, csak egyes különleges esetekben (például régészeti feltárásoknál) van értelme foglalkozni vele.

A sztereoszkopikus látás (a két szem két eltérő nézőpontból más képet lát) alapján tudjuk a barlangban megbecsülni a távolságokat. Ha fényképeket készítünk két eltérő álláspontból ugyan arról a területről, akkor ezekről is rekonstruálhatjuk a barlangban látható alakzatokat méghozzá térben. Ez az alapja a sztereofotogrammetriának. Az optikai leképezés szabályaiból kiszámítható, hogy a tárgyak a fényképező géphez képest milyen irányban vannak. Két eltérő pontból az irányok metszéspontjai a térbeli távolságokat is meghatározzák. A felszíni térképészetben így állítják elő a térképeket a légifotókból. Tárgyakat is rekonstruálhatunk fényképek alapján, minél több képet készítünk, annál több oldalról kapunk információt a tárgyról. Teljes három dimenziós rekonstrukcióhoz a tárgy minden pontjának legalább két képen szerepelnie kell. Kettőnél több képből is kiszámolható a térbeli helyzet, a mérés ilyenkor pontosabb lesz, ugyan akkor megkapjuk a mérés hibáját is. A pontosság függ a képek számától, az optikai leképezés stabilitásától (lötyög-e a lencse a fényképezőgépben) és az alakzatok élességétől is.

A sokképes fotogrammetria matematikai alapjai már régóta kidolgozottak, de a hatékony megvalósításhoz kellett a modern számítógépek és a digitális fényképezés elterjedése. Ma már elérhetőek a nagy memóriával, gyors processzorokkal felszerelt személyi számítógépek, és kifejlesztették a hatékony számítási algoritmusokat. Találhatunk könnyen kezelhető fizetős és körülményesebb ingyenes, esetleg nyílt forráskódú alkalmazásokat a sokképes térbeli fotogrammetriai rekonstrukciókhoz. Tárgyakhoz, épületekhez hasonlóan a barlangot is rekonstruálhatjuk térben fényképekből, és a térbeli modell metszetei és vetületei kiadják a barlang térképét. A létrehozott adatállomány nagyon hasonló a lézerszkennelrel mért adatokhoz, csak a felvételező eszköz (fényképezőgép) sokkal olcsóbb és sokkal alkalmasabb barlangi használatra. A fotogrammetria a műszaki gyakorlatban a távérzékelés témakörébe tartozik. Ez azt jelenti, hogy úgy gyűjtünk információt, hogy nem kell közvetlenül érintkezésbe lépni a tárggyal. Barlangi körülmények között ennek van jó és rossz oldala: mérni tudunk nem hozzáférhető alakzatokat, viszont nem is kell mindent megközelíteni, így nem is fedezzük fel a távolról nem látható járatokat.

A fényképekhez fény kell, és mint tudjuk ebből a barlangban kevés van. Művészi képekhez hozzá tartoznak a sötét részletek, de mérni csak a kellően megvilágított pontokat lehet. Egy barlangi térben mindent megvilágítani lehetetlen. A fényképen szereplő alakzatokat elvileg a gép mellől mind meg lehet világítani, csak hogy akkor nagyon lapos lesz a kép, pont a térbeli elkülönítéshez szükséges árnyékok hiányoznak. Tovább nehezíti a megvilágítást, hogy nem egy, hanem sok képet kell készítenünk, és mindegyiket azonos megvilágítással. A képek közötti kapcsolatot az azonos pontok megkeresése jelenti. Ember számára nem jelent gondot az alakzatok azonosítása eltérő megvilágítás esetén, bár pont a barlangi formák lehetnek olyan bonyolultak, hogy nem ismerünk rá más megvilágításban. Az automatikus pont azonosításnál viszont ez még nem megoldott. A térbeli modell darabok a geometriai kapcsolatát vagy az ismert koordinátájú illesztőpontok, vagy a képek átfedésével létrejövő azonos részletek jelentik. Minden részletet lefényképezni úgy, hogy minden pont legalább két képen szerepeljen és minden képnek legyen átfedő része valamelyik másikkal, nagy kihívás.

A számítással létrehozott modell a képeken azonosított (automatikusan vagy manuálisan) pontok térbeli koordinátáiból és a pontokhoz rendelt színből áll. A koordináták pontossága függ:

- a fizikai pont azonosíthatóságától

Minél élesebb a pont, annál inkább lehet azonosítani a különböző képeken. Egy teniszlabda felületi pontja csak 5 cm pontossággal azonosítható, hiszen a labda minden irányból egyformán néz ki. Ha a felületén egy pontot megjelölünk akkor az már pontosabban mérhető, de nem látszik minden irányból. Ha a labda sziluettje jól kivehető, akkor a középpontja minden irányból beazonosítható néhány milliméter pontossággal. Ha több labda is van egy képen akkor lehetséges hibaként jön

szóba a labdák összekeverése, vagyis hogy ez egyik képen nem azt a labdát azonosítjuk mint a másikon. Ha két kép készítése között elmozdul a labda akkor is hibás lesz a térbeli rekonstrukció, még hozzá akár sokkal nagyobb mértékben mint a fizikai elmozdulás. Barlangban persze inkább a kövek lehetnek hasonlóak. Az automatikus pont azonosítás nem „emlékszik” a barlangi szituációra, könnyebben téved.

- a képi azonosíthatóságtól

A fényképen a tárgy lehet életlen vagy a felbontásból adódóan rosszul azonosítható. Barlangban a hosszú expozíció miatt fokozott a bemozdulás veszélye.

- az optikai torzítástól

A sok ezer automatikusan egyeztetett pont alapján és ha kettőnél több képet is felhasználunk a mérésben, ki lehet számolni és figyelembe venni az összes optikai leképezési hibát. Az egyes képek közötti optika elmozdulását viszont nem. Márpedig az autofókusz miatt az optika elmozdul, és nem csak tengely irányban. Ezeket a kis különbségeket is térbeli hibává alakítja a számítás.

A sokféle hibaforrás miatt a kapott modellt a lézerszkenneres méréssel ellentétben sok hibás pontot tartalmaz. A végleges modellből ezért le kell szűrni a kiugró pontokat.

A színek pontossága függ a geometriai pontosságtól (tényleg azonos pontot választunk-e ki a képeken) és a megvilágítás stabilitásától (a képeken azonosan van-e megvilágítva a részlet, nem vetődik-e árnyék valahová).

A kiszámított modell méreteit és orientációját legalább három ismert koordinátájú pont alapján lehet beállítani. Ismert koordinátájúak lehetnek a felmérési fixpontok is. A képpárok helyes kapcsolásához is megadhatunk manuálisan azonos pontokat, illetve kitehetünk olyan pontjeleket amiket a program automatikusan felismer.

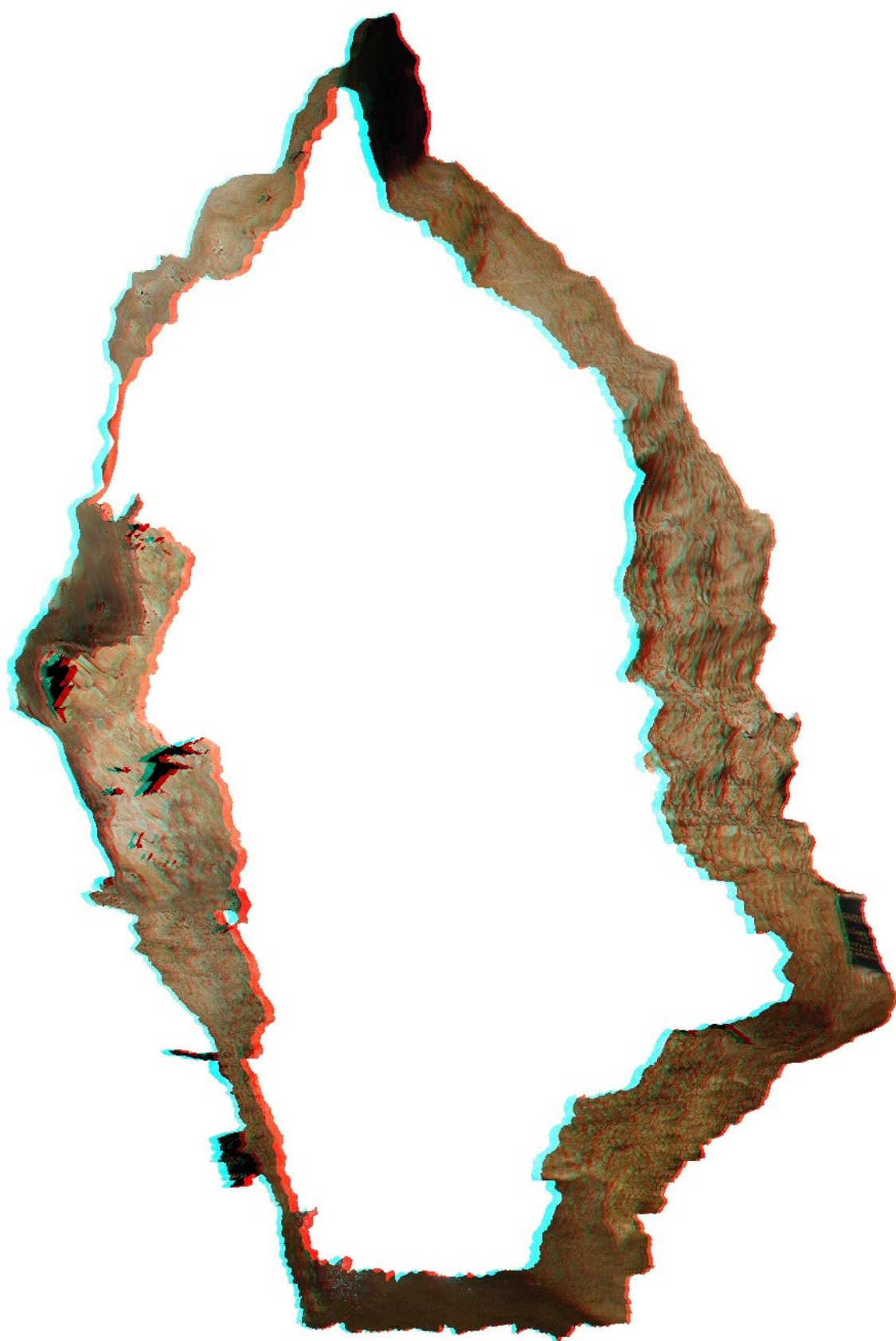
A számítási folyamat rendkívül sok részből áll: a pontok azonosítása, a képek párosítása, a kép paraméterek kiszámítása, a hibák kiegyenlítése, a pontok osztályozása, a pontfelhő besűrítése. Ezek mind változtatható beállításoktól is függhenek, így egyes számításokat akár meg is kell ismételni. Összességében egy több órán vagy több napon át tartó folyamat, melynek végeredménye eléggé bizonytalan. Egyes képeket lehet, hogy újra kell fényképezni vagy további képek kellenek a hiányok befoltozására. Semmiképpen sem gyorsabb a hagyományos térképezésnél, de nagyságrendekkel több információt ad.

3d modell előállítás

A kiszámított pontok egy sűrű pontfelhőt alkotnak, ami adott esetben már önmagában is használható három dimenziós modell. A szokásos további feldolgozás a felületmodellé alakítás, ahol kevesebb pontból, könnyebben kezelhető, mégis jobban kinéző zárt felületet alakítunk ki. A felületmodell színezéséhez és textúrázásához rendelkezésre állnak a kiinduló fényképek, amik a modell geometriai hibáit is elfedve fotorealistikus eredményt adnak.

A barlang egyes részeit külön-külön is modellezhetjük. Ilyenkor kisebb számítási kapacitás kell egyes részletekhez. A modell darabok egyesítéséhez 3 - 3 térbeli illesztőpontra van szükség. Ezeket a hagyományos poligon mérésből kapjuk, de a pontokat a jó láthatóság érdekében meg kell jelölni. A jelölésnek lehetőleg minél több fotón látszódnia kell, hogy a képeket egymáshoz és az alappontokhoz is tudja tájékozni az algoritmus.

szakaszokra kell osztani a barlangot (szűkületeknél mindenképpen) alappontokat kell mérni és megjelölni, szakaszonként legalább hármat egy-egy szakaszt végig kell fotózni



1. Ábra: Szemlő-hegyi-barlang, Kerek (Mária)-terem. A modellből kivágott szelet anaglyph képe