

Ing. Otto Horváth

HIERARCHIA FOTOGRAMETRICKÝCH ZÁZNAMOV PRE ARCHEOLÓGIU A ARCHITEKTONICKÚ HISTÓRIU

Tradične produkovala fotogrametria pre archeológiu 2D výšky a roviny. Zatiaľ čo tieto poskytujú užitočný záznam, majú len limitovanú použiteľnú aplikáciu a nemôžu sa zisťovať skôr, kým žiadaná informácia nie je priamo prezentovaná. Tieto limity znamenajú, že informácia je príbuzná súčasne k dôležitej veci, ale je neodpovedá na otázky, ktoré môžu neskôr položiť iní výskumníci. Stúpajúca účinnosť a klesajúca cena počítačovo-grafických staníc však znamená, že archeologické skupiny sa stávajú schopnými zadovážiť si vyhovujúci systém plnej 3D vizualizácie a manipulácie.

Tento článok čerpá z archeologického prieskumu Kristovej hrobky v Jeruzaleme, ktorý sa uskutočnil medzi rokmi 1989 a 1993. Cieľom prieskumu bolo splniť niekoľko archeologických požiadaviek vrátane presného záznamu ("kameň vedľa kameňa") pred rekonštrukciou, alebo reštauráciou, a štruktúry dát mali umožniť kombináciu a spájanie rozličných typov záznamov vrátane archeologických polných náčrtov, fotogrametrických dát a historických máp, plánov a výkresov. Tento článok diskutuje obsah takýchto záznamov a klasifikuje ich do postupnosti podľa stupňa objektivít.

Úvod

Fotogrametria bola používaná z času na čas za posledných pár desaťročí k vyhotoveniu náčrtov pre začlenenie uverejnených statí archeologického a architektonického výskumu. Tieto náčrty zvyčajne zobrazovali polohu existujúcich štruktúr, ale niekedy tiež boli vyhotovované fotogrametrické plány a sekcie. Takéto grafické výsledky fotogrametrie obsahujú v konečnom dôsledku tie isté informácie ako náčrty vyhotovené manuálnym meraním spraveným v priebehu prieskumu miesta. Takéto nákresy alebo skice nie sú natoľko použiteľné vo veľkom množstve 3D informácií, ktoré sú vlastníctvom fotogrametrie, ale tieto sú všeobecne uznávané pre účinné a jasné vyjadrenie archeologických a architektonických nálezov a ich záverov. Ako záznam z miesta majú nedostatok detailov, čo je chyba často rektifikovaná začlenením toho istého rozsahu uverejnených vysvetlení čierno-bielych fotografických ilustrácií. V poslednom desaťročí technologické zmeny reprezentovali hlavné možnosti pre získanie, zaznamenanie a prezentovanie informácií pre archeológiu a históriu architektúry čo nebolo možné predtým. Tieto vymoženosti sú sprevádzané ťažkosťami, z ktorých niektoré musia rozhodnúť,

ktorá informácia je nutná, ako ich získať a potom ich použiť na zvýšenie znalostí a poznania o zisťovanom mieste výskumu. Rozmanitosť technológií, ktoré sú teraz k dispozícii, sú samotným problémom pre archeológa a historika architektúry; údaje z diaľkových snímačov, ako napr. z umelých satelitov zeme, lietadiel a tiež z prístrojov blízkej fotogrametrie, tie ktoré používajú ultrazvuk a ostatných, ktoré možno získať. Fotogrametria je jedna z týchto dostupných technológií. Skúsenosť získaná počas výskumu histórie a súčasného stavu Kristovej hrobky v Jeruzaleme bola využitá na definovanie rozličných metód fotogrametrických záznamov a stanovenie ich hodnoty v súvislosti s archeológiou, históriou a možnosťou opravy malej komplikovanej štruktúry.

2. Prístup využívajúci analytickú fotogrametriu

Najsúčasnejší popis pôvodu, pracovného poľa a fotogrametrie je, podľa Coopera (1992), len stručným súhnom. Súčasná štruktúra, ktorá je známa ako hrobka Krista (pohrebisko) v Kostole svätej katedrály v Jeruzaleme datovaná z roku 1808, keď oheň v kostole spôsobil že strecha rotundy, pod ktorou hrobka stála, sa zrútila a niekoľkonásobne poškodila predchádzajúcu štruktúru. Súčasná budova je posledná zo série hrobiek, ktorých stavba sa datuje z čias Konštantína, ktorú staviteľia začali stavať ako veľkú baziliku v roku 326 na základe viery, že to je miesto ukrižovania a zmŕtvychvstania (vzkriesenia). Zemetrasenie v 1927 porušilo súčasnú hrobku i ďalšie časti kostola. Obnovujúce práce sa odvtedy vykonávajú okrem samotnej hrobky, ktorej pozostatky zostali stáť len preto, že bola obklopená oceľovým a dreveným lešením. Freeman-Grenville navrhol, aby sa spravil archeologický záznam a rekonštrukcia konštrukcie. Profesor Martin Bidlle z Oxfordu prevzal archeológiu. Príspevky z Greshamu College umožnili predbežnú návštevu miesta v roku 1989. Leverhulme Trust postupne financoval prácu počas troch rokov tak, aby mohla byť dokončená.

Na začiatku bolo rozhodnuté spraviť fotogrametrický záznam používajúc analytické metódy na vyhotovenie 3D záznamov vysokej presnosti. Hrobka je priebežne v používaní skoro nepretržite celý deň. Dokonca v noci, počas niekoľkých hodín, keď je pre návštevníkov kostol zatvorený, náboženské komunity, ktoré sú tu činné a ktoré majú vyhradený čas a právo majiteľov a práva vstupu do hrobky, vykonávajú tu stále ich individuálne pobožnosti. Prístup pre detailné meranie bol jasne veľmi obmedzený

a tým pádom fotografovanie sa zdalo byť metódou pre získanie množstva informácií relatívne rýchle a nenútené, pomocou fotogrametrie následne mimo pôsobiska.

Hrobka má len jeden vchod z rotundy. Ten vedie do dvoch malých komôr. Prvá väčšia, je kaplnka Anjelov veľkosti dva metre štvorcové a dva metre vysoká, preklenutá oblúkovou klenbou. Vchod asi 1 meter vysoký a 0,5 metra široký vedie z kaplnky Anjelov do druhej menšej komory (hrobková komora), ktorá je zakrytá kupolou podopretou stĺpmi, ktorých základy sú na úrovni vrchu vnútorných múrov. To všetko je obklopené strechou veľmi ľahko oblúkovou, na ktorej stojí druhá kupola, viac-menej priamo nad vnútornou kupolou. Komory sú lemované mramorovými tabuľami, s množstvom ornamentov, rezieb a popisov. Zhľuky olejových lúčok visia hneď vo výške hlavy, ktoré sú zo železných rámov a spúšťajú ich alebo dvíhajú v určitú dobu, aby lampy mohli byť vyčistené a doplnené olejom. Prístup do miesta je len na povolenie a tiež len v určitú dobu. Hrobka je geometricky veľmi komplikovaná s málo vstupnými priestormi, že je ťažko vstúpiť dnu aj bez meračských pomôcok alebo kamier.

Obmedzenia vstupu na miesto znamenali, že nebolo možné naplánovať a získať optimálne miesto pre kamery alebo zamerať kontrolné body. Príležitosti na zhotovenie fotografií a meračské kontroly bolo možné vykonať len keď to bolo možné. To nespôsobovalo žiadne problémy počas nasledujúcich analytických procedúr, pretože spočiatku bolo rozhodnuté použiť všetky merania (šikmé dĺžky, horizontálne a vertikálne meranie uhlov) so všetkými fotogrametrickými meraniami (komparátorové súradnice) v súčasnom procese riešenia metódy najmenších štvorcov a vyhodnotiť parametre kamery a 3D súradnice meraných bodov a vlícovacích bodov a následne digitalizovať 3D dáta v analytickom fotogrametrickom plote.

Snímkovanie sa robilo tak, aby pokrytie bolo úplné a meranie tak, aby sa vykonalo meranie siete a bodov (prístrojové stanoviská, prirodzené obrysy a objekty) vo vnútri a okolo priestoru okupovaného hrobkou. Nezávislosť týchto dvoch aktivít dávala flexibilitu k získaniu údajov keď sa naskytla možnosť. Ďalšia prednosť tejto použitej metodológie bola, že metóda najmenších štvorcov dala číselné vyjadrenie presnosti, skutočnosti a dôkladnosti meraných a odvodených údajov. Táto metóda je najmä cenná keď malé rozdiely v polohe a výškach môžu byť architektonickou jedinečnosťou.

Snímky boli zhotovené kamerou Zeiss UMK 10/1318 používajúc sklenené dosky pokryté emulziou Agfa Avipan 100PE. Nepriame osvetlenie z dvoch 2kW tungsten halogénových lúčok bolo použité so spojením UMK. Pre snímání stiesnených miest vo vnútri hrobky, kde nebolo možné manipulovať s UMK, bol použitý Hasselblad SWC so 100 bodovou mriežkou a pevným ohniskom (1,2 m do nekonečna pri clone 22). Hasselblad mohol byť namontovaný obojstranne vľavo alebo vpravo na základnici,

ktorá bola pravouhlo zaistená na ľahkej kovovej výsuvnej tyči s rozpätím od 0,5 m do 2,5 m.

Kamera kombinovaná s bleskom bola dvíhaná alebo spúšťaná do malých priestorov do vnútra vnútorných kupol a takto boli vyhotovené fotografie. Potom kameru umiestnili na opačný koniec základnice a proces získavania fotografií sa opakoval. Umiestnenie a urovanie kamery robila zakaždým od oka osoba, ktorá držala druhú stranu tyče. Použitý bol film Ilford FP4. Všetky fotografické (laboratórne) procesy sa uskutočnili mimo objektu v hotelovej kúpeľni v strede Starého mesta len niekoľko sto metrov od kostola, kde skupina bývala počas práce.

Po návrate do Londýna boli vyhotovené kópie snímok a boli označené merané body. Ako sa očakávalo (a tiež naplánovalo), mnoho fotografií neobsahovalo obrazy meraných bodov. Vlícovacie body boli vybrané na daných fotografiách, ktoré boli zhotovené v rozličných časoch s rozličnými kamerami a často z veľmi rozdielných pohľadov. Tento proces bol ťažký a dlhý. Bolo dôležité vybrať a spraviť náčrty obrysov pre vlícovacie body a síce tak, aby každý vlícovací bod mohol byť pozitívne identifikovaný i na iných fotografiách, ktoré majú iný perspektívny pohľad. Snímkové súradnice pre každý terč a obraz vlícovacieho bodu boli merané trikrát stereoskopicky na Intergrappe IMA. Definitívne súradnice a určenie parametrov skreslenia objektívu boli použité na odvodenie snímkových súradníc pre vyrovnanie metódou najmenších štvorcov.

Detailné štatistiky vyrovnania zväzku lúčov boli publikované Cooperom (1992). Parametre vzťažné k 6 kamerám a vyše 200 fotografiám, boli určené súčasne so súradnicami vyše 400 bodov objektu zo 4500 nezávislých postupov z asi 7000 meraní. Hodnoty stredných chýb určených súradníc 400 bodov objektu boli medzi 3,5 a 4,6 mm.

Analytický fotogrametrický prístroj (Intergraph Inter Map Analytic) bol použitý na vyhotovenie digitálnych údajov zo stereodvojíc, ktoré kvôli neprístupnosti dotyčného miesta boli často vysokokonvergentné, alebo ináč nepoužiteľné v analógovom vyhodnocovacom prístroji. Obrysové čiary sú teraz editované použitím Intergraph Micro-Station na vyhotovenie povrchov a hrán pre vizualizáciu. Počítačovo-grafická kópia hrobky sa začína vytvárať. Príbuzná databáza (Oracle verziou 6.0) začína byť zostavovaná, vrátane kópie, zosnímaných farebných fotografií z každého kameňa a textových informácií o každom kameni. Je vhodné spraviť kritický prehľad, čo bolo doteraz spravené, predovšetkým porovnaním späťne, ako sa veľmi menili technológie počítačovo-grafického a digitálneho vyhotovenia obrazu.

Hierarchia záznamov je ponúknutá pre fotogrametriu budov pre archeológiu alebo históriu architektúry. Keď sa získajú záznamy prispôsobujúce sa k navrhovanej hierarchii, tie budú použiteľné nielen pre momentálne požiadavky, ale tiež v budúcnosti, keď technologické zmeny

budú reprezentovať nové možnosti pre vyskúšanie a použitie historickej evidencie. Spraviac túto ponuku autori nasledujú príklad Bernardina Amica, ktorého záznamy z merania hrobky v poslednom desaťročí šestnásteho storočia (Amico 1609) bolo urobené tak, že boli použité na konštrukciu počítačovo-grafickej kópie ako časť súčasnej práce.

3. Hierarchia fotogrametrických záznamov

Dotyčné spracovanie dát, ktoré bolo urobené mimo tohto projektu, viedlo k identifikácii hierarchie fotogrametrických záznamov, ktoré sú nezávislé od dotýčnych cieľov a procesov, ktoré môžu byť aplikované v určitom čase. Hierarchia stupňov korešponduje k úrovni objektivity záznamov. V základnej úrovni sú tieto záznamy, ktoré sú vo forme, v ktorej boli získané v teréne a ktoré sú zhodné s archívom. Tie sú samotne kompletne a mali by byť popísané alebo katalogované tak, aby mohli byť plne využiteľné v budúcnosti keď sú reálne nové metódy transformácie, analýzy a prezentácie digitálneho zobrazenia a priestorových informácií.

Na druhej strane hierarchie je uverejnený archeologický a historický záznam práce, ktorá začleňuje nielen popis a záznam preskúmaného miesta, ale tiež vyjadrenia, hypotézy, návrhy a závery o mieste a jeho kontext zakladajúci sa na súčasnej práci a inej evidencii.

3.1. Primárne záznamy.

Tieto zahŕňujú všetky záznamy získané na mieste ako fotografické negatívy (fotogrametrické i pre obrazové použitie), meracie pozorovania, detaily výsledkov prístrojových testov a skúšok, popis meračských stanovišť, situovanie a typy fotogrametrických terčov, definíciu siedmich prvkov priestorového referenčného súradnicového systému a ďalších informácií, ako sériové čísla použitých prístrojov, približnú pozíciu a orientáciu kamery, fotografie, emulzie, postupy spracovania, dátumy, časy, podmienky, za ktorých údaje boli získané, detaily o tých, čo sa zúčastnili práce a ostatné informácie vzťahujúce sa ku kvalite údajov primárnych záznamov, ktoré by mohli ovplyvniť ich presnosť, priaznivo alebo nepriaznivo. Primárne záznamy získané na pracovisku musia byť doplnené výsledkami súčasnej kalibrácie meračských prístrojov a kamier.

Primárne záznamy môžu mať rozličnú formu, ale musí to byť originál a nie odvodenina. Pri elektronickej tachymetrii, sú záznamy obvykle zaznamenané priamo na zariadenie pevnej pamäte. Napriek tomu tachymeter môže obsahovať spracovanie údajov pre výpočet a potom uskladnenie odvodených výpočtov ako horizontálne vzdialenosti, výškové rozdiely a priestorové súradnice, čítania kruhov a šikmé vzdialenosti, ktoré môžu byť taktiež zaznamenané. Zariadenie na uskladnenie dát malo by byť napojené na počítač a normálny zaisťovací postup

prispôbený na zabezpečenie číselného záznamu nameraných údajov. Prístroj a výška terča, prístrojové konštanty a všetky atmosférické a iné opravy, ktoré boli aplikované, mali by byť zaznamenané. Meračský zápisník alebo miestne poznámky majú obsahovať všetky dodatočné informácie písané v čase merania, ako detaily o pozícii kamery, ktoré samotné sú primárnym záznamom. Poznámky písané neskôr mali by byť odlišné od tých, ktoré boli zhotovené v čase merania a fotografovania.

Fotografické negatívy sú momentálne hlavnou formou základných fotogrametrických záznamov, ale digitálne obrazy ich postupne nahradia, pretože sa postupne zlepšuje rozlišovacia schopnosť a geometrická stabilita digitálnych systémov. Rozlíšenie a citlivosť digitálneho snímača musí dávať dostatočné informácie pre rekonštrukciu detailu povrchu objektu. Obmedzenia momentálnych dostupných digitálnych zobrazovacích prístrojov znamenajú, že takéto odporúčenie sa môže stretnúť s neakceptovateľným veľkým počtom snímok v súčasnosti, avšak obmedzenia sa stanú menej reštriktívne, keď sa do procesu zapojí technologický vývoj.

3.2 Sekundárne záznamy

Tieto sú odvodené priamo od primárnych záznamov. Tieto samotné nie sú koncové, ale sú potrebné v predbežnom stave k produkcii údajov pre špecifické účely. Tieto byť vo forme číselných údajov získaných z matematických transformácií primárnych záznamov (ako vyrovnanie priestorových súradníc MNS a orientačných parametrov kamery), alebo v tvare materiálov (ako v prípade fotografických kópií), alebo tieto môžu byť 3D sledom grafických prvkov v počítačovo-grafickom systéme. Sekundárne záznamy sú vyhotovené na žiadosť fotogrametra alebo archeológa. Tieto sú preto menej objektívne a menej kompletne ako primárne záznamy. Vyhotovovanie sekundárnych záznamov nesmie spôsobiť zmenu v žiadnych primárnych záznamoch.

3.3 Terciálne záznamy

Sú potrebné pre špeciálne účely spojené priamo s momentálnymi archeologickými, historickými a architektonickými skutočnosťami a poznámkami k nim. Tieto sú odvodené buď z primárnych alebo sekundárnych záznamov, ale ich odvodenie nesmie spôsobiť žiadne zmeny v predchádzajúcich. Príklady týchto záznamov sú: plány, rezy, výšky, výseky pohľadov, a izometrické a perspektívne projekcie. Tie dokumentujú špeciálne aspekty článku. Plnostenná a štruktúrna kópia celkového povrchu textúry budovy v počítačovo-grafickom systéme môže byť podkladom špecifických 2-D vyhodnotení a snímok. Spojitosť kópie s textovou informáciou a digitálnymi zobrazeniami v databáze je indikáciou potreby k premysleniu formy, ktorou by mali byť urobené archeologické a historické

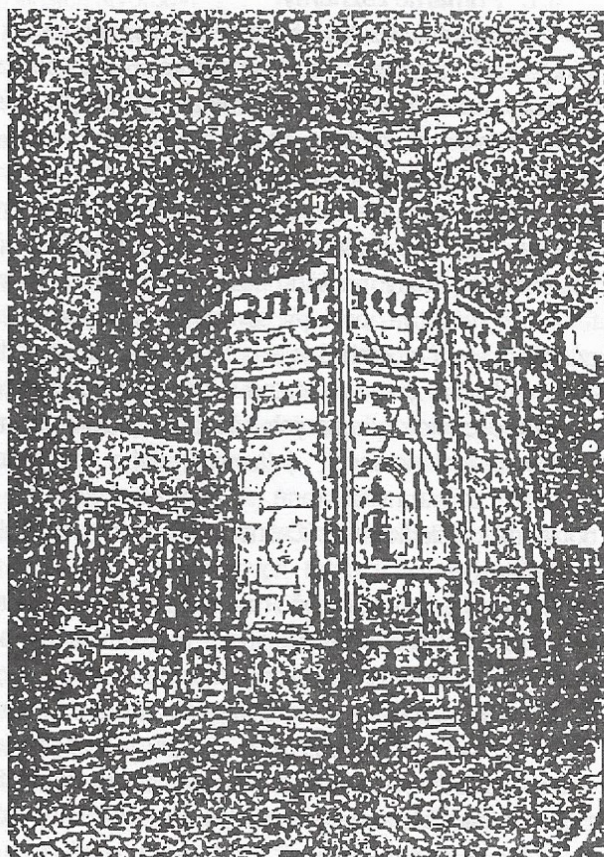
uzávery. Je možné zlučiť vyjadrenie uverejnených sekundárnych a terciálnych záznamov a tiež uzávery do kompletnej digitálnej formy.

Záver.

Hierarchia fotogrametrických záznamov bola navrhnutá na základe skúseností získaných počas fotogrametrického merania, ktoré bolo časťou archeologického výskumu Kristovej hrobky. Je dôležité určiť záznamy, ktoré sú primárne v tom dôsledku, že obsahujú maximum objektívnych kvantitatívnych a kvalitatívnych informácií o práci. Identifikácia primárnych záznamov a ich evidovanie (udržovanie) v archíve a použitých v budúcnosti pre analýzy, ktorých technológie sú vo vývoji, je veľmi dôležitá. Fotogrametria je jeden z príkladov techniky, ktorá môže byť príspevkom pre archeologický a architektonický výskum a záznam. I keď ponúka unikátnu priestorovú presnosť a množstvo informácií, blízku spoluprácu a vzájomné pochopenie medzi archeológom, architektom a fotogrametrom, je podstatné, keď fotogrametria zlepši výsledky archeologického a architektonického výskumu. Jeden z problémov ktorý sa má riešiť, je forma, akou by bohatstvo detailu, ktorú fotogrametria a digitálne zobrazenie môže dať, mala byť publikovaná.



Časť 3D povrchu modelu ukazujúca východný vchod do hrobky (terciálny záznam)



Snímka na sklenej doske, ukazujúca juhozápadný roh hrobky (primárny záznam)