

TRIDIMENZIONALNI FOTOGRAMETRIČNI ZAJEM PODATKOV ZA IZDELAVO PROSTORSKIH MODELOV ARHITEKTURNIH OBJEKTOV

Miran Janežič

Inštitut za geodezijo in fotogrametrijo FGG, Ljubljana

Prispelo za objavo: 1996-07-10

Pripravljeno za objavo: 1996-09-02

Izveček

V prispevku so kratko predstavljeni nekateri rezultati diplomske naloge, ki jo je avtor uspešno zagovarjal marca 1996. Osrednja tema naloge sega na področje tridimenzionalne arhitekturne fotogrametrije.

Najpomembnejši rezultat naloge je programski paket "3D", ki deluje v okolju AutoCADr12 in omogoča tridimenzionalni zajem točk in linij iz fotogrametričnega instrumenta in editiranje tridimenzionalnih podatkov v zaključen žični model objekta. Predlagane rešitve in njihova programska izvedba so rezultat lastnega razvoja.

Ključne besede: 3D modeliranje objektov, arhitekturna fotogrametrija, AutoCAD, računalniška grafika

Abstract

In the paper, some results of the diploma work which the author successfully finished in March 1996 are briefly presented. The main topic is three-dimensional architectural photogrammetry. The most important result of the work is a program "3D" package operating in the AutoCADr12 environment. The program enables the editing of photogrammetrically acquired three-dimensional data in order to complete wireframe object models. Proposed solutions and the developed program package are the results of the author's own development.

Keywords: 3D object modeling, architectural photogrammetry, AutoCAD, computer graphics

1 UVOD

Uporaba fotogrametrije na področju metričnega dokumentiranja arhitekturnih objektov ima dolgoletno tradicijo. Za očeta fotogrametrije sicer velja francoski inženir-oficir Aim Laussedat, ki je leta 1851 prvič uporabil fotografije za topografsko

izmero terena. Vendar je že leta 1858 nemški arhitekt in gradbeni mojster Albrecht Meydenbauer uporabil fotografije za izdelavo načrtov Wetzlarske katedrale. Ko so se kasneje fotogrametrične metode tehnološko spreminjale, so bili med prvimi aplikacijami vedno tudi arhitekturni objekti. Danes pa stroka žal ugotavlja, da se kljub nespremenjenemu ali pa morda celo povečanemu povpraševanju po izmeri in dokumentaciji arhitekturnih objektov, še posebej na področju kulturne dediščine, nove tehnike in fotogrametrični dosežki uporabljajo izjemoma. Ta ugotovitev velja v svetovnih razsežnostih (Streilein, 1994).

Vzrokov za to je seveda več, vendar je po našem mnenju eden od ključnih vzrokov za takšno stanje nezadovoljiva delovno-produkcijska raven obstoječih orodij CAD (computer aided design) in CAAD (computer aided architectural design), ki so le navidezno tridimenzionalna. Tretja dimenzija se običajno ustvari s kombinacijo več ravnin, kar je zelo zamudno in pri obsežnejšem objektu nesprejemljivo. Ta ugotovitev se nanaša na izdelavo tridimenzionalnih arhitekturnih modelov, ki so izdelani iz originalno zajetih fotogrametričnih podatkov. Sicer se moderne fotogrametrične metode in tehnike, kot npr. digitalni ortofoto, avtomatska ekstrakcija robov, segmentiranje, itd. v praksi uspešno uporabljajo.

Če želimo 3D-fotogrametrično zajete podatke arhitekturnih objektov nadgraditi v 3D-model objekta z obstoječimi grafičnimi orodji, naletimo na velike težave. Pri tem je pomembno dejstvo, da so objekti praviloma neregularnih oblik in zato tridimenzionalnih funkcij, ki jih uporabljajo projektanti za izdelavo novih projektov, ne moremo uporabljati. Za operativno delo je potrebno izdelati nove funkcije in module, ki delo v prvi vrsti najprej olajšajo oz. sploh omogočijo. Vendar ne gre le za programersko delo. Predvsem je potrebno strokovno opredeliti koncept dela, ki poleg tehnologije dela vključuje tudi ustrezne strokovne rešitve. Izdelava zaključenih tridimenzionalnih modelov arhitekturnih objektov iz izvirno zajetih podatkov je s strokovnega stališča zahtevnejša naloga, kot se zdi na prvi pogled.

Glavni razlogi, zakaj se arhitekturna fotogrametrija usmerja v tridimenzionalne izdelke, so predvsem naslednji:

- tridimenzionalna predstavitev objekta je identična naravnemu načinu videnja stvarnosti
- izkoristimo dejstvo, da fotogrametrija že v osnovi zajema tridimenzionalne podatke
- možnost uporabe 3D-modelov objekta je raznolika. Lahko jih barvamo, senčimo, določamo materiale, vrtimo v prostoru, izdelujemo poljubne prereze, poglede
- na modelu objekta lahko izvajamo simulacije posegov (načrtovanje restavracije, rekonstrukcije), preizkušamo različne zamisli.

2 FOTOGRAMETRIČNI ZAJEM PODATKOV IN NADGRADNJA V 3D-MODEL

Fotogrametrični instrumenti omogočajo vektorski zajem 3D-koordinat posameznih točk objekta. Iz posnetkov običajno ne moremo zajeti vseh podatkov (ni vse vidno), zato zajete točke in linije niso popolnoma zaključene. Običajni izdelki arhitekturne fotogrametrije so še vedno dvodimenzionalni grafični načrti (tlorisi, narisi, prerezi) v analogni ali digitalni obliki. S projiciranjem originalno

tridimenzionalno zajetih podatkov na projekcijsko ravnino se podatki o tretji dimenziji izgubijo. Dvodimenzionalni načrti seveda niso slabi ali neuporabni, vendar želimo iz navedenih razlogov uporabljati tridimenzionalne podatke. Za prostorski prikaz zelo razgibanega objekta namreč potrebujemo veliko profilov in prerezov. Vendar pa izdelava tridimenzionalnih arhitekturnih modelov zahteva drugačen tehnološki pristop (koncept), kot ga uporabljamo pri izdelavi dvodimenzionalnih izdelkov. Na osnovi pridobljenih izkušenj smo glavne probleme pri izdelavi tridimenzionalnih modelov strnili v naslednjih točkah.

Definiranje ravnin

Pri dvodimenzionalnih prikazih so točke, projicirane na posamezne fiktivne ravnine, ki so običajno vertikalne (fasade, prerezi) ali horizontalne (tloris). Pri tridimenzionalnih modelih pa je vsaka točka postavljena v prostor, zato ni več idealno vertikalnih ali horizontalnih površin objekta. Dejstvo je, da grafična orodja, namenjena širšemu krogu uporabnikov, ne omogočajo editiranja na ploskvah, zato moramo objekt predstaviti na posameznih prostorskih ravninah, ki pa niso nujno vertikalne ali horizontalne.

Generalizacija končnega izdelka

Glede na zahtevano končno merilo izdelka mora biti zagotovljena tudi natančnost izdelka, ki je običajno znotraj grafične meje natančnosti (0,2 mm v merilu načrta). Vektorski 3D-podatki so v računalniku shranjeni v originalni velikosti zajema – dejansko v merilu 1:1, čeprav sama natančnost podatkov ustreza končnemu izdelku v določenem merilu. Pri povečevanju (zoom) v orodju CAD lahko posamezne detajle močno povečamo. Manjša nesoglasja (npr. liniji se v prostoru ne sekata), ki so sicer v okviru zahtevane natančnosti končnega merila izdelka, je zaradi prostorske zaključenosti modela potrebno odpraviti. V kartografskem jeziku bi rekli, da je treba zajete podatke generalizirati glede na končno merilo izdelka (premikanje elementov je eden od načinov kartografske generalizacije). Tovrstna generalizacija je s strokovnega stališča zahtevna, ker je težko postaviti enolične kriterije. Brez jasno postavljenih kriterijev je postopek težko ustrezno avtomatizirati. Možna rešitev je interaktivno delo, kjer je treba odločitve sprejeti glede na značilnosti odstopanj (njihova velikost, kateri podatek je bolj zanesljiv ipd.), vendar je takšna pot precej zamudna.

Logična usklajenost podatkov

Logična usklajenost podatkov pomeni, da morajo biti posamezni elementi objekta na modelu definirani enolično. Primeri: rob med dvema fasadama je en sam, notranji prostori objekta se ujemajo z zunanostjo objekta (primer: odprtina okna zunaj in znotraj), stik strehe s fasado mora biti enolično definiran ipd.

Zagotavljanje homogenosti

Objekt je običajno posnet z geodetskimi točkami in večjim številom posameznih fotogrametričnih posnetkov ali stereoparov. Le-ti so lahko v različnih merilih, eni zajemajo večji del objekta, drugi prikazujejo detajle. Različno natančne podatke pri graditvi modela moramo uporabljati tako, da ohranimo homogeno natančnost. To

najlažje dosežemo s konceptom graditve modela od velikega k malemu. Praktične izkušnje nas učijo, da je priporočljivo najprej dobro definirati osnovne dimenzije objekta oz. žičnega modela z geodetskimi točkami, ki so izravnane v prostorskem bloku. Na to osnovno definirano prostorsko pozicijo objekta se nato dodaja posamezne elemente objekta s fotogrametrično restitucijo ali ročnimi meritvami. Na tak način se natančnost objekta v prostoru ohranja, posamezni detajli pa so lahko relativno (medsebojno) bolj natančni. Na primer, če izmerimo širino okna z merskim trakom, je izmerjena razdalja relativno zelo natančna, vendar pa je pozicija ene oz. druge točke (ki predstavljata daljico) v prostoru definirana glede na položaj cele fasade v prostoru. Zato je potrebno najprej zelo dobro prostorsko definirati položaj fasade v prostoru.

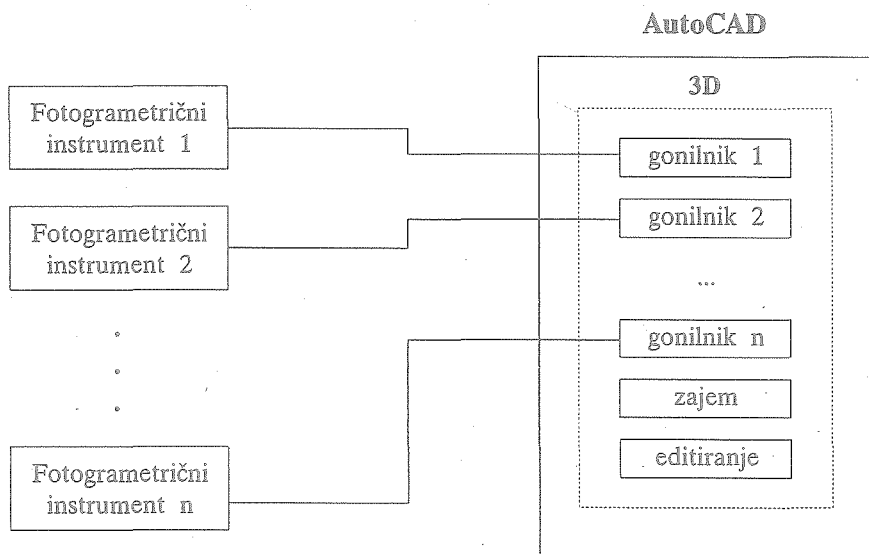
Editiranje in kopiranje elementov

Za izdelavo žičnega oz. ploskovnega modela objekta moramo najprej nepopolno fotogrametrično zajete podatke dopolniti (na osnovi ročnih ali geodetskih meritev). Preveriti moramo, da so vse linije zaključene, vogali in stičišča enolično določena ipd. V grafičnih orodjih imamo možnost kopiranja enakih elementov. Uporabnik postavi kriterije, kdaj določene elemente lahko upoštevamo za enake in jih samo kopiramo na ustrezno pozicijo (npr. na fasadi je veliko enakih oken; zajem in editiranje vsakega posebej bi bilo zelo zamudno in bi podražilo izdelek). V vsakem primeru pa je priporočljivo, da na neki način ločimo konstruirane in kopirane elemente od osnovno zajetih (npr. z različnimi sloji, barvami ipd.), da ohranimo možnost kasnejše kontrole izdelka. Našteli smo le nekaj ključnih problemov in nakazali njihove možne rešitve. Trenutno se moramo sprijazniti z dejstvom, da idealnega grafičnega orodja na širokem uporabniškem trgu ni, zato je potreben lasten razvoj.

3 PROGRAMSKI PAKET 3D

Na trgu obstaja veliko različnih proizvajalcev programskih orodij za računalniško grafiko. Poleg čisto komercialnih izdelkov svoja programska orodja ponujajo tudi posamezni proizvajalci fotogrametričnih instrumentov, vendar je poudarek večinoma na izdelavi topografskih izdelkov. Nekateri programski paketi so tudi zaprti za uporabniško nadgrajevanje. Za osnovni koncept razvoja smo izbrali osebne računalnike in obstoječ sistem CAD. Po pregledu in analizi dostopnih orodij smo se odločili za AutoCAD (proizvajalec Autodesk). Poleg vsesplošne uporabnosti AutoCAD-a je na našo odločitev vplivala tudi njegova razširjenost. Na podlagi potreb in pridobljenih izkušenj pri izdelavi konkretnih projektov smo v okolju AutoCAD-a (verzija 12 ali več) razvili programski paket z imenom 3D. Po izvedeni inštalaciji se na osnovnem AutoCAD-ovem meniju pojavi kot dodatna možnost, pod katero se nahaja zavesni meni osnovnih funkcij programa. Vse standardne funkcije AutoCAD-a lahko direktno uporabljamo znotraj našega programa.

Programski paket 3D je namenjen zajemanju in obdelavi fotogrametrično zajetih tridimenzionalnih podatkov. Program lahko uporabimo tudi samo za editiranje kakršnihkoli tridimenzionalnih podatkov, brez povezave s fotogrametričnim instrumentom. Celoten program je zgrajen modularno (Slika 1):



Slika 1

Fotogrametrični instrument za zajem podatkov je lahko sodoben analitični ali analogni instrument, ki ima vgrajene enkoderje za pretvorbo mehanskih premikov v digitalno obliko. Za vsak tip fotogrametričnega instrumenta potrebujemo ustrezni gonilnik, ki omogoča, da prostorske koordinate posameznih točk dobimo neposredno v AutoCAD-u. Ko uporabljamo ukaze, ki povezujejo računalnik in fotogrametrični instrument, se namesto kazalca, ki ga upravljamo z miško, pojavi kazalec, ki prikazuje položaj markice v instrumentu. Pred samim zajemom moramo na fotogrametričnem instrumentu narediti relativno orientacijo modela. Če je instrument analogen, zajemamo modelne koordinate, program 3D pa omogoča izračun parametrov absolutne orientacije. Pri zajemu se modelne koordinate on-line (spróti) transformirajo v absolutne koordinate, ki se prikazujejo v AutoCAD-u. Če pa je instrument analitičen, lahko izvedemo analitično absolutno orientacijo v instrumentu in v programu 3D nadaljujemo z zajemom absolutnih prostorskih koordinat. Zajemamo lahko posamezne točke, linije kontinuirano in točkovno ter dvojne linije. Pri tem lahko posamezne podatke zapisujemo na različne sloje (layer-je), ki jih definiramo sami.

Če strnem, programski paket 3D omogoča:

- ☐ izračun parametrov absolutne orientacije
- ☐ pregled modelnih koordinat in koordinat v referenčnem koordinatnem sistemu
- ☐ zajem točk
- ☐ zajem linij točkovno in z inkrementom
- ☐ zajem dvojnih linij
- ☐ definiranje geometrijskih ravnin kot nove entitete v AutoCAD-u

- uvoz in izvoz definiranih geometrijskih ravnin med različnimi slikami
- editiranje zajetih podatkov z različnimi funkcijami (npr. prostorski presek premic, presečišče premice z geometrijsko ravnino, prostorsko podaljšanje in skrajšanje daljic, daljšanje in krajšanje daljic do geometrijske ravnine, projiciranje elementov na geometrijsko ravnino ipd.)
- direkten vnos točk z datoteke ASCII
- uporabo vseh originalnih AutoCAD-ovih funkcij in ukazov
- uporabo na vseh platformah (ravneh), na katerih lahko poganjamo AutoCAD.

Za praktično delo so najpomembnejše nove funkcije, ki omogočajo tridimenzionalno editiranje. Vpeljana je tudi nova entiteta znotraj AutoCAD-a, t.j. geometrijska ravnina, ki učinkovito nadomešča uporabo uporabniškega koordinatnega sistema (UCS-user coordinate system).

4 ZAKLJUČEK

Področje arhitekturne fotogrametrije, ki se ukvarja z izdelavo tridimenzionalnih modelov, je danes izredno aktualno in predstavlja velik strokovni izziv. V mednarodni strokovni literaturi ni veliko prispevkov, niti ni obsežnejše publikacije o tem. Sistematično obdelano področje arhitekturne fotogrametrije v okviru diplomske naloge bo tako v pomoč vsem, ki se v slovenskem prostoru kakorkoli srečujejo s to problematiko. Predlagane rešitve in njihova programska izvedba so rezultat timskega dela na izvedbenih projektih, ki jih izvaja Inštitut za geodezijo in fotogrametrijo FGG.

Za nadaljnje delo je vzpodbudno dejstvo, da se v slovenskem okolju odpirajo možnosti večje in bolj sistemske uporabe izdelkov arhitekturne fotogrametrije na področju kulturne dediščine, ne nazadnje tudi zaradi skrbnejšega odnosa slovenske družbe do kulturne dediščine. V nadaljevanju je treba še poglobiti sodelovanje z uporabniki fotogrametričnih izdelkov in skupno oblikovati minimalne standarde, ki vključujejo terminologijo, tehnologijo in različne izdelke.

Literatura:

- AutoCAD release 12, Customization Manual. Extras Manual. Programmers Reference. Autodesk, 1992*
- Boesemann, W., Ein photogrammetrisches Verfahren zur modellgestützten Objektrekonstruktion. Doktorska disertacija. DGK št. 422. Muenchen, 1994*
- Fras, Z., Enoslikovna fotogrametrija v dobi analitične in digitalne fotogrametrije. Magistrska naloga. FAGG OGG, Ljubljana, 1992*
- Koch, R., Model-based 3-D scene analysis from stereoscopic image sequences. ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing, Volume 49, št. 5, 1994*
- Lovenjak, J., Fotogrametrični monorestitucijski sistem za aplikacije v arhitekturi. Diplomska naloga št.405. FAGG OGG, Ljubljana, 1990*
- Marten, W., Mauelshagen, L., Pallaske, R., Digital orthoimage-system for architecture representation. ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing, Volume 49, št. 5, 1994*
- Matteotti, G., Vettore, A., Experiences in architectural photogrammetry and computer graphics: The survey of villa Revedin Rinaldi Bolasco in castelfranco Veneto, Treviso, Italy. Krakov, CIPA XII International Symposium, 1990*
- Mihajlović, D., Praktikum iz analitičke fotogrametrije. Beograd, Građevinski fakultet, 1990*
- Saint Aubin, J.P., Le relev et la representation de l'architecture. Pariz, Documents et methodes No 2, 1992*

- Specification for architectural photogrammetric surveys. English Heritage, London, 1992*
- Stephani, M., Digital Surface generation and visualization in archeology and architecture. Krakov, CIPA XII International Symposium, 1990*
- Streilein, A., Towards automation in architectural photogrammetry: CAD-based 3D feature extraction. ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing, Volume 49, št. 5, oktober 1994*
- Weimann, G., Architektur-Photogrammetrie. Karlsruhe, Wichmann Verlag, 1988*
- Recenzija: mag. Vasja Bric*
Mojca Kosmatin Fras