UDK (UDC) 528.7:681.3:721
061.3(497.12 Otočec)„1995“:528

RAZVOJ DIGITALNE FOTOGRAMETRIJE – ZAJEMANJE ZGRADB

mag. Vasja Bric
Geodetski zavod Slovenije, Ljubljana
Prispelo za objavo: 1995-07-06
Pripravljeno za objavo: 1995-07-06

Izvleček

Avtomatizacija fotogrametrije je postala možna z razvojem digitalne fotogrametrije, kjer računalniški algoritmi neposredno obdelujejo slike, prepoznavajo njihove posamezne dele in uporabljajo zunanje znanje o slikah za prepoznavanje objektov. 3D objekte, kot so zgradbe, lahko uporabljamo v mnogih aplikacijah. Ročno zajemanje zgradb je zamudno in utrudljivo, zato se mnogi ukvarjajo z raziskavami o avtomatizaciji tega postopka. Namen članka je pregled nekaterih tehnik avtomatskega zajemanja zgradb.
Ključne besede: *avtomatizacija, digitalna fotogrametrija, digitalni ortofoto, Geodetski dan, modeliranje, Otočec, zajemanje zgradb, 1995*

Abstract

The development of digital photogrammetry has made automation possible. Computer algorithms can manipulate images, recognize its individual parts and use external knowledge about images for feature extraction. Manual digitizing of buildings is time consuming and cumbersome, so researchers are trying to automate the procedure. The purpose of the article is to provide an overview of procedures for automatic building extraction.
Keywords: *automation, building extraction, digital ortophoto, digital photogrammetry, Geodetic workshop, modelling, Otočec, 1995*

1 TOPOGRAFSKO MODELIRANJE

Opis zemeljskega površja v obliki digitalnega modela reliefa (DMR) predstavlja danes glavno nalogo 3D topografskega modeliranja. DMR predstavlja opis topografskih objektov v določenem merilu. S povečanjem merila se pojavlja vrsta problemov, ki neposredno vplivajo na natačnost modeliranja. Čeprav fotogrametrija nudi kar nekaj metod za generiranje DMR-ja, je zajemanje pravega topografskega površja v gozdu in gosto poseljenih območjih zelo zahtevno. Informacije o zgradbah so največkrat izražene kot tloris v 2D obliki. Tretja dimenzija je največkrat predstavljena indirektno, npr. s številom nadstropij, kar vodi v enostavno „blok“

predstavitev urbanih območij. Preden začnemo zgradbe modelirati, je treba definirati pravila za generalizacijo in oceno kvalitete podatkov.

2 ZAKAJ 3D MODELIRANJE

Obstaja splošna potreba po 3D informacijah o topografskih objektih. Eden od razlogov je potreba po večji učinkovitosti načrtovanja v prostoru. DMR je edini razširjen topografski model. Uporablja se v aplikacijah, kot so geologija, hidrologija, geografija, morfologija, meteorologija in drugje. Zaradi zmožnosti modernih računalnikov so zahteve po natančnejših simulacijah v večjih merilih večje. Zato je treba povečati resolucijo topografskih modelov.

Aplikacije v velikih merilih zahtevajo 3D podatke, prirejene novim možnostim analiz prostorskih informacij. Glavni problemi so kompleksnost in količina 3D podatkov. Potrebne so nove metode zajemanja 3D podatkov za velike površine in veliko resolucijo. Potrebe po takih podatkih nastopajo na naslednjih področjih:

- telekomunikacije (optimizacija lokacije ...)
- načrtovanje v urbanih okoljih (načrtovanje novih zgradb ...)
- onesnaževanje v industriji
- kataster zgradb
- simulacija reševalnih akcij
- napovedovanje poplavnih območij
- načrtovanje komunalnih vodov.

3 PROBLEMI IN STRATEGIJE ZAJEMANJA ZGRADB

Zaradi naraščajočega števila uporabnikov 3D topografskih modelov je razvoj učinkovitega zajemanja zgradb neodložljiv. Glavni namen zajemanja zgradb je pridobitev geometričnih in semantičnih informacij o objektu, t.j. razred, oblika, pozicija in orientacija. Za mnoge aplikacije topografska natančnost ponavadi zadošča. Velikokrat sta pomembnejši popolnost in ažurnost podatkov kot njihova natančnost. Avtomatizacija zajemanja zgradb iz slik je kompleksna naloga, kjer je treba rešiti naslednja glavna problema:

- slike vsebujejo veliko več podatkov, kot jih potrebujemo za rešitev naloge
- zajemanje 3D podatkov iz 2D slike ni popolnoma enolično.

3.1 Problem interpretacije

Izluščeni robovi in segmenti (deli robov) zgradb niso preveč obetajoči za potrebe rekonstrukcije. Slab kontrast med streho in okolico povzroča veliko razčlenjenost in nepovezanost robov. Okoliški objekti, kot so drevesa in avtomobili, to razčlenjenost in šume na robovih še povečujejo. Dimniki, uporaba različne kritine in sence prav tako povečajo razčlenjenost. Na skupnih robovih dveh ali več zgradb se seka monogo pravih in navideznih robov, kar otežuje sledenje obodu posamezne strehe. Senca strehe na tleh je zelo razčlenjena zaradi predmetov okoli zgradbe, kot so pločniki, drevesa, avtomobili, kjer se spreminjata kontrast in oblika robov. Probleme zajemanja zgradb lahko zaokrožimo:

- kvaliteta slike: slika vsebuje spremembe v kontrastu, vidnosti objekta in resoluciji

- gostota zgradb na sliki: večja gostota pomeni težjo nalogo
- oblika zgradb: poleg enostavnih kvadrastih oblik z ravnimi strehami so tudi strehe s kompleksnim obodom in različnimi nagibi posameznih delov.

Proces digitalizacije zgradb lahko v analitični fotogrametriji razdelimo na 3 faze: interpretacijo, merjenje in kontrolo objekta. Avtomatske funkcije v digitalni fotogrametriji pa so vezane na meritve posameznih točk v postopku orientacije ali meritve višine točk DMR-ja. V tem primeru ni treba reševati problema interpretacije, kar zajemanje zgradb nedvomno je. Huertas in Nevatia (Huertas, Nevatia, 1988) sta uporabila tehniko sledenja obrisov. Po tej metodi algoritem odloča na vsakem lokalnem križišču, v katero smer se bo vršilo nadaljnje iskanje. Če bi sledili vsem možnim potem, bi postal prostor za iskanje neskončno velik in neobvladljiv. Mnogi zato uporabljajo metodo grupiranja z zaznavanjem (perceptual grouping). Tako se imenuje metoda, ko se kombinacije osnovnih slikovnih elementov (točke, robovi in ploskve) in njihove relacije (simetrija, podobnost, bližina) na različnih slikah bistveno ne spreminjajo (Fuchs, 1995). Osnovni namen prepoznavanja objektov je, da poskuša primerjati osnovne elemente slike z enim ali več modeli objektov. Da zmanjšamo prostor iskanja, sliko opišemo z nekaj osnovnimi elementi, ki nosijo veliko informacij (npr. vogal strehe).

3.2 Geometrična neenakost

Poleg problema interpretacije moramo rešiti še problem, da 2D slika vsebuje nepopolno informacijo o 3D objektu. V fotogrametriji to rešujemo z uporabo več ali najmanj dveh slik objekta. Kljub intenzivnim raziskavam v zadnjih letih še vedno ni postopka, ki bi uspešno in avtomatsko izluščil 3D informacijo v urbanem okolju. Glavni razlog so mrtvi koti na perspektivnih slikah in želja po predstavitvi tudi vertikanih struktur zgradb.

DMR je mogoče generirati tudi z letalskim laserskim skanerjem. Metoda je zanesljiva in daje 3D podatke neposredno, razlikuje pa lahko tudi med drevesnimi krošnjami in tlemi (Kilian et al., 1994). Laserski skaner je zelo natančen (0,3 m), ima pa manjšo resolucijo na tleh v primerjavi z aeroposnetki. Tudi tu ni rešen problem, kako predstaviti navpične stene pri izdelavi modela mesta. Haala (Haala, 1994) je uporabo te metode opisal v enem od svojih člankov. 3D podatke o objektih je mogoče zajeti tudi iz ene slike. Ta pristop je možen, če imamo na voljo nekaj dodatnih informacij o objektu samem. Poznana je uporaba te metode pri rektifikaciji enega aeroposnetka, kjer velja prepostavka, da so tla ravna. Višino zgradbe se lahko izpelje iz njene sence (Huertas et al., 1993). V splošnem pa lahko vsako zgradbo v obliki poliedra rekonstruiramo iz njene perspektivne slike (Braun, 1992).

4 TEHNIKE ZAJEMANJA ZGRADB

Po pregledu problemov in strategij zajemanja zgradb sledi kratek opis treh izbranih tehnik.

4.1 Pridobivaneje informacij iz strukture in senc

Huertas in ostali (Huertas et al., 1993) so poskušali zajeti zgradbe iz posameznih aeroposnetkov. Uporabili so metodo grupiranja z zaznavanjem in sence. Njihova raziskava je bila omejena na zgradbe v obliki kvadrov ali zgradb, ki so bile sestavljene iz kvadrov. Postopek je naslednji:

- izluščanje linernih objektov: deli linije se avtomatsko izluščijo is slike na podlagi ostrih prehodov sivih vrednosti;
- generiranje hipotez: v naslednjem koraku se izgradi objektna hierarhija, ki vsebuje črte, vzporedne črte, U-obrise in pravokotnike. Grupo vzporednih črt uporabimo za prepoznavanje L in T križišč. Če sta konca dveh vzporednih črt poravnana, predpostavljamo, da obstaja tretja črta tako, da se tvori U-lik in naprej pravokotnik;
- izbira hipotez: po oblikovanju sprejemljivih pravokotnikov morajo le-ti, da so izbrani, zadovoljiti nekatere lokalne in globalne kriterije. Pravokotnik je dober, če npr. obstajajo robovi, vogali, vzporednice in npr. črte ne sekajo nobenega dela pravokotnika. Naloga glo;balnega kriterija je, da izbere pravokotnike, ki najbolje opišejo določeno sceno, npr. ni pravokotnikov, ki bi se prekrivali;
- analiza senc: izbrane hipoteze morajo biti potrjene, tako da je model senc in zgradb, ki mečejo te sence, potrjen. Predpostavljamo, da je vpadni kot sonca poznan in da je območje okoli zgradb skoraj ravno.

4.2 Interpretacija posameznih slik

Namen tehnike je generirati 3D obliko in orientacijo zgradb iz enega perspektivnega posnetka (Braun, 1992). Z reševanjem inverzne perspektive uporabljamo znanje o poliedrih. V nasprotju s parametričnim modelom je oblika zgradbe spremenljivka in število parametrov ni fiksno. Uporabljeni so naslednji štirje koraki: izdelava skice, izdelava hipotez o relacijah na objektu, rekonstrukcija geometričnega 3D opisa zgradbe ter ocena in kontrola kvalitete.

1) Izdelava skice: najprej iz originalne slike avtomatsko izluščimo točke, robove in del črt, pri slikah naravnega okolja približno digitaliziramo glavne obrise zgradb. Te meritve služijo za avtomatsko popravljanje skice na podlagi zajetih objektov.

2) Hipoteze o relacijah: med točkami, črtami, ploskvami in poliedri v prostoru nastopajo določeni odnosi, npr. točka je na določeni ploskvi (Bric et al., 1994). Če so ti odnosi v prostoru znani, lahko izpeljemo nove informacije o zgradbi, npr. vzporedne črte v prostoru se na slikovno ravnino v splošnem preslikajo konvergentno. Nato se generira hipoteza o odnosih med prostorskimi objekti.

3) Rekostrukcija: z uporabo hipotez je mogoče avtomatizirati sklepanje o objektih v prostoru. Če generirane hipoteze niso dovolj za rekonstrukcijo, je treba dodati nove hipoteze. Če želimo rekonstruirati objekt/zgradbo, moramo poznati parametre notranje orientacije posnetka in najmanj eno razdaljo na objektu. Rekonstruirani model je lahko predstavljen kot žični model ali s projekcijo teksture na površino rekonstruiranega modela. Teksturno projiciranje omogoča operaterju nove meritve na površini objektov v prostoru.

4) Ocena in kontrola kvalitete: napake meritev in večje število hipotez, kot je potrebno, slabo vpliva na rezultate.

4.3 Interpretacija zgradb z DMR-jem

Ta tehnika, ki jo je leta 1994 predstavil Weidner (Weidner, 1994), uporablja zelo gost DMR za zaznavanje zgradb. Geometrični pogoji so podani v obliki parametričnih in prizmatskih modelov zgradb in so uporabljeni kot baza znanja. Strategija uporablja tri korake: zajemanje zelo gostega DMR-ja v obliki mreže, zaznavanje zgradb in geometrični opis za vsako zaznano zgradbo.

1) Zajemanje zelo gostega DMR-ja: generirati je treba mrežo gostote 0,5 do 5 m. Problemi nastopajo pri razlikovanju zgradb od drugih podobnih predmetov, kot so tovornjak ali drevesa.

2) Zaznavanje zgradb: naslednji korak je računanje razlike med DMR-jem (tu ga lahko imenujemo tudi digitalni elevacijski model – DEM) in topografskim površjem brez zgradb (DMR). Slednje dobimo z uporabo morfološkega operaterja (erozija ali dilatacija) nad DEM.

3) Rekonstrukcija zgradb: uporabljamo lahko parametričen ali prizmatičen model (Lang, Schickler, 1993). Parametričen model se uporablja pri enostavnih, prizmatičen pri kompleksnejših zgradbah.

5 KAKO PA PRI NAS?

Z ročnim zajemanjem lahko na analognem ali analitičnem fotogrametričnem instrumentu s pomočjo ustrezne programske opreme digitaliziramo zgradbe iz aeroposnetkov. Na digitalni fotogrametrični postaji na Geodetskem zavodu Slovenije lahko zgradbe učinkovito digitaliziramo. Orodje omogoča, da brez digitalizacije vseh točk strehe zajamemo zgradbo v obliki enostavnih prizmatskih modelov, ki so pripeti na avtomatsko generiran DMR. Možnost nastavljanja različnih parametrov pri avtomatskem generiranju DMR-ja pa nam omogoča eno od tehnik zaznavanja zgradb s pomočjo gostega DMR-ja. Žični model zgradb lahko uporabimo za izboljšavo digitalnega ortofota velikih meril, kjer se poleg DMR-ja uporabi tudi podatkovna baza žičnih modelov zgradb. Lahko ga uporabimo tudi za teksturno kartiranje in še za mnogo drugih aplikacij, ki so že naštete. V bistveno večji meri kot geodeti se s prepoznavanjem objektov iz slike ali zaporedja slik ukvarjajo raziskovalci s področja računalniškega vida na Inštitutu Jožefa Štefana.

6 ZAKLJUČEK

Nobena od teh tehnik ne more avtomatsko zagotoviti natančne in popolne informacije o zgradbi. Vsaka tehnika zagotavlja nekaj potrebnih informacij za izboljšavo interpretacije zgradb iz posnetkov. Popolna avtomatizacija zajemanja zgradb s pomočjo digitalne fotogrametrije ni na voljo. Zelo veliko pa obetajo polavtomatske tehnike pri polnjenju podatkov baz iz aeroposnetkov. Zanimiva polavtomatska metoda zajemanja zgradb brez stereodigitalizacije je opisana v GIM-u (Schickler, 1995). Predstavljenih je bilo nekaj tehnik, ki naj bi bile v prihodnje integrirane v fotogrametrične delovne postaje. Predstavljivo je, da bo operater v

bližnji prihodnosti kontroliral algoritme in mu bo delovna postaja omogočala kontrolo rezultatov z vizualizacijo in možnostjo popravljanja napak.

Literatura in viri:

Braun, C., Inverse Perspective. 1st Course in Digital Photogrametry. Institut fuer Photogrammetrie, Bonn, LVA, Bad Godesberg, 1992

Bric, V. et al., Towards 3D-GIS: Experimentig with a Vector Data Structure. Geodetski vestnik, Ljubljana, 1994, letnik 38, št. 2, str. 74-83

Fuchs, C., Feature Extraction. 2nd Course in Digital Photogrametry. Institut fuer Photogrammetrie, Bonn, LVA, Bad Godesberg, 1995

Halla, N., Detection of Buildings by Fusion of Range and Image Data. ZPF, 1994, št. 2, str. 161-167

Huertas, A. et al., Detection of Buildings from Monocular Views of Aerial Scenes using Perceptual Grouping and Shadows. DARPA Image Understanding Workshop. 1993, Washington, D.C.

Huertas, A., Nevatia, R., Detecting Buildings in Aerial Images. CVGIP, 1988, št. 41, str. 131-152

Kilian, J., Englich, M., Topographische Gelaendeerfassung mit flaechenhaft abtastenden Lasersystemen. ZPF, 1994, št. 6, str. 207-214

Lang, F., Schickler, W., Semiautomatische Gebaeudeerfasung aus digitalen Bildern. ZPF, 1993, št. 5, str. 193-200

Schickler, W., Automation of Orientation Procedures. 2nd Course in Digital Photogrametry. Institut fuer Photogrammetrie, Bonn, LVA, Bad Godesberg, 1995

Schickler W. et al., A One-eye Stereo System for Semi-automatic 3-D Building Extraction. GIM, 1995, št. 6, str. 6-8

Weidner, U., Foerstner, W., Towards Automatiic Building Extraction from High Resolution Digital Elavtion Models. PE&RS, 1994, v pripravi

Recenzija: Andrej Bilc
Mojca Kosmatin-Fras