

MOŽNOSTI FOTOGRAMETRIČNIH POSTOPKOV PRI OBNOVI ZEMLJIŠKEGA KATASTRA

Mateja Rihtaršič

FAGG-Oddelek za geodezijo, Ljubljana

Prispelo za objavo: 23.8.1991

Izvleček

V mnogih državah je prehod z grafičnih na digitalne katastrske načrte aktualen problem. Digitalizacija starih in deloma uničenih načrtov vodi pogosto k slabim rezultatom. Ob podpori fotogrametrije v procesu obnove lahko postopek kontroliramo in izboljšamo.

Ključne besede: Bovec, fotogrametrija, Geodetski dan, obnova katastrskih načrtov, Slovenija, zemljiški kataster, 1991

Abstract

The change from graphic to digital cadastral plans is an actual problem in many countries. The digital data transmission of old and partly destroyed graphic plans often leads to poor results. With the aid of photogrammetry in the renovation process certain procedures can be improved and put under control.

Keywords: Bovec, Geodetic workshop, land cadastre, photogrammetry, renovation of cadastral plans, Slovenia, 1991

1. UVOD

Danes lahko različne probleme, ki so vezani na informacije o prostoru in prikaze zemeljske površine v velikih merilih (načrtovanje in razvoj mestnih središč, delovanje mestnih in občinskih uprav, načrtovanje podzemnih infrastrukturnih objektov in naprav ...) uspešno, ekonomično in dovolj hitro rešujemo le ob podpori ustreznega zemljiškega informacijskega sistema (LIS). Očitno je, da predstavljajo katastrska izmera, in še posebno katastrski načrti, temelj vsakega kvalitetnega LIS-a (Pradervand 1990), zato je hitra vključitev podatkov zemljiškega katastra v LIS pomembna naloga, s katero se soočajo strokovnjaki z različnih področij dela.

Ker v mnogih državah po svetu, kakor tudi pri nas, digitalna baza podatkov zemljiškega katastra še ni izdelana, jih v LIS ne moremo neposredno vključiti. Poznamo več postopkov za analogno/digitalno pretvorbo (A/D) podatkov zemljiškega katastra. Zaradi obsežnosti problema se bomo v našem sestavku omejili le na grafični del katastrskega operata – katastrske načrte in opisali nekaj postopkov za njihovo

A/D pretvorbo, ki jih podpirajo fotogrametrični postopki, v ožjem pomenu pa aero/ortofoto posnetki. Na izbiro ustreznega načina A/D pretvorbe katastrskih načrtov vplivajo predvsem natančnost, hitrost in ekonomičnost dela. V praksi se je izkazalo, da je digitalizacija obstoječih katastrskih načrtov ustrežna alternativna rešitev glede na drago in dolgotrajno terensko izmero. Žal je kvaliteta obstoječih katastrskih načrtov zelo raznolika, saj lahko naletimo na zelo stare, skoraj uničene, večkrat popravljene ali celo nevzdrževane, pa tudi na nove in kvalitetnejše katastrske načrte. Stari in zelo deformirani načrti brez dodatne obnove pogosto niso praktično uporabni. Ker so digitalizirani načrti obremenjeni z vsaj enakimi pomankljivostmi kot originalni, je njihova digitalizacija nezadosten, nezanesljiv ali neprimeren postopek dela. V tem primeru so lahko fotogrametrični postopki zelo učinkovito orodje za kontrolo njihove kvalitete in/ali njihovo obnovo.

V svetu so se fotogrametri s tem problemom soočili že pred časom in razvili več fotogrametričnih postopkov, ki so podprti z ustrežno programsko opremo. Večina fotogrametričnih postopkov, ki jih lahko uporabimo pri izdelavi, obnovi ali samo kontroli katastrskih načrtov temelji na primerjavi med digitalizirano vsebino katastrskih načrtov in vsebino aero/ortofoto posnetkov. Rezultati primerjave so osnova za nadaljnjo obdelavo in analizo odstopanj med obema prikazoma ter določitev korekcijskih parametrov.

2. OSNOVNO O FOTOGAMETRIČNIH POSTOPKIH VZPOSTAVITVE GRAFIČNEGA DELA ZEMLJIŠKEGA KATASTRA

V nekaterih državah so na posameznih območjih katastrske načrte izdelovali fotogrametrično že pred 40 leti, kar lahko štejemo kot začetek avtomatizacije zemljiškega katastra. Rezultat teh aktivnosti so osnovni kazalci, ki jih moramo upoštevati pri fotogrametričnem določevanju parcel:

- višino snemanja prilagodimo merilu katastrskih načrtov,
- signaliziramo kontrolne točke in mejne točke parcel, pri čemer sodelujeta geometer in fotogrameter,
- glede na obliko reliefa in lego parcelnih mej snemanje prilagodimo tako, da je vpliv sistematičnih pogreškov na posnetku minimalen,
- glede na višino leta in ostale faktorje (deformacije filma in fotomateriala ...) mora biti končna absolutna natančnost v mejah $\pm 0.2\text{mm}$,
- upoštevamo pravila za določanje različnih tipov mej ipd. (Diering 1984).

Zaradi pomankljivosti fotogrametričnih postopkov (sence, višina leta, kompezacija hitrosti letala, kvaliteta fotomaterialov ...) so v svetu in pri nas pri vzpostavitvi zemljiškega katastra več uporabljali natančnejše klasične terenske meritve. Kljub temu pomena fotogrametričnih postopkov ne gre zanemariti, kar lahko ponazorimo z naslednjimi primeri (Švica):

- Pregledni katastrski načrti v merilu 1:5 000 in 1:10 000 (hrbovita območja) so bili izdelani fotogrametrično. Poleg lastninskih meja vsebujejo ti načrti tudi topografijo, zato predstavljajo osnovo za izdelavo švicarske državne topografske karte v merilu 1:25 000.
- Na posebnih hrbovitih območjih, kjer katastrski načrti dolgo niso bili izdelani, a se je zaradi povečanega turizma potreba po njih pojavila iznenada,

so izdelali t.i. fotokataster. Na črno-bele ortofoto posnetke so prenesli meje in posamezne parcele lokalno oštevilčili. Kljub temu, da gre za izredno primitiven in neeksakten kataster, so ga uporabljali več kot 30 let.

- Na podoben način izdelujejo fotokatastrske načrte (združena aero posnetek in grafični katastrski načrt) na območjih, kjer zaradi posebnih študij in interpretacije (predvsem ekologija) poznavanje vsebine katastrskega načrta in/ali topografskih kart ne zadostuje. Glede na pomembnost je ozadje različno močno predstavljeno.
- Fotokatastrske načrte so izdelali še na območjih z zelo dolgimi in ozkimi parcelami in povsod, kjer so kulturne meje ostro razpoznavne iz aero posnetkov ipd.
- V preteklosti so bili na fotogrametričen način izdelani tudi nekateri katastrski načrti mest, vendar so med njimi dalj časa uporabljali le Baselski kataster.

Niti največji optimisti ne morejo trditi, da so fotogrametrični postopki, razen izjemoma, kar smo ponazorili z zgornjimi primeri, najprimernejši način za izdelavo katastrskih načrtov. Pri njihovi obnovi, kjer je hitrost eden izmed zelo pomembnih faktorjev, je popolnoma drugače (za določanje spremembe vrste rabe zemljišč so fotogrametrični postopki najučinkovitejši).

3. POMEN FOTOGRAMETRIČNIH POSTOPKOV PRI OBNOVI KATASTRSKIH NAČRTOV

Osnovni postopek A/D pretvorbe katastrskih načrtov je ročna ali avtomatska digitalizacija. Kjer imamo opraviti z zelo starimi in neredno vzdrževanimi katastrskimi načrti, je izdelava kvalitetnih in ažurnih digitalnih načrtov povezana z obsežnimi, dragimi in dolgotrajnimi terenskimi domeritvami, ki jih lahko nadomestimo z ekonomičnejšimi in hitrejšimi fotogrametričnimi postopki. V večini primerov pokrivajo nevzdrževani in stari katastrski načrti nekvalitetna in cenejša ruralna zemljišča, kjer ni bilo potrebno njihovo redno vzdrževanje. Revizija stanja in obnova takšnih katastrskih načrtov na osnovi aero/ortofoto posnetkov je dokaj običajna in dobro analizirana operacija. Razen na izrazito hribovitih in razgibanih ruralnih območjih so razviti fotogrametrični postopki tudi zelo natančni. Novejše raziskave so pokazale, da pomena in uporabnosti podobnih postopkov ne smemo zanemariti tudi na mestnih površinah. Zaradi zelo izrazitih in značilnih oblik zgrajenih objektov lahko pri tem izpustimo razmeroma drag in dolgotrajen korak dela – signaliziranje mejnih parcelnih točk.

Vnadaljevanju bomo podrobneje opisali postopek, ki temelji na primerjavi in analizi katastrskega načrta in aero posnetka. Spremljajoča programska oprema je na razpolago na komercialnem trgu. Postopek je dodatno prilagojen značilnostim pozidanih delov zemeljske površine.

4. OSNOVNI KORAKI OBNOVE KATASTRSKIH NAČRTOV S POMOČJO AERO POSNETKOV

Postopek temelji na primerjavi med vsebino digitaliziranih katastrskih načrtov in vsebino ustrezno povečanih aero posnetkov, povezan pa je z neizogibnimi dodatnimi deli. Vse nujno potrebne operacije lahko strnemo v naslednje točke:

- signalizacija geodetskih točk, določenega števila mejnih parcelnih točk in dodatno določenih točk, ki jih potrebujemo za obnovo katastrskih načrtov,
- digitalizacija katastrskih načrtov, kreiranje datotek linij in kontrolni izris digitaliziranih načrtov,
- aerotriangulacija,
- fotogrametrična določitev višine za vsako signalizirano točko na katastrskem načrtu (analitični ploter),
- analiza odstopanj med načrtom in aero posnetkom, na osnovi katerih določimo območja homogenih deformacij, t.j. območja enakih transformacijskih parametrov,
- transformacija robov območij enakih deformacij,
- ponovna primerjava med popravljenimi digitaliziranimi katastrskimi načrti in aero posnetki in kontrola dela,
- izračun popravkov, dokončna obdelava posameznih območij in izris novega stanja,
- morebitna vključitev novih podatkov v LIS (Pradervand 1990).

4.1. Projektivna transformacija

Vse za projektivno transformacijo potrebne parametre lahko določimo že med izvajanjem orientacije in izravnave fotogrametričnih modelov. Osnova za transformacijo katastrskega načrta v centralno projekcijo aero posnetka so fotogrametrično določene višinske razlike med digitaliziranimi mejnimi točkami. Ob podpori ustrezne programske opreme (Pradervand 1990) in datoteke linij digitaliziranega katastrskega načrta sistem avtomatsko vodi marko na posamezne merske točke.

4.2. Določitev višin posameznih mejnih točk

Kadar gre za obnovo katastrskih načrtov pozidanih površin, sta lahko določitev in registracija višinskih razlik razmeroma zapleteni operaciji, ker so meje parcel mnogokrat prekrite ali sovpadajo s stenami, deli objektov (oddaljenost vogalov hiš od robov streh ...), vegetacijo, sencami ipd. Posamezne linije na katastrskem načrtu niso vidne, zato jih tudi na aero posnetku ni mogoče identificirati. Na točkah, kjer numeričnih vrednosti ni mogoče izmeriti, je potrebna dodatna primerjava in analiza vidnih delov linij na aero posnetku in linij na načrtu. Kadar gre, npr. za stene, je zgornji rob strehe tisti, na katerem poteka izvrednotenje. Višine vseh mejnih točk na velikih mestnih območjih je težko zanesljivo določiti. Na srečo vseh višin ni treba natančno poznati (točke, ki so zakrite z objekti, niso potrebne, če tam ne potekajo linije, ki služijo za primerjavo). Fotogrametrično izvrednotenje nesignaliziranih točk (vogali, križanja ...) mora biti izvedeno posebej natančno, saj se lahko v nasprotnem primeru pojavijo velika odstopanja (10 do 25 cm).

4.3. Primerjava

Če koordinate signaliziranih točk, ki so dane v državnem koordinatnem sistemu in zapisane v datoteki linij, projektivno transformiramo, dobimo slikovne koordinate, ki jih lahko neposredno prikažemo na katastrskem načrtu. Najenostavneje je, da to izvedemo kar na risalni mizi. Pri tem morata biti merili povečanega aero posnetka in katastrskega načrta optimalno izenačeni (popolnoma enaki zaradi pogreškov povečave in projektivne deformacije ne moreta biti). Nove linije izrišemo zelo tanko, s čimer preprečimo dodatno prekrivanje slikovnih podatkov.

Za primerjavo potrebujemo:

- pozitiven film projektivno deformiranega katastrskega načrta,
- enostavno fotografsko povečavo negativa aero posnetka v merilu, enako merilu pozitivnega filma,
- fotografsko povečavo katastrskega načrta.

Vse tri dokumente lahko narišemo skupaj le, če delamo z natančnimi instrumenti in stabilnimi nosilci. Risalna miza ne sme povzročiti novih odstopanj in deformacij v katastrskem načrtu, povečave ne smejo biti obremenjene z dodatnimi distorzijami ipd. Tudi sama primerjava je zahtevna operacija, saj jo lahko izvedemo samo v temnici. Povečani posnetek lahko natančno vključimo v pozitiven film samo, če imamo dobro označene, jasne in enolične kontrolne točke. Po potrebi že med aerotriangulacijo izberemo in signaliziramo dodatne kontrolne točke, ki morajo biti dovolj gosto in enakomerno razporejene prek celotnega območja.

4.4. Analiza odstopanj transformiranih območij

Primerjavo vsebine fotografsko povečanega aero posnetka, ki ga prekriva digitalizirani katastrski načrt, razberemo odstopanja med katastrskim načrtom in sliko realnosti. Odstopanja so dobro vidna na vseh signaliziranih mejnih parcelnih točkah in linijah ter površinah zgrajenih objektov. Z vizualno analizo odstopanj določimo območja homogenih deformacij, ki jih lahko transformiramo ločeno od ostalih delov lista. Pri tem potrebujemo pozitiven film deformiranega katastrskega načrta in povečani aeroposnetek. Pri lokalnem vkapljanju filma v aeroposnetek dobimo pomembne informacije o transformacijskih območjih, saj jih lahko sposoben analitik razpozna in označi neposredno med delom. Sočasno mora določiti še najprimernejše kontrolne točke za naknadno transformacijo posameznih območij. Na urbanih površinah lahko signaliziramo manj kontrolnih točk. Ker veliko parcelnih mej sovпада z robovi posameznih zgradb in objektov, so meje dobro in enolično razvidne, primerjava pa enostaven postopek. Če imamo na območju premalo signaliziranih mejnih kontrolnih točk, definiramo najprej transformacijske parametre. V ta namen izmerimo odstopanja med točkami pred in po transformaciji deformiranega načrta. Odstopanja, preračunana v državni koordinatni sistem, so osnova za izračun transformacijskih parametrov. Njihova natančnost je odvisna od merila in notranje zanesljivosti katastrskih načrtov ter razpoložljivih primerjalnih elementov (homolognih linij). Glede na izvedena testna merjenja lahko trdimo, da v merilu 1:500 standardna deviacija ne presega 0.3-0.4mm, kar ustreza 15-20 cm na zemeljski površini.

4.5. Popravki digitaliziranih koordinat, verifikacija

Od pravilne izbire mej območij enakih deformacij in določitve transformacijskih parametrov je odvisna natančnost celotnega obnovitvenega postopka. Če želimo posamezna območja ustrezno razvrstiti, moramo vse parametre digitalizirati in prenesti v državni koordinatni sistem. Na osnovi teh poligonov in ustrezne programske opreme posamezna območja oštevilčimo in zapišemo v datoteko linij. Datoteko linij nato dodatno popravimo tako, da vsaki shranjeni točki dodamo transformacijski parameter ustreznega območja. Originalni in novi katastrski načrt sta lahko projektivno deformirana in nato prikazana prek aero posnetka, s čimer lahko verifiramo celotno obnovo.

5. POMEN ORTOFOTO POSNETKA

Pri obnovi zemljiškega katastra imajo ortofoto posnetki dvojni pomen:

- lahko so osnova za zajemanje podatkov, podobno kot pri zgoraj opisanem postopku aero posnetki, s čimer se izognemo projektivni transformaciji katastrskega načrta,
- poleg tega lahko ortofoto posnetek uporabimo kot ozadje in sestavni del katastrskih načrtov; takšni katastrski načrti so izredno pregledni in ilustrativni.

Možnosti ortofoto posnetkov kot osnove za zajemanje podatkov so omejene z merilom oz. natančnostjo posnetka. Pri tem moramo vedeti, da je natančnost ortofoto posnetkov odvisna od natančnosti digitalnega modela reliefa (DMR), ki je služil kot osnova za diferencialno redresiranje aero posnetka. Poleg tega vemo, da zgrajenih objektov na ortofoto posnetku ne moremo popolnoma ortogonalizirati. To pomeni, da hiše niso nikoli popolnoma kvadratne in da so strehe vedno premaknjene glede na temelje zgradb, podobno kot na aeroposnetkih. Zato je odločitev med ortofoto posnetki in stereokartiranjem kot osnovo pri obnovi zemljiškega katastra v veliki meri odvisna od razpoložljivih fotogrametričnih instrumentov. Danes uporabljamo predvsem stereokartiranje. Ker pa se v zadnjih letih naglo razvijajo ortofoto projektorji, nove digitalne tehnologije in vedno kvalitetnejše digitalne ortofoto slike, številni svetovni strokovnjaki ugotovljajo, da bo v bodočnosti uporabnost ortofoto posnetkov prevladala nad stereokartiranjem.

Uporaba klasičnih aero posnetkov pri obnovi katastrskih načrtov je povezana s poznavanjem nadmorskih višin vseh signaliziranih točk, z njihovo dodatno določitvijo (4.2.) ali uporabo kvalitetnega DMR-ja, kar povzroča dodatne izračune, interpolacije ipd. (Newby, Proctor 1990). Če namesto tega uporabimo ortofoto posnetek in ustrezen sistem s superimpozicijo in realtime kontrolami, lahko pomanjkljive načrte neposredno dodigitaliziramo, t.j. brez vmesnih izračunov, transformacij ipd. (JUP 1987).

Značilnost ortofoto posnetkov je njihova nazornost in ilustrativnost. Linijska karta je umetni produkt in daje le tiste informacije, za katere se je predhodno odločil geodet. Ortofoto posnetki imajo veliko več detajlov in omogočajo, da uporabnik na njihovi osnovi prebere natanko tiste informacije o zemeljski površini, ki jih potrebuje pri svojem delu. Ortofoto posnetki, združeni s prikazom parcelnega stanja, lahko služijo kot osnova pri reševanju številnih nalog, povezanih z aktivnim prostorom. Na ortofoto posnetkih so med drugim zelo dobro razvidne različne vrste rabe zemljišč.

Uporabniki, ki potrebujejo več informacij ali večjo prožnost pri predstavitvi teh informacij, lahko uporabijo sodobno digitalno tehnologijo (digitalna obdelava slik), katere možnosti neprimerno presega možnost, ki jih omogoča vsebina samih katastrskih načrtov.

6. O NATANČNOSTI IN EKONOMIČNOSTI FOTOGRAMETRIČNIH POSTOPKOV PRI OBNOVI KATASTRSKIH NAČRTOV

V svetu je bila uporabnost fotogrametričnih postopkov pri obnovi zemljiškega katastra predmet številnih analiz. Velika pozornost je bila usmerjena na določitev standardov zanesljivosti in natančnosti takšnih postopkov ter določitev ustreznih stohastičnih in statističnih ocen. V splošnem velja, da je zahtevano grafično natančnost katastrskih načrtov s fotogrametričnimi postopki razmeroma lahko doseči (razen na visokogorskih, zelo razgibanih površinah). Dodatnim zahtevam se lahko prilagajamo s pazljivejšim delom, natančnejšimi postopki ipd. (Brindopke 1987). Tudi glede ekonomičnosti uporabnost fotogrametričnih postopkov ni vprašljiva, saj strokovnjaki ocenjujejo, da je fotogrametrična obnova katastrskih načrtov glede na klasične terenske domeritve v povprečju za 30% cenejša. Na zelo razgibanih površinah je ta razlika manjša (5%), vendar zaradi nezanesljive natančnosti fotogrametričnih postopkov uporabljamo klasično izmero.

7. ZAKLJUČEK

Sodobna katastrska izmera v velikih merilih se je v zadnjih nekaj letih zelo spremenila. Včasih je katastrski načrt predstavljal končni produkt takšnih merenj, danes pa številni uporabniki pri reševanju svojih nalog potrebujejo numerične informacije katastrskega operata, podane v sklopu sodobnega LIS-a. Katastrske načrte sicer še vedno potrebujemo, vendar postajajo le eden izmed izhodnih elementov LIS-a. Poleg tega morajo iz dneva v dan izpolnjevati višje standarde glede izgleda, natančnosti, kvalitete, ažurnosti ipd. Z razvojem računalniške in informacijske tehnologije postaja potreba po transformaciji klasičnega v digitalni kataster ali del modernega informacijskega sistema vedno večja nujnost. Pri tem predstavlja hitra A/D pretvorba katastrskih načrtov, ki jo lahko uspešno izvajamo ob podpori razvitih fotogrametričnih postopkov, samo enega izmed vmesnih korakov. Danes nam natančnost fotogrametričnih postopkov in sposobnosti sodobnih fotogrametričnih instrumentov omogočajo izvajati merjenja, ki so glede natančnosti in zanesljivosti ekvivalentna terenskim meritvam. Glede časa in ekonomičnosti je prednost fotogrametričnih postopkov več kot očitna:

- pri obnovi starih, deformiranih ali nevzdrževanih načrtih, kjer je njihova digitalizacija povezana z obsežnimi terenskimi domeritvami,
- pri izdelavi novega katastra, če je klasična geodetska izmera zaradi različnih vzrokov otežena,
- v mestnih predelih, kjer bi bila nova geodetska izmera zaradi velike gostote točk zelo draga in dolgotrajna,
- vedno, kadar bomo podatke neposredno vnašali v LIS.

Pričakujemo lahko, da bo ortofoto posnetek kot sestavni del katastrskih načrtov v bodočnosti omogočil, da se bomo izognili problemom obstoječih sistemov. S

takšnimi načrti in ustreznimi postopki bomo v bodočnosti lahko zagotovili njihovo tekoče vzdrževanje in podajanje širšega spektra informacij (vegetacija ...).

Viri:

- Brindopke, W., 1987, Structural attributes of German Cadastral system as conditions for the application of photogrammetric surveying, Proceedings of the workshop of cadastral renovation, Lousanne, 15-21.*
- Diering, H., 1987, Richtlinien für die Photogrammetrie in der Parzellarvermessung, Bern, 14.*
- JUP, 1987, Detailkonzept RAV, Bern.*
- Kolbl, O., 1987, Keynote on technical aspects of cadastral renovation, Proceedings of the workshop of cadastral renovation, Lousanne, 73-81.*
- Newby, P.R.T., Proctor, D.W., 1990, Revision of large-scale maps of the Ordnance survey, ISPRS Journal of PH&RS, Vol. 45, No. 3, 137-151.*
- Pradervand, J.C., 1990, Cadastral renovation with the help of photogrammetry - application problems in urban areas Photogrammetry and LIS, Lausanne, 447-457.*

Recenzija: Marijana Vugrin