

ANALITIČNE METODE IN NOVE TEHNOLOGIJE GEOMETRIČNE ANALIZE IN GEOREFERENCE VIZUALIZACIJE ZGODOVINSKIH KART

Caterina Balletti, Carlo Monti*
Francesco Guerra **

Izvleček

Izdelava inštrumentov za razumevanje in uporabo zgodovinske kartografije izhaja iz potrebe in želje po razumevanju vsebine starih kart. To zagotovo ni enostavno, saj zahteva poznavanje in razumevanje splošne kartografije ter poznavanje interpretacijskih ključev, ki so veljali v času nastanka kart, pa tudi vzroke za njihov nastanek. Neredko so rezultati težko razumljivi za javnost tako z geometričnega kakor tudi s semantičnega vidika.

Osnovni namen tega je, da lahko vsakdo pridobiva informacije z zgodovinskih kart. S tem postanejo postopki zapletenega in potrebnega lokacijskega navezovanja bolj jasni. Najprej je potrebno ugotoviti metrično vsebino zgodovinskih kart (še posebej, ko gre za perspektivne poglede mest iz 15. in 16. stoletja), in sicer z analizami, ki nas pripeljejo do opredelitve metodologije kvantitativne analize zgodovinskih kart, kar zahteva uporabo procedur za izvedbo globalnih in lokalnih transformacij.

Ravninske transformacije omogočajo deformacijo kart, in to na način, s katerim omenjene karte privzamejo metrično in geometrično vsebino neke druge referenčne karte. Ravnanje s karto, ki jo preučujemo, posledično pripelje do tega, da se karta popači. Deformacija je včasih tako izrazita, da originalna karta popolnoma spremeni svoj videz. Cena, ki jo je potrebno plačati za izdelavo zgodovinske karte v skladu s sodobnimi parametri, obsega delno izgubo semantične vsebine karte. Situacija je sprejemljiva, če karto nato uporabimo v izobraževalne in raziskovalne namene. Izguba pa ni sprejemljiva v tistih primerih, ko je vsebino karte potrebno odčitati z izvirnika.

Kako lahko združimo zajemanje geometričnih podatkov z zgodovinskih kart in ohranjanje teh v njihovi izvorni obliki? Pri tem si pomagamo z računalniško grafiko: do rešitve pridemo z uporabo programske opreme za obojestransko povezavo obstoječe numerične referenčne karte z digitalno sliko zgodovinske karte z interaktivno vizualizacijo v realnem času. Programski paket 2W ustreza vsem zgoraj omenjenim zahtevam.

KLJUČNE BESEDE:

*zgodovinska
kartografija, ravninske
transformacije,
geometrična analiza,
lokacijsko navezovanje,
programska oprema.*

* DIAR Dipartimento di Ingegneria Idraulica, Ambientale e del Rilevamento
Sezione Rilevamento - Politecnico di Milano

** Laboratorio di fotogrammetria, CIRCE Istituto Universitario di
Architettura di Venezia

1. UVOD

Zgodovinske karte so že leta predmet preučevanja zgodovinarjev, zato takšne karte obravnavamo kot arhivski dokument in pričevanje o določenem zgodovinskem obdobju, ki je povezano z določeno pokrajino ali mestom. Študija, ki smo jo s tem člankom pričeli, opredeljuje zgodovinsko kartografijo v skladu s pristopom, ki je značilen za današnjo kartografijo: natančni prostorski podatki so lokacijsko navezani.

Zgodovinska kartografija je zagotovo področje, kjer vprašanja, povezana z lokacijskim navezovanjem, zbuja veliko zanimanje. Nekatere izmed značilnosti zgodovinskih kart so:

- nedoločen referenčni sistem,
- približno projiciran sistem,
- negotova metrična vsebina,
- semantična vsebina, ki jo je težko interpretirati.

Omenjene značilnosti se v večjem ali manjšem merilu pojavljajo na zemljevidih in kartah iz različnih obdobj. Posledica tega je, da moramo upoštevati značilnosti vsake karte posebej.

Določanje pravilne metrične navezave je v kartografiji zelo pomembno, karte niso le arhivski dokument zaradi svoje kvalitativne narave, pač pa predstavljajo prave karte, iz katerih lahko zajamemo kvantitativne informacije.

Koncept, ki nas vodi v tej smeri, zahteva, da imamo v mislih dejstvo, da so bile omenjene karte izdelane v določene operativne in praktične namene ter da so jih kot take tudi uporabljali. Sčasoma se je spremenil metrični koncept kartografije oziroma se je spremenil prag sprejemljive natančnosti kart.

2. PRIMER: JACOPO DE' BARBARI IN BENETKE LETA 1500

Predstavljena študija se je osredotočila predvsem na perspektivne poglede. Prednost teh je, da jih ni težko razumeti, saj so perspektive eden izmed najbolj razširjenih načinov prikazovanja ozemelj, njihova slabost pa je, da niso merljive, oziroma so merljive le ob uporabi postopkov, ki zahtevajo poglobljeno razumevanje opisne geometrije. Izbiro perspektivnih pogledov Benetk, ki jih je izdelal Jacopo de' Barbari, je spodbudilo praznovanje 500. obletnice prvega izida karte, njene geometrične in kartografske značilnosti, ki predstavljajo najlepši primer uporabe nove perspektivne metode prikazovanja mesta. Kot dejansko referenčno karto, namenjeno lokacijskemu navezovanju, smo izbrali fotokarto Benetk.

Glavno težavo je predstavljalo dejstvo, da je bilo potrebno ugotoviti, ali je perspektivna konstrukcija karte natančna, zasnovana na obstoječih načrtih

in kartah, ali je projekcija izdelana s preliminarno izmero in kateri instrumenti ter metode so bile pri tem uporabljeni.



Slika 1: Perspektivni pogled Benetk, ki ga je izdelal Jacopo de' Barbari

Zamisel, da bi perspektivna konstrukcija pogleda lahko nastala na podlagi načrta in uporabe višin, je navdušujoča za vse, ki se ukvarjajo s kartografijo, saj predvideva obstoj izmere mesta in glede na posebno vrednost urbanistične sestave Benetk obstoj vrste referenčnih točk, ki so najverjetneje bile postavljene na zvonikih in so bile izmerjene s triangulacijo ali polarnimi koordinatami.

Študije delno zajemajo ocenitev premika pogleda glede na pravilno geometrijo, delno pa oblikovanje instrumentov, ki bodo omogočili, da bo delo razumela in uporabljala tudi laična javnost. Analiziranje in distribuiranje kart, ki nimata prav veliko skupnega, imata skupni analitični in geometrični sistem: zasnovani sta na enakih geometričnih in matematičnih načelih ter uporabljata enake instrumente, enako računsko opremo in metode. Čeprav omenjeni elementi sistema izhajajo iz izmere in sodobne analitične kartografije, so privzeli svoje lastne pomene in posebnosti, ki vodijo k opredelitvi metodologije kvantitativne analize zgodovinskih kart.

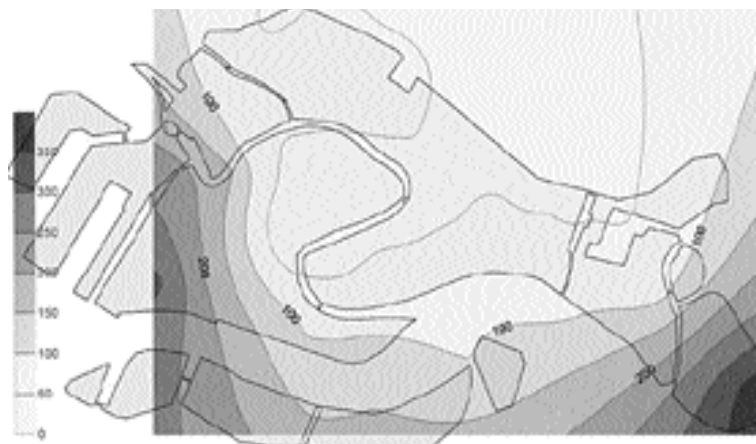


Slika 2: Fotokarta Benetk, ki je uporabljena kot referenčna karta

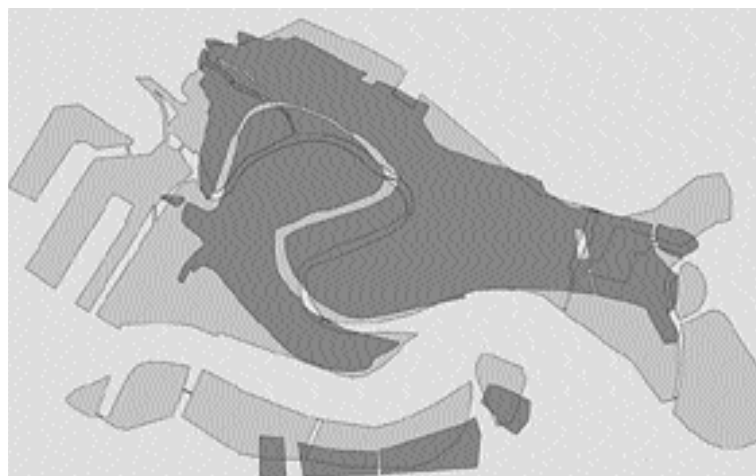
Slika 3: Perspektivni
pogled fotokarte
Benetk, pridobljen z
uporabo projektivne
transformacije

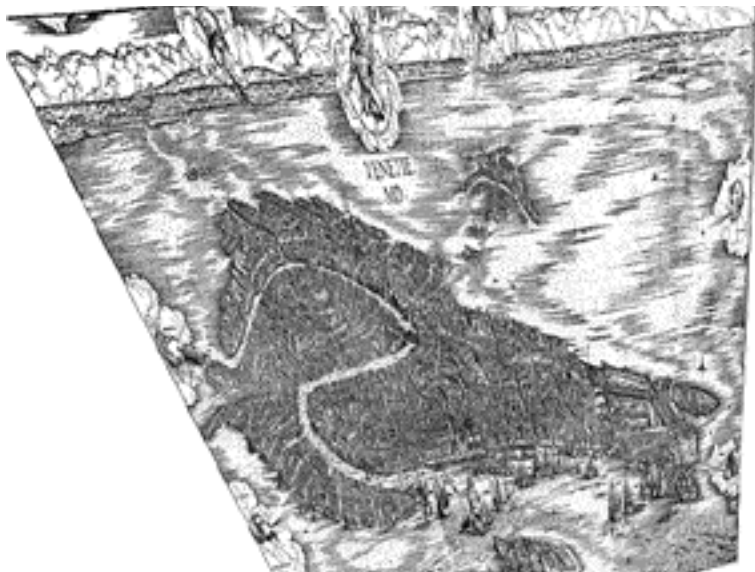


Slika 4: Distribucija
ostanka izravnavane
projektivne
transformacije



Slika 5: Prekrivanje
obstoječe fotokarte in
de' Barbarijevega
načrta Benetk





*Slika 6: Načrt Benetk,
ki je nastal s projektivno
transformacijo
perspektivnega pogleda*

3. RAVNINSKE TRANSFORMACIJE, NAMENJENE PREUČEVANJU DEFORMACIJ

V študiji pogleda je bil planimetrični del ločen od višinskega, zato so bili podatki o višinah preučevani in ovrednoteni posebej. Tudi če pogled opredelimo kot perspektivno konstrukcijo, zasnovano na geometričnih podatkih, ki so bili zajeti neposredno na terenu ali iz obstoječih kart, podatkov o višinah ne moremo enoznačno uporabiti skupaj s planimetričnimi podatki. Če upoštevamo, da vznožja stavb, pločniki ob kanalih in sami kanali (kraj, kjer so postavljene referenčne točke) ležijo praktično v isti ravnini, lahko de'Barbarijev pogled relativno na to ravnino upoštevamo kot transformirano planimetrijo mesta. Izdelati je mogoče pogled, ki geometrično ustreza mestu, kakršno je bilo leta 1500, in sicer z ortogonalno projekcijo mesta ter njeno prikrojitvijo ob upoštevanju pravila ravninske transformacije.

Osnova težava je bila v izbiri primerne tipa transformacije. Ravninske transformacije delimo na dve veliki skupini: globalne in lokalne. Prve vključujejo spremembe celotne karte po istem pravilu, druge pa so zasnovane na različnih parametrih. Povedano drugače, globalne transformacije ustrezajo togi deformaciji, lokalne pa elastični.

V prvem primeru so bili omenjeni parametri izračunani na osnovi kontrolnih točk (približno 120 jih je bilo postavljenih po vsem mestu) z metodo izravnave po najmanjših kvadratih, ki je najbolj ustrezala uporabljenim točkam. Razsežnost in distribucija izravnave točk sta ključnega pomena, saj

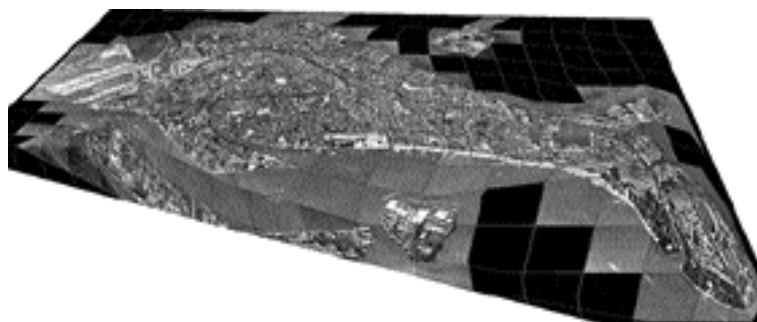
omogočata, da ugotovimo območja karte, ki so najbolj deformirana. Od različnih možnih uporabnih in predstavljenih transformacij (na primer, konformne, polinomske ali afine) je bila izbrana projektivna transformacija z osmimi parametri. Enaka je centralni projekciji ene ravnine na drugo, v našem primeru pa je enaka prikazu planimetričnih elementov v perspektivi. Na ta način je bilo mogoče izračunati premik de'Barbarijevega pogleda iz natančne centralne projekcije. Nadaljevali smo z obratno operacijo: projektivno transformacijo smo uporabili pri perspektivnem pogledu, da bi izdelali domnevni načrt Benetk iz leta 1500. Rezultat je poudarjal velike razlike med zgodovinsko karto in sodobnim zemljevidom.

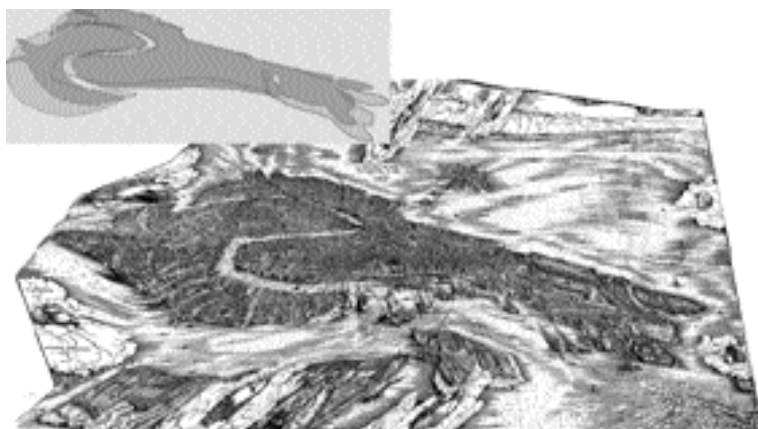
Pri lokalnih transformacijah ne transformiramo vsake točke na zemljevidu v skladu s splošnimi in nespremenljivimi parametri, pač pa v skladu s spremenljivimi parametri, ki jih izračunamo na osnovi bližnjih kontrolnih točk. Transformacije končnih elementov spadajo med lokalne transformacije, ki temeljijo na točkah ali premicah - znani so kot točkovno vganje (angl. point based warping) in vganje po lastnostih (angl. feature based warping). Z drugimi besedami, lokalna transformacija dovoljuje prenos geometrije referenčne karte na karto, ki bo transformirana. Če položimo pravokotno mrežo čez fotokarto Benetk in mrežo kartiramo tudi na de'Barbarijevo karto s pomočjo transformacije končnih elementov, dobimo sliko Benetk z geometričnimi lastnostmi, ki so enake lastnostim karte iz leta 1500. Iz primerjave enake fotokarte s pravilno perspektivo (predhodno pridobljene s projektivno transformacijo) vidimo, katere spremembe je v karto vnesel njen avtor.

Na podoben način lahko rekonstruiramo planimetrično sliko Benetk iz leta 1500, in sicer s kartiranjem pogleda na fotokarto.

Kombinirana uporaba transformacije končnih elementov in projektivne transformacije nas je privedla do zaključkov, zaradi katerih smo spremenili pogled, saj smo njegov planimetrični del vrnili v pravilno centralno projekcijo.

Slika 7: Transformacija s končnimi elementi: z uporabo te transformacije ima nova slika fotokarte enako geometrijo kot de'Barbarijeva karta. Neenakomerna deformacija mreže je znak, da pogled ni pravilna perspektiva.





Slika 8: De' Barbarijev pogled, ki je bil transformiran v pravilno centralno projekcijo. V zgornjem kotu sta izvirni in pravilni pogled. Opazimo lahko deformacije, ki jih je vpeljal avtor.

Kaj lahko zaključimo po končani prvi fazi geometrične analize?

Pogled zagotovo nima pravilne perspektive, nekatere deformacije so jasno vidne, nastale pa so zaradi naključnih in namernih napak. Naključne napake se nanašajo na perspektivno konstrukcijo in načrt, namerne pa je avtor zavestno vnesel v karto.

Analiza je pokazala, da je de'Barbari namerno delal napake pri geometrični konstrukciji perspektive. V času, ko je bila karta objavljena, so bila pravila, ki se nanašajo na perspektivo, že ustaljena. Glede na kulturni krog, v katerem je de'Barbari živel in delal, se zdi nemogoče, da omenjenih pravil ne bi znal uporabljati. Gotovo pa je, da je de'Barbari na karto zavestno vnašal deformacije iz političnih vzgibov. V resnici je povečal območje okoli katedrale Svetega Marka, ki je bila simbol zakonite oblasti v mestu, zmanjšal pa je tiste dele obrobne urbane teksture, ki še ni bila v popolnosti opredeljena. De'Barbari je torej delal napake iz političnih razlogov, te pa se nanašajo na planimetrijo; geometrična analiza planimetrije je pokazala, da de'Barbari ni imel na razpolago natančne planimetrije mesta.

173

4. NOVE TEHNOLOGIJE V ZGODOVINSKI KARTOGRAFIJI

Transformacije, katere smo obravnavali v prvem delu članka, omogočajo deformacijo kart, in sicer tako, da slednje prevzamejo metrično in geometrično vsebino neke druge referenčne karte. Tako pridemo do spreminjanja zgodovinskih kart, ki so včasih tako deformirane, da popolnoma popačijo izvirno stanje.

Cena, ki jo moramo plačati za spreminjanje zgodovinske karte v metrično obliko v skladu z obstoječimi parametri, je lahko tudi izguba semantične vsebine karte. Situacija je sprejemljiva, če karto v metrični obliki uporabimo v izobraževalne in raziskovalne namene. Izguba ni sprejemljiva v tistih primerih, ko je vsebino karte potrebno odčitati z izvirnika.

Ali je smiselno razpačiti karto do nerazpoznavnosti zato, da bi jo spremenili v metrično obliko? Se lahko izognemo geometrični transformaciji karte in poiščemo nadomestne načine, ki nam bodo olajšali branje kvantitativne vsebine karte? Kaj moramo storiti, da bi združili zajemanje geometričnih podatkov iz zgodovinskih kart z ohranjanjem izvirne oblike karte?

Če želimo odgovoriti pozitivno na našeta vprašanja, moramo vpeljati korenite spremembe v način uporabe kartografskih podatkov, ki jih je potrebno transformirati iz analogne v digitalno obliko.

Veganja ne uporabimo za transformacijo kart, pač pa za izdelavo povezav s posebnim programskim paketom, ki upravlja in vizualizira povezave med kartama.

Postopek "lokacijsko navezovanje-transformacija" ostaja v veljavi, podpira pa ga - in včasih tudi zamenjuje - postopek "lokacijskega navezovanja-povezovanja".

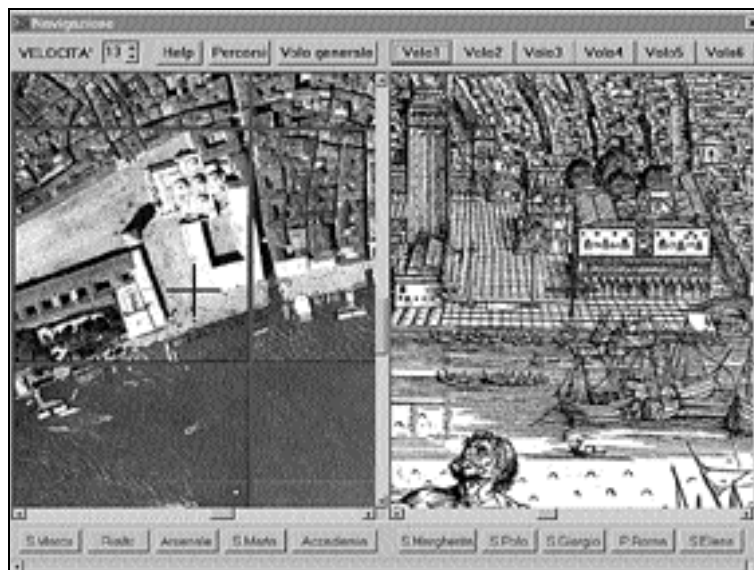
Analitični in algoritemski del postopkov sta enaka, in sicer:

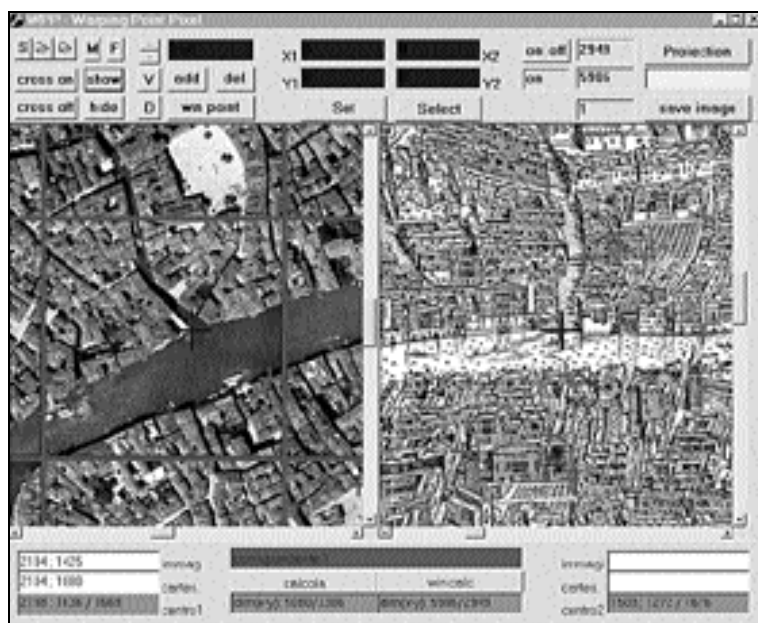
globalne transformacije + lokalne transformacije (veganje).

S tem spremenimo uporabo transformacij in načinov podpiranja kartografskih slik, ki s povezovanjem postanejo numerične.

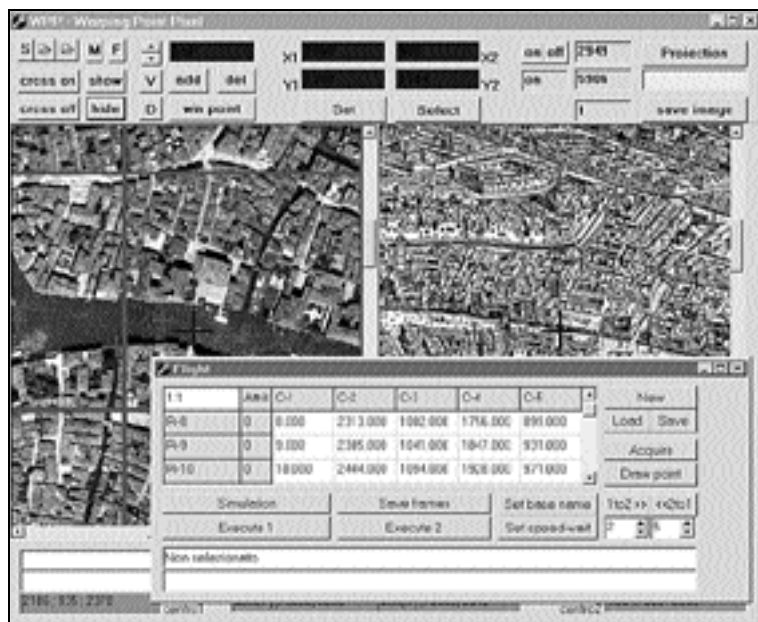
Pri tem si pomagamo z računalniško grafiko: do rešitve pridemo z uporabo programske opreme za obojestransko povezavo obstoječe numerične referenčne karte z digitalno sliko zgodovinske karte z interaktivno vizualizacijo v realnem času. Omenjeno je izvedljivo z uporabo analitičnega dela ravninskih transformacij, ki ni uporabljen za izdelavo nove slike, temveč za izračun položaja homolognih točk na obeh kartah.

Slika 9: Uporabniški vmesnik programskega paketa 2W; križci na sredini okna kažejo identične točke





Slika 10: Programski vmesnik programskega paketa 2W - omogoča zajem kontrolnih točk, izračun koordinat v novem referenčnem sistemu in s tem povezavo



Slika 11: Programski vmesnik programskega paketa 2W (načrtovanje poleta)

Programski paket 2W, ki smo ga uporabljali med raziskovalnim delom, ustreza zgoraj omenjenim zahtevam. Program odpre dve okni, ki sta postavljeni eno ob drugo. Fotokarta Benetk (iz leta 1982) je prikazana v enem oknu, de'Barbarijeva karta pa v drugem. S premikanjem kazalca po enem oknu se uporabniku istočasno prikazuje tudi identična točka v drugem

oknu. Uporabili smo algoritem točkovnega vganja, ki ne izvede pravega vganja, ampak le poišče pripadajoči položaj določene točke.

Niz referenčnih točk, potrebnih za izpeljavo izračuna z omenjenim algoritmom, je enak tistemu, ki je bil uporabljen pri segmentu analize transformacij. Programski paket uporabniku omogoča, da spozna dejanski položaj vsakega elementa, ki ga je vrisal de'Barbari, in da med svojim ogledom najde vsak kraj v današnjih Benetkah. Omejitve programa so povezane z njegovim algoritmom: povezava je natančna za referenčne točke, medtem ko je povezava preostalih točk določena z interpolacijo.

Lokacijsko navezovanje je s tem dejansko končano.

Programski paket 2W uporabniku omogoča, da prepozna ustrezne točke, s tem pa tudi izračuna njihove koordinate v sistemu referenčne karte. Omogoča nam torej prepoznavanje točk in določanje njihovih koordinat za dve osnovni operaciji, ki jih izvajamo v kartografiji, lokaliziranje in izmero.

Izdelani in uporabljeni programski paket je na prepričljiv način prikazal, da koncept natančne metrične osnove lahko uporabimo v zgodovinski kartografiji, in sicer brez spreminjanja izvirnika, kar nas napeljuje na misel, da je potrebno razmisliti o možnostih, ki nam jih ponujajo informacijska orodja na področju celotne in ne le zgodovinske kartografije.

Literatura

Guerra F., Balletti C., Miniutti D., *GeoPlanTransf: a software for the georeferencing of digital images by using plane transformations*, in *International Archives of Photogrammetry and Remote Sensing*, ISPRS WG VI/3, Parma, 15-19 febbraio 1999.

Fuse T., Shimizu E. Morichi S., *A study on geometric correction of historical maps*, in *International Archives of Photogrammetry and Remote Sensing* vol XXXII, Part 5, Hakodate 1998;

Guerra F., Balletti F., Monti C., Livieratos E., Boutoura C., *Le carta prospettica del De' Barbari (1500): analisi delle qualitr metriche*, in *Atti ASITA99*, Napoli, 9-12 novembre 1999.

Guerra F., Balletti F., Monti C., Livieratos E., Boutoura C., *Studi ed elaborazioni informatiche e infografiche sulla veduta prospettica di de'Barbari*, catalogo della Mostra "Jacopo de'Barbari. Carte e panorami di cittr nel '500", Museo Correr, Venezia novembre 1999.

Guerra F., *Trasformazioni geometriche locali: trasformazione versus corrispondenza*, tesi di dottorato in Scienze Geodetiche e Topografiche, XII ciclo, Politecnico di Milano. Tutor: Carlo Monti

Recenzija: Redakcijski odbor simpozija ISPRS v Ljubljani, februar 2000

Prispelo v objavo: 2000-05-17