

PILOTNI PROJEKT IZBOLJŠAVE KAKOVOSTI ZEMLJIŠKOKATASTRSKEGA PRIKAZA V KATASTRSKI OBČINI ČREŠNJICE

PILOT PROJECT FOR QUALITY IMPROVEMENT OF LAND CADASTRE INDEX MAP IN THE CADASTRAL COMMUNITY OF ČREŠNJICE

Marjan Čeh, Bojan Stopar, Barbara Trobec, Miran Brumec, Jernej Tekavec, Anka Lisec

1 UVOD

Geodetska uprava je v letu 2014 začela izvajati dejavnosti za oblikovanje strateških ciljev njenega delovanja do leta 2025 ter je tako v sodelovanju s Fakulteto za gradbeništvo in geodezijo Univerze v Ljubljani (UL FAGG) oblikovala zasnovo strategije javne (državne) geodetske službe v Sloveniji, v kateri je opredelila vrsto strateških projektov. Mednje lahko uvrstimo tudi projekta *Analiza možnosti izboljšave položajne točnosti, natančnosti in zanesljivosti zveznega grafičnega sloja zemljiškega katastra (ZKP)* ter *Izboljšava položajne točnosti zemljiškokatastrskega prikaza z urejanjem mej katastrskih občin in uporabo podatkov iz elaboratov geodetskih meritev* (Lisec in sod., 2015). Na Oddelku za geodezijo UL FAGG smo od leta 2010 intenzivno izvajali raziskave na tem področju (Čeh, Gielsdorf in Lisec, 2011; Čeh in sod., 2011, 2012) in tudi izvedli več testnih projektov – samostojno ter v sodelovanju z geodetsko upravo in zasebnim podjetjem (LGB geodetski inženiring in informacijske tehnologije, d. o. o.). Pri tem smo prišli do pomembnih ugotovitev, ki so bile v okviru projektov predstavljene v ožjih strokovnih krogih (Čeh in sod., 2015a, 2015b), s tem prispevkom pa bi z njimi radi seznanili tudi širšo geodetsko strokovno javnost.

Problematika področja, zaradi katere smo se odločili za raziskave in pozneje testne projekte, je bila podrobneje opisana v povzetku seminarja Oddelka za geodezijo UL FGG leta 2011 na temo kakovosti grafičnih podatkov zemljiškega katastra z naslovom *Sistem zemljiškega katastra: izzivi in dileme grafičnih podsistemov* (Lisec, Čeh in Trobec, 2011) ter v članku *Geodetsko podprta prenova grafičnega dela zemljiškega katastra* (Čeh in sod., 2011), zato jo tu le kratko povzemamo. Z digitalizacijo katastrskih načrtov ob koncu preteklega tisočletja smo v Republiki Sloveniji dobili kontinuirano digitalno geometrično-topološko strukturo ozemlja države v obliki zemljiških parcel, ki pa je ostala topološko neuskaljena in nehomogene položajne natančnosti. Obremenjena je torej s sistematični pogreški, ki izhajajo iz prvotnih metod izmere, ter s slučajnimi in grobimi pogreški, ki izhajajo iz kasnejših grafičnih posodobitev podatkov v postopkih vzdrževanja in napak na stikih katastrskih občin.

Tudi po uveljavitvi digitalnih grafičnih podatkov zemljiškega katastra se v Sloveniji še naprej srečujemo z več vrstami težav, na primer (ne)kakovostnim vključevanjem sprememb v zvezni digitalni prikaz parcel (zemljiškokatastrski prikaz – v nadaljevanju: ZKP), vzdrževanjem grafičnih podatkov katastra v »treh«

koordinatnih sistemih, vprašljivo interpretacijo katastrskih podatkov in slabo kakovostjo izmere. Vse so vsaj delno povezane s slabo položajno in geometrično kakovostjo ZKP.

Glavni cilji navedenih raziskav in projektov izhajajo predvsem iz ene izmed strateških tem Geodetske uprave RS, to je »vzpostavitev kakovostnejših podatkov o položajih meja pravic, integriranih v okviru enotnega državnega koordinatnega sistema D96/TM, pri čemer bodo odpravljeni sistematični pogreški posameznih položajev mejnih točk in čim bolj odpravljeni grobo pogrešeni vklopi preteklih vzdrževalnih izmer«. Izboljšava kakovosti katastrskih podatkov, ki izhaja iz navedenih ciljev, bi namreč omogočila dvig kakovosti vseh drugih, od katastra odvisnih zbirk uradnih podatkov zemljiške administracije, vključno s podatki namenske rabe in drugih ureditev v prostoru.

Natančnejši cilj raziskav in projektov je bil oblikovati predlog metodologije za učinkovito izboljšavo položaja mejnih točk ZKP s točkami, pri katerih so položajne koordinate preverjeno kakovostne, na primer zemljiškokatastrskimi točkami (v nadaljevanju: ZK-točke). Popravke položaja kakovostno določenih ZK-točk naj bi zvezno prenesli na model (ZKP) za območja bližnjih, okoliških parcel, ter pri tem upoštevali okoliščine, značilne za slovenski kataster. Za izboljšavo položajne kakovosti ZKP je bilo treba na testnem območju izvesti analizo položajne kakovosti podatkov, odkriti grobo pogrešene podatke (tudi vklope) ter izboljšati položajno in geometrično natančnost ZKP. V ta namen smo morali opredeliti optimalno količino in razporeditev tako imenovanih veznih točk, pri katerih so koordinate preverjeno kakovostne (na primer terensko izmerjene »stare« mejne točke in izbrane, koordinatno kakovostno določene, identične »vezne« ZK-točke). Pri tem je treba tudi:

- upoštevati zveznost izvedbe položajne izboljšave ZKP;
- geodetsko upoštevati relativne geometrične odnose med entitetami (mejnimi točkami);
- analitično ugotoviti optimalni delež terenske izmere dodatnih veznih točk;
- terensko identificirati točkovne entitete modela ZKP (veznih točk) in izvesti izmero dodatnih veznih točk – materializiranih katastrskih točk;
- uporabiti optimalni delež tehnične izmere dodatnih veznih točk visoke absolutne točnosti na praznih območjih;
- uvesti interaktivni pregled časovnih različic stanja ZKP po fazah izboljšave (preglednost in sledljivost);
- uporabiti najkakovostnejše arhivirane katastrske vire geodetsko pridobljenih podatkov (merske podatke);
- izločiti nekatere podatke iz neposredne izboljšave;
- numerično oceniti kakovost za vsako entiteto.

Za doseganje teh natančnejših ciljev je treba naenkrat obravnavati geografsko zaokroženo območje ZKP, na primer območje sistemske skice, območje snemalnega lista, območje ledine, območje celotne katastrske občine ali več katastrskih občin skupaj. Ob danih ciljih so podani dodatni pogoji, in sicer prenos izboljšave položajne kakovosti ZKP na območjih grafične izmere naj bi se izvajal ob največji stopnji ohranitve relativnih razmerij. Izvedba izboljšave mora temeljiti na geodetski doktrini, ki je zasnovana na metodah ohranitve relativne geometrije in topologije, nadštevilnih opazovanjih, ter načelih izravnalnega računa. Na položajno izboljšanih območjih, ki ostanejo grobo pogrešena (katastrsko neurejena), je treba izvesti druge ukrepe, kot so množična nova katastrska izmera, komasacija in podobno. Prednosti takšnega celo-

vitega pristopa do projektov z večnivojskimi cilji izboljšav so večplastne – od zagotavljanja kakovostnih uradnih podatkov o prostoru in nepremičninah do razvoja človeških virov, optimizacije postopkov in porabe javnih finančnih virov v ta namen (Lisec in sod., 2014).

V grafičnem podsistemu zemljiškega katastra je najpogosteje uporabljeni element kakovosti podatek-ocena položajne točnosti, četudi obstajajo tudi drugi. Najkritičnejša, poleg položajne točnosti, je časovna skladnost (posodobljenost) in veljavnost podatkov grafičnega podsistema, predvsem za nekatera območja grafične izmere. V nadaljevanju predstavljamo okoliščine študije primera izboljšave koordinat katastrskih podatkov. Na koncu so predstavljeni rezultati projektov izboljšave položajnih katastrskih podatkov v OGU Novo mesto, podrobneje za katastrsko občino Črešnjice (v nadaljevanju: k. o. Črešnjice).

2 OKOLIŠČINE ZA ŠTUDIJE PRIMERA IZBOLJŠAVE NA OBMOČJU K. O. ČREŠNJICE IN PRIPRAVA PODATKOV

Območje obravnave, katastrska občina 1458 Črešnjice (OGU Novo mesto), obsega sedem listov grafične izmere v merilu 1 : 2880. Pred uporabo zadnjih vpisanih podatkov v podatkovno zbirko zemljiškega katastra je bilo treba preveriti medsebojno skladnost izmenjevalnih datotek. Izvedli smo iskanje napak glede na izbrana topološka pravila za točke, linije (lomnice) in območja. Potem smo preverjali skladnost grafičnih koordinat ZK-točk in parcelnih delov, odkrivali grobo napačne koordinate ZK-točk, primerjali koordinate v sistemih D48/GK in D96/TM ter preverjali lomne točke na meji katastrske občine. Na meji katastrske občine 1458 Črešnjice je bilo 31 »osamljenih« točk te katastrske občine in 13 točk sosednjih katastrskih občin. Pregledali smo tudi podatke ZK-točk, ki so imele v postopku izboljšave vlogo veznih točk.

Če predpostavimo, da kakovostno določitev koordinat ZK-točk omogočajo metode 11, 21, 31, 41, 61, 71 in 91¹, potem je takšnih ZK-točk na študijskem območju 4281 ali 33 % – to je točk, ki jih lahko uporabimo za izboljšavo položajne kakovosti ZKP:

- ena točka nima koordinat v državnem koordinatnem sistemu;
- 2197 točk (51 %) ima koordinate v sistemu D48/GK, 2083 (49 %) pa v sistemu D96/TM;
- ZK-točke so bile določene v 303 postopkih.

ZK-točk, določenih z metodami 94, 95 ali 96², nismo uvrstili na seznam kakovostno določenih koordinat točk (8429 točk oziroma 64 % ZK-točk v katastrski občini 1458 Črešnjice).

Nato smo pregledali ZK-točke glede na vrsto postopka, izvedenega v zemljiškem katastru. Pred začetkom izboljšave smo pripravili aktualne podatke katastrske občine 1458 Črešnjice v koordinatnem sistemu D48/TM, ki smo jih nato s trikotniško, odsekoma afino ravninsko transformacijo transformirali v koordinatni sistem D96/TM.

¹ Po šifrantu metode določitve koordinat ZK-točk Geodetske uprave RS:

11 – polarna (do 12 cm)

21 – ortogonalna, presek premic (do 12 cm)

31 – GNSS (do 12 cm)

41 – preseki, urezi, konstrukcija iz originalnih mer (do 12 cm)

61 – digitalizacija načrtov 1 : 500

71 – transformacija merjenih ali digitaliziranih točk (do 12 cm)

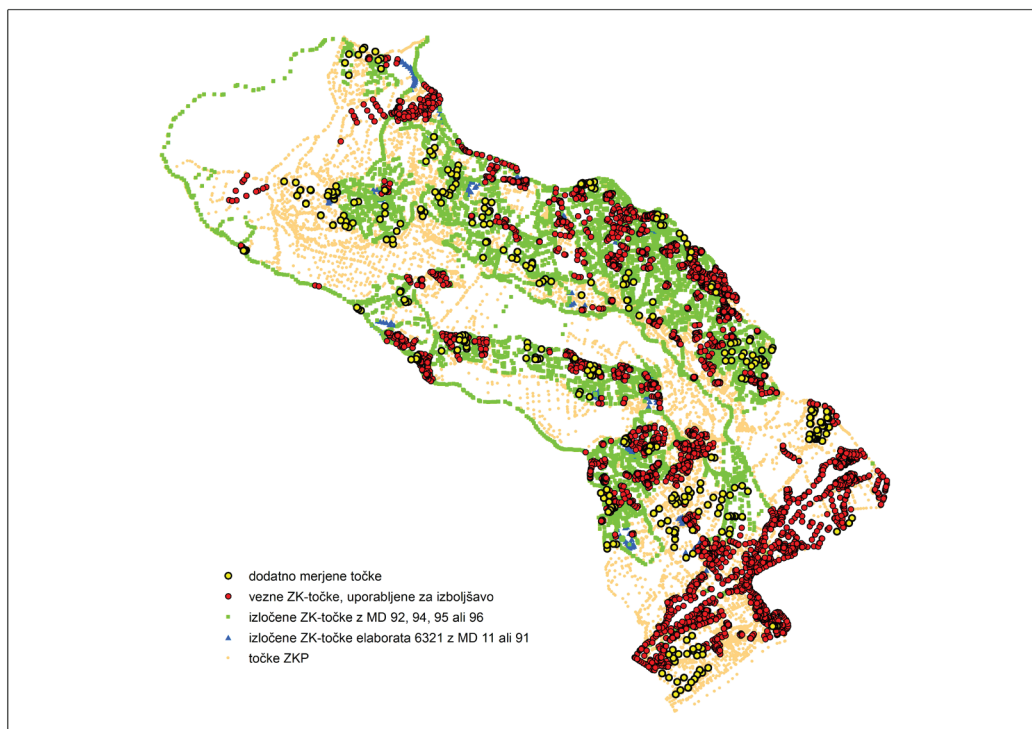
91 – izmera na terenu v sistemih D48/GK ali D96/TM

² Po šifrantu metode določitve koordinat ZK-točk Geodetske uprave RS:

94 – izboljšava lokacijskih podatkov – ZK-točke

95 – izboljšava lokacijskih podatkov – DOF

96 – izboljšava lokacijskih podatkov – vklop



Slika 1: Prikaz obstoječih zemljiško katastrskih (ZK) točk, na novo izmerjenih (ZK) točk in ZKP-točk v k. o. Črešnjice (lasten prikaz).

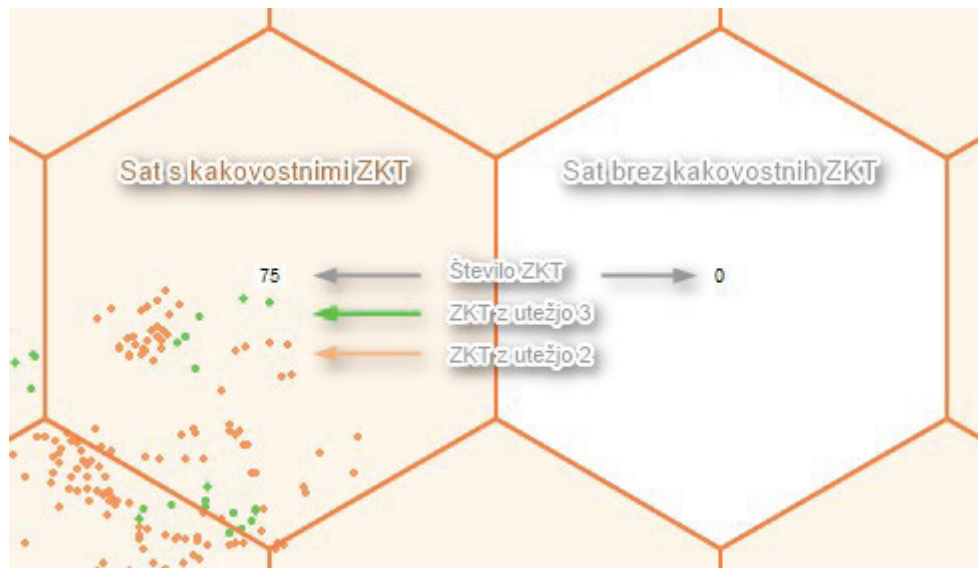
Na sliki 1 je pregled katastrskih točk v k. o. Črešnjice, v kateri so s trikotniki prikazane izločene točke, obdelane v »izboljšavi« podatkov na območjih trajnih nasadov.

2.1 Zagotovitev enakomernejšega pokritja z veznimi točkami – območja, na katerih je potrebna izmera

Na nekaterih obravnavanih območjih ni bilo ustreznih veznih točk. Za enakomernejšo pokritost območja obravnave z veznimi točkami smo ocenili število dodatnih točk, ki bi jih bilo treba izmeriti na praznih območjih. Izhajali smo iz povprečne površine katastrske občine v Republiki Sloveniji, ki znaša približno 750 hektarjev. Če želimo, da je največja dovoljena razdalja med sosednjima veznima točkama približno 300 metrov, potrebujemo v povprečno veliki katastrski občini približno 70 veznih točk. V katastrski občini Črešnjice bi potrebovali 80 enakomerno razporejenih veznih točk za izboljšavo položajne natančnosti zveznega grafičnega sloja zemljiških parcel po predlaganem merilu. Toda zaradi napak pri vzdrževanju ZKP (odkrite so bile mnoge grobe napake) mora biti gostota veznih točk večja. Tako smo oblikovali postopke usmerjenega iskanja primernih lokacij, na katerih naj bi izmerili dodatne vezne točke:

- opredelitev zaraščenih in nezaraščenih območij;
- določitev »praznih« območij (ni ZK-točk) na nezaraščenih predelih (površina 249 hektarjev, 30 % celotnega območja);

- opredelitev območij katastrskih sprememb (z načrti iz različnih obdobj), potencialno obstoječih mejnikov iz obdobja 1895–1977 in kakovostnejših podatkov iz obdobja 1977–1988;
- enakomerno pokrije območja z opredelitvijo mreže šestkotnikov (oblike satja s stranico celice 300 metrov – glej sliko 2).



Slika 2: Celice satja brez kakovostnih ZK-točk, v katerih se iščejo in izmerijo dodatne vezne točke.

Devetnajst celic oziroma šestkotnikov se delno prekriva s prej določenimi poligoni praznih območij. Za namen naloge smo izmerili nekatere mejnike, ki so imeli status ZK-točk (kontrolna izmera), starejše mejnike, ki niso ZK-točke, in točke nekaterih značilnih topografskih oblik. Izmerjene točke so imele vlogo veznih točk. Iskanje točk smo izvajali na več načinov:

- usmerjeno iskanje z uporabo katastrskih načrtov sprememb;
- usmerjeno iskanje z uporabo skic (spremembe v naravi od izdelave elaboratov);
- usmerjeno iskanje z uporabo rekonstruiranih ter približno georeferenciranih in vklapljenih skic elaboratov.

2.2 Priprava na terensko izmero

Za pripravo na terensko izmero smo:

- pregledali in analizirali zadnje vpisane podatke zemljiškega katastra (kakovost ZK-točk);
- pripravili in pregledali seznam zbirke listin (podroben pregled izbranih postopkov IDPOS, preračun izbranih postopkov, s katerimi se je urejala ali spreminjala meja ali spremenila vrsta rabe z izmerjenimi točkami za navezavo);
- pripravili izseke državnega ortofota (DOF025);
- pripravili skenograme katastrskih načrtov z vrisanimi spremembami (prednost so imeli tisti iz obdobja 1977–1988 ter starejši iz obdobja pred letom 1977);
- pripravili lidarske podatke.

Terenska ekipa, sestavljena iz operaterja in pomočnika, je za terensko izmero dobila pripravljene terenske skice. Te so vsebovale izsek državnega ortofota (DOF025), zemljiškokatastrski prikaz (ZKP), skice iz izbranih postopkov, ki so bile vključene v ZKP (predhoden preračunan numeričnih podatkov elaboratov), skenograme katastrskih načrtov z vrisanimi spremembami. Med terensko izmero se je izkazalo, da je za uspešno terensko delo pomembna tudi pomoč lastnikov parcel. Menimo, da brez njih ne bi odkrili in izmerili večine mejnikov.

Za terensko izmero smo uporabili dve metodi. Vsa merjenja so bila izvedena v skladu z Navodili za izvajanje izmere z uporabo globalnih navigacijskih satelitskih sistemov v državnem koordinatnem sistemu (različica 2.0, 20. 11. 2006). Na odprtih območjih smo izmero izvajali z RTK-metodo, z GNSS-sprejemnikom in anteno na togem grezilu. Časovno trajanje opazovanj je bilo 60 sekund, z intervalom registracije ene sekunde. Sprejemljivo položajno odstopanje večkrat določenih koordinat je bilo štiri centimetre, med izmero smo morali imeti na razpolago vsaj pet satelitov, največja dovoljena vrednost faktorja PDOP pa je bila 6. Na zaprtih območjih (omejene možnosti za GNSS-izmere) smo uporabili kombinirano metodo, kjer smo določili koordinate stojšč tahimetra in orientacijskih točk z GNSS-izmero, izmero detajlnih točk pa z elektronskim tahimetrom. Pri terenski izmeri točk v k. o. Črešnjice in zunanje okolice meje k. o. je bilo izmerjenih 566 točk – od tega je bilo 309 mejnikov in drugih mejnih znamenj ter 257 točk na spodnjih in zgornjih robovih brežin terena. Od 309 izmerjenih mejnikov in drugih mejnih znamenj jih je 97 že imelo status ZK-točke. Od 97 ZK-točk jih je imelo 35 koordinate v sistemu D96/TM. S predhodno podanim načinom usmerjanja terenske izmere smo z RTK-metodo na območju k. o. Črešnjice našli in izmerili vezne točke, za katere velja:

- 216 mejnikov je označenih s predpisanimi mejnimi znamenji;
- druge izmerjene točke (13) so imele pomožne oznake (škarpe in podobno) ali so imele terenske oblike (vrh, dno brežine) ali obdelovalne meje.

Od 216 opazovanih mejnikov jih 85 pripada praznim območjem (celicam). Med temi 85 mejniki je 24 naravnih kamnov, pri čemer je 12 kamnov obarvanih, imajo vklesan križ ali so dodatno označeni s količkom. Preostalih 12 kamnov je brez oznak (*opomba: 5 od 85 mejnikov ni bilo vključenih v izboljšavo; samo eden od teh je bil betonski – razlogi so predusem topološka in geometrična nekonsistentnost položajev mejnikov z ZKP*).

Za pripravo, izmero in obdelavo podatkov je bilo porabljenih 174 ur – natančnejši opis ur za terensko izmero in obdelavo podatkov na delovišču k. o. Črešnjice je podan v preglednici 1.

Preglednica 1: Ocena časa potrebnega za pridobivanje podatkov (odkivanje in izmera) dodatnih veznih točk

Faza	Trajanje (ur)	Skupaj (ur)
Priprava podatkov za terensko izmero		24
Terenska izmera		126
Iskanje mejnih znamenj	46	
Izmera	75	
Zapisovanje značilnosti točk in fotografranje	5	
Obdelava podatkov in priprava za uvoz v GIS		24
		174

V povprečju je bilo za izmero in obdelavo ene točke porabljenih 18,4 minute.

2.3 Priprava podatkov relativne geometrije na območjih z malo ali nič veznimi točkami

Iz zbirke listin zemljiškega katastra smo za celotno območje obravnave k. o. Črešnjice in sosednjih katastrskih občin prevzeli podatke relativne geometrije parcelnega stanja za 542 postopkov. Na območjih z malo ali nič veznimi točkami smo v k. o. Črešnjice in okoliških katastrskih občinah rekonstruirali relativno geometrijo parcelnega stanja iz 139 postopkov tahimetrične izmere na podlagi zbirke listin zemljiškega katastra. Za rekonstrukcijo so bili izbrani postopki, s katerimi se je urejala ali spreminjala meja, in postopki spremembe vrste rabe z veliko točkami za navezavo. Za nadzor in možnost skupinskega prikaza relativne geometrije smo pripravili pregled parcel in postopkov v okolju GIS.

Podatke tahimetrične izmere rekonstruiranih elaboratov smo opredelili v naslednjih kakovostnih razredih (ocenjena največja dopustna odstopanja):

- kakovostni razred 1: 0–0,1 metra za terensko metodo 91;
- kakovostni razred 2: do 0,2 metra, ko so bile koordinate določene s tahimetrijo, pri čemer so dolžine izmerjene z elektronskimi razdaljemerji;
- kakovostni razred 3: do 0,4 metra, ko so bile koordinate določene s tahimetrijo, pri čemer so dolžine izmerjene z optičnimi razdaljemerji;
- kakovostni razred 4: do 1,0 metra, ko so bile koordinate določene z busolno tahimetrično izmero ali so koordinate določene s trinitno ali avtoredukcijsko tahimetrijo, pri čemer so bile dolžine, daljše od 100 metrov, izmerjene z optičnimi razdaljemerji.

Tahimetrični zapisniki (podatki meritev v obliki polarnih koordinat) so bili prepisani v digitalne besedilne datoteke tahimetrične izmere. Točke imajo pripisano šifrirano oznako za vrsto materializacije. Za ohranjanje pregleda nad primeri rekonstruiranih relativnih geometrijskih odnosov parcel (iz elaboratov tahimetričnih izmer) smo izdelali podatkovni sloj centroidov elaboratov z ocenjeno natančnostjo metode določitve položajev mejnih točk. Faze rekonstrukcije elaboratov s tahimetričnimi opazovanji za vključevanje pogojev relativnih geometrijskih razmerij parcelnega stanja v postopke izboljšave položajne in geometrične kakovosti ZKP v okviru te raziskave lahko opredelimo kot:

- prepis zapisnikov tahimetričnih meritev v digitalno obliko;
- določitev približnih koordinat stojišča in orientacijske točke v D48/GK;
- pretvorba zapisnikov tahimetričnih meritev v ustrezno datoteko;
- uvoz koordinat v geodetsko programsko okolje;
- izračun približnih koordinat detajlnih točk;
- vzpostavitev povezav med točkami;
- uvoz in vklop območja obravnavanega primera s triparametrično transformacijo (premik in zasuk brez spremembe merila) v D48/GK.

Posamezni rekonstruirani relativni geometrijski odnosi parcel (iz elaboratov tahimetričnih izmer, zapisani v datotekah geodetskega programa) so bili transformirani v D96/TM s trikotniško odsekoma afino transformacijo. Sledila je vizualna primerjava grafik zadnjih vpisanih podatkov in podatkov vključenega rekonstruiranega postopka. Priprava, izmera in obdelava podatkov za 139 primerov relativnih geometrijskih odnosov parcel (iz arhiviranih analognih elaboratov tahimetričnih izmer) na delovišču k. o. Črešnjice je zahtevala dodatni čas, ki smo ga ocenili v dveh kategorijah, in sicer kot prevzem in pregled zbirke listin (36 ur) ter izdelava datotek in uvoz v GIS (70 ur) oziroma skupaj 106 ur.

3 REZULTATI IZBOLJŠAVE IN NJIHOVA KONTROLA

V tem razdelku podajamo rezultate izboljšave položajne in geometrične kakovosti ZKP z izravnavo v k. o. Črešnjice, v katero smo vključili podatke iz treh zbirk (ZK-točke, ZKN in ZKP, pridobljeno 3. 9. 2015). Pri tem smo:

- upoštevali pogoje identitete, pravokotnosti in vzporednosti,
- vključili rezultate izmere dodatnih veznih točk na praznih območjih, ki še niso imele statusa ZK-točke, z izmero čim večjega števila mejnikov ter
- vključili kakovostne podatke relativnih geometrijskih odnosov parcel iz zapisnikov tahimetričnih meritev
- in skic arhiviranih elaboratov (preglednica 2).

Preglednica 2: Pregled vhodnih podatkov in njihov izbor za izravnavo in homogenizacijo ZKP za k. o. Črešnjice

Število vseh ZK-točk	13.087
Število izločenih ZK-točk z metodo določitve 67, 94, 95 ali 96 in upravnim statusom 7 ali 8	8425
Število veznih ZK-točk, uporabljenih za homogenizacijo	4662
Število dodatno izmerjenih veznih točk	354
Število dodatno izmerjenih veznih točk, uporabljenih za homogenizacijo	224
Število vseh ZKP-točk	21.438
Število povezav med točkami ZKP	25.110
Število centroidov	4134
Število rekonstruiranih in vključenih elaboratov	77

Kot je razvidno iz preglednice 2, smo za homogenizacijo ZKP-ja od 354 dodatno izmerjenih točk na koncu postopka uporabili le 224 točk, in sicer zaradi izločitve grobo pogrešenih opazovanj, ki smo jih odkrili v postopku predhodne analize. Pred izravnavo in membransko homogenizacijo smo izvedli analizo podatkov, katere rezultati so v preglednici 3.

Preglednica 3: Statistika vhodnih elementov pred končnim korakom izboljšave položajne in geometrične kakovosti ZKP v k. o. Črešnjice

Število uvoženih referenčnih točk	4662
Število uporabljenih referenčnih točk	4662
Število uporabljenih dodatno izmerjenih veznih točk	224
Število točk z digitaliziranimi koordinatami	21.438
Število novih (premaknjenih) digitaliziranih točk	16.776
Število pogojev pravokotnosti	2065
Število pogojev premočrtnosti loma	394
Število pogojev vzporednosti	12
Število identitet med točkami (elaborati)	1971

Za a priori vrednost standardnega odklona opazovanj digitaliziranih (ZKP-) koordinat je bila izbrana vrednost 150 centimetrov. Koordinate ZK-točk oziroma drugih veznih točk, ki smo jih izbrali za tako imenovane referenčne točke, se v prikazanem primeru niso izravnale, zato smo jim dodelili vrednost standardnega odklona 0 centimetrov.

Po izravnavi in homogenizaciji je znašala vrednost srednjega standardnega odklona položaja točk ZKP za celotno območje 103,0 centimetra. Ocenjena položajna kakovost koordinat točk ZKP se je z izravnavo in homogenizacijo občutno izboljšala. Vsaka točka ZKP pa po izravnavi in homogenizaciji pridobi dodatne cenilke kakovosti izravnanih položajev točk (preglednica 4).

Preglednica 4: Primer zapisa izravnavnih koordinat ZKP točke, s cenilkami kakovosti točke

Št. točke	Končni koordinati [m]		Ocena natančnosti		Elipsa pogreškov	
	E	N	standardni odklon a posteriori [cm]	kot zasuka [°]	velika polos [cm]	mala polos [cm]
1	452.519,090	96.917,174	8,3	16,2	5,9	5,9

Vsako opazovanje, ki je vključeno v izravnavo, pridobi podatek o svoji *nadzorovanosti*, to je vrednost števila nadštevilnosti, ki pomeni vpliv (prispevek) posameznega opazovanja v matematični model izravnave oziroma vpliv na izboljšavo položajne in geometrične kakovosti načrta. Opazovanja, ki ne vplivajo na matematični model izravnave in zato tudi niso nadzirana v smislu nadštevilnih opazovanj, imajo vrednost števila nadštevilnosti enako 0, popolnoma nadzirana opazovanja naj bi imela vrednost števila nadštevilnosti enako 1. Pojavi se vprašanje, kakšna mora biti vrednost števila nadštevilnosti za veljavnost domneve, da je opazovanje v izravnavi dovolj nadzorovano z drugimi opazovanji. Obstajajo različni pogledi, vendar izkustveno velja kot primerna minimalna vrednost števila nadštevilnosti tista, ki je večja od 0,1. V splošnem pa se šteje, da je opazovanje s takšno vrednostjo števila nadštevilnosti slabo nadzorovano (Gielsdorf in Hillman, 2012; Gielsdorf in Hoffman, 2013). V večini držav je treba za prevzem točke v koordinatni kataster izpolniti pravila v povezavi z zadostno nadzorovanostjo oziroma z vrednostjo števila nadštevilnosti opazovanj v intervalu med 0,1 in 0,4 (v deželi Brandenburg v Nemčiji mora biti na primer število nadštevilnosti opazovanj vsaj 0,33), pri vrednosti števil med 0,4 in 1,0 pa se šteje, da je nadzorovanost opazovanj zelo dobra. Če ne izpolnjujemo merila zadostne nadzorovanosti opazovanj (zadostna vrednost števila nadštevilnosti opazovanj), je rešitev le dodatna izmera (z dodatnimi opazovanji).

V postopku izravnave se opredeli tudi *zunanja zanesljivost določitve koordinat točk*, ki predstavlja vpliv neodkritih grobih pogreškov opazovanj na določitev koordinat. Izračunana vrednost vpliva neodkritih grobih pogreškov opazovanj na koordinate kaže red velikosti premika, za katerega se lahko točka največ premakne, ne da bi bila prepoznana kot grobo pogrešena (najmanjši grobi pogrešek, ki ga test še prepozna).

Ker smo v raziskavi najprej obravnavali samo eno katastrsko občino, so po uvozu rezultatov izboljšave v grafično bazo ZKP na mejah katastrskih občin v sistemu D48/GK nastala topološka neskladja (križanja linij). Zato so bile v postopek blokovne izravnave dodatno vključene tri od šestih sosednjih katastrskih občin, s čimer smo izvedli tudi izboljšavo na mejah katastrskih občin. Na sliki 3 je s sivo prekinjeno črto prikazano stanje pred izboljšavo, s črno črto pa stanje po njej, vektorji sistematičnih pogreškov so sivi.

Funkcionalni model izravnave s homogenizacijo temelji na mreži nepravilnih trikotnikov TIN. Grafična interpretacija zanesljivosti rezultatov izravnave, in sicer parametra standardizirani popravek za povezana opazovanja, je prikazana na sliki 4.



Slika 3: Primer večjih sistematičnih pogreškov v k. o. Črešnjice, prikazan na podlagi DOF (lastni prikaz).



Slika 4: Različne debeline stranic trikotnikov predstavljajo različne standardizirane popravke.

Kontrola rezultatov na podlagi primerjave koordinat točk

Med trajanjem raziskave je bilo v k. o. Črešnjice izvedenih več katastrskih postopkov z novimi točkami z izravnanimi koordinatami, od katerih smo 623 točk uporabili za kontrolo rezultatov izboljšave. Primerjali smo koordinate »novih« ZK-točk v vlogi kontrolnih točk s homogeniziranimi koordinatami istih točk, in povprečno odstopanje je znašalo 0,98 metra, kar je primerljivo z ocenjenim standardnim odklonom, ki je za ta primer po izravnavi s homogenizacijo znašal 1,03 metra. S tem smo tudi potrdili pravilnost ocenjenega srednjega položajnega standardnega odklona a posteriori za homogenizirane podatke na območju katastrske občine Črešnjice.

4 RAZPRAVA IN UGOTOVITVE

V geodetskih strokovnih krogih prevladuje mnenje, da je treba geometrijska razmerja nepremičnin (zemljiških parcel in stavb) in njihove lokacije na zemljskem površju upravljati v obliki koordinatnega katastra. Mejne točke bi morale biti določene s koordinatami visoke točnosti in zanesljivosti, ki bi odražale najverjetnejše položaje mejnih znamenj na parcelnih mejah. Nove katastrske izmere (množične mejne obravnave z geodetsko izmero), ki s tehnično-inženirskega vidika dajejo najboljši rezultat, pogosto niso sprejemljiva rešitev za večja območja, saj ocenjeni stroški lahko presegajo predvidene koristi. Množična nova izmera, vzpostavitev katastra na podlagi geodetske izmere ali podobni instrumenti so še vedno najkakovostnejši pristopi k dolgoročni položajni in splošni kakovosti podatkov katastra. Zaradi visokih stroškov pa se države pogosto odločajo za kompromisne rešitve, kot je preračun katastrskih koordinat s kombinacijo izravnalnega računa z vključitvijo podatkov relativne geometrije preteklih lokalnih izmer, z upoštevanjem drugih geometrijskih pravil in z navezavo na skrbno izbrane, lahko tudi dodatno izmerjene referenčne točke, kar omogoča izboljšanje položajne in geometrične kakovosti katastrskih načrtov (koordinat lomnih točk).

Izpostaviti velja, da vključuje dokumentacija katastrskih postopkov pri vzpostavljanju in posodabljanju obstoječih podatkovnih nizov podatke meritev, ki dobro opredeljujejo relativne položaje mejnih točk nepremičnin. V idealnem katastrskem sistemu naj bi bili podatki meritev v okviru predpisanih dovoljenih odstopanj in primerno nadzorovani glede števila nadštevilnosti. Samo dovolj kakovostno opredeljene katastrske podatke bi nato lahko pretvorili v koordinatni kataster. Dodatna težava pa so relativne meritve. Za vzpostavitev koordinatnega katastra v referenčnem koordinatnem sistemu potrebujemo koordinate katastrskih točk, ki so kakovostno določene v referenčnem koordinatnem sistemu. Kot lepo kaže študijski primer, je informacija o položaju katastrskih točk v referenčnem koordinatnem sistemu zagotovljena le na lokacijah, kjer so ZK-točke določene v referenčnem koordinatnem sistemu ali so identične mejne točke ZKP-ja materializirane v naravi in jim je mogoče položaj določiti naknadno s terensko izmero. Take točke smo v študiji uporabili kot vezne oziroma referenčne.

Obe skupini meritev v okviru katastrske numerične evidence (relativne meritve in koordinate veznih točk) pa lahko vsebujeta slučajne pogoške, meritve so lahko dodatno obremenjene z grobimi ali sistematičnimi pogoški. Na slučajne pogoške nimamo vpliva. So tudi razlog, da je načeloma nemogoče določiti prave vrednosti koordinat mejnih točk. Cilj izračuna koordinat je zato določitev najverjetnejših koordinat mejnih točk. Ob tem pa je treba zagotoviti, da so izpolnjene dodatne zahteve:

- meritve, ki so uporabljene za katastrske izračune (meritve elementov relativne geometrije in za določitev koordinat točk), morajo biti v skladu s pravilniki o katastrski izmeri. To pomeni, da odstopanja merjenih količin ne smejo presegati predpisanih vrednosti dopustnih odstopanj;
- opazovanja, uporabljena v izračunih, morajo biti ustrezno nadzorovana v okviru matematičnega modela izravnave opazovanj za določitev koordinat mejnih točk.

Pomemben rezultat študijskega primera so bili odkriti grobi pogoški (grobi pogoški koordinat, napake pri vključitvi novih podatkov v ZKP, topološke napake ipd.) ter uskladitev položaja ZKP s položaji kakovostnih ZK-točk ter drugih veznih točk, ki smo jih uporabili kot referenčne točke. Pri tem se je ohranila topologija in notranja geometrija ZKP, kakovost končnega rezultata pa je odvisna predvsem od kakovosti in številnosti vhodnih referenčnih podatkov (število veznih točk, število geometrijskih pogojev, vključno s podatki relativnih meritev, privzeti iz elaboratov geodetskih storitev, ipd.)

Cilj postopka, pri katerem se uporablja izravnalni račun za določitev najverjetnejših koordinat mejnih točk, postopki odkrivanja pogoškov ter ocenjevanje točnosti in zanesljivosti izračunanih koordinat točk, je izračun, s katerim bodo izpolnjene pravno-nepremičninske zahteve koordinatnega katastra. Tudi če izračunane koordinate točk zveznega grafičnega katastrskega sloja ne izpolnjujejo zahtev za registracijo nepremičnin v koordinatnem katastru, kar je pogosto, te koordinate še vedno ponazarjajo najverjetnejše položaje mejnih točk, ki jih lahko pridobimo z upoštevanjem (vseh) razpoložljivih podatkov in informacij. V primerjavi s koordinatami točk, pridobljenih z vektorizacijo in »sestavljanjem« katastrskih načrtov v preteklosti, prinašajo rezultati izravnave in homogenizacije precejšnjo izboljšavo položajne in geometrične kakovosti grafičnega prikaza parcel in njihovih delov v zemljiškem katastru.

Literatura in viri:

- Čeh, M., Gieldsorf, F., Lisec, A. (2011). Homogenization of digital cadastre index map improving geometrical quality. V: L. Zadnik Stirn (ur.), J. Žerovnik (ur.), J. Povh (ur.), S. Drobne (ur.), A. Lisec (ur.). SOR, 11 proceedings. Ljubljana: Slovenian Society Informatika, Section for Operational Research, 2011, str. 53–59.
- Čeh, M., Lisec, A., Ferlan, M., Šumrada, R. (2011). Geodetsko podprta prenova grafičnega dela zemljiškega katastra. Geodetski vestnik, 55 (2), 257–268. DOI: <http://dx.doi.org/10.15292/geodetski-vestnik.2011.02.257-268>
- Čeh, M., Šumrada, R., Ferlan, M., Švab, B., Lisec, A. (2012). Application of membrane homogenization method on Slovenian cadastral index map. FIG Working Week, May 6–10, 2012, Rim.
- Čeh, M., Lisec, A., Trobec, B., Ferlan, M. (2015a). Analiza možnosti izboljšave položajne točnosti, natančnosti in zanesljivosti zveznega grafičnega sloja zemljiškega katastra (ZKP). Ljubljana: Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo.
- Čeh, M., Lisec, A., Trobec, B., Brumec, M., Farič, T., Koleša J. (2015b). Izboljšava položajne točnosti zemljiškokatastrskega prikaza z ureditvijo mej katastrskih občin in uporabo podatkov iz laboratorijev geodetskih meritev. Ljubljana: Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo.
- Gielsdorf, F., Hillman, T. (2012). Mathematics and Statistics. V: W. Kresse (ur.), D. Danko (ur.), Springer Handbook of Geographic Information. Springer, str. 19–61.
- Gielsdorf, F., Hoffman, H. (2013). Recht und Mathematik. Die richtige Weg zum Koordinatenkataster. Forum, 39 (3), 36–42.
- Lisec, A., Čeh, M., Stopar, B., Kosmatin Fras, M., Drobne, S., Trobec, B., Pajtler, A. (2015). Primerjalna analiza ureditve državne geodetske službe v Sloveniji z mednarodno primerjavo ter zasnova strategije za obdobje 2015–2025: končno poročilo. Ljubljana: Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo, 50 str.
- ZEN (2006). Zakon o evidentiranju nepremičnin. Uradni list RS, št. 47/2006, 65/2007 – Odločba US, 106/2010 – ZDoh-2H, 47/2012 – ZUKD-1A, 79/2012 – Odločba US in 55/2013 – ZUKD-1B.



Asist. dr. Marjan Čeh, univ. dipl. inž. geod.
Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo
Jamova cesta 2, SI-1000 Ljubljana
e-naslov: marjan.keh@fgg.uni-lj.si

Prof. dr. Bojan Stopar, univ. dipl. inž. geod.
Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo
Jamova cesta 2, SI-1000 Ljubljana
e-naslov: bojan.stopar@fgg.uni-lj.si

Strok. sod. Barbara Trobec, univ. dipl. inž. geod.
Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo
Jamova cesta 2, SI-1000 Ljubljana
e-naslov: barbara.trobec@fgg.uni-lj.si

Asist. Jernej Tekavec, univ. dipl. inž. geod.
Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo
Jamova cesta 2, SI-1000 Ljubljana
e-naslov: jernej.tekavec@fgg.uni-lj.si

Miran Brumec, univ. dipl. inž. geod.
LGB, geodetski inženiring in informacijske tehnologije, d. o. o.
Ukmarjeva ulica 4, SI-1000 Ljubljana
e-naslov: miran.brumec@lgb.si

Izr. prof. dr. Anka Lisec, univ. dipl. inž. geod.
Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo
Jamova cesta 2, SI-1000 Ljubljana
e-naslov: anka.lisec@fgg.uni-lj.si