

Ivana Krešić, univ. bacc. ing. geod. et geoinf. ▶ diplomski studij, Geodetski fakultet, Sveučilište u Zagrebu, Kačićeva 26, 10000 Zagreb, e-mail: ikresic@geof.hr
Tena Mamula, univ. bacc. ing. geod. et. geoinf. ▶ diplomski studij, Geodetski fakultet, Sveučilište u Zagrebu, Kačićeva 26, 10000 Zagreb, e-mail: tmamula@geof.hr

O pouzdanosti linearne predikcije deklinacije

SAŽETAK: Prikazani su rezultati testiranja pouzdanosti linearne ekstrapolacije deklinacije do pete godine unaprijed na povijesnim nizovima podataka geomagnetskih opservatorija Tihany (THY), L'Aquila (AQU), Fürstenfeldbruck (FUR), Grocka (GCK) i Panagyurishte (PAG), kao i na točki Hrvatske geomagnetske sekularne mreže Pokupsko (POKU). Pomoću reziduala tj. razlike predicirane i stvarne vrijednosti deklinacije procijenjena je točnost predikcija za simulirane slučajeve izmjera perioda jedne, dvije i četiri godine.

KLJUČNE RIJEČI: magnetska deklinacija, linearna predikcija

Multi-agent systems in the cartographic generalisation

SUMMARY: The results of testing the reliability of the linear forward extrapolation up to five years by using of historical data series of Tihany (THY), L'Aquila (AQU), Fürstenfeldbruck (FUR), Grocka (GCK) and Panagyurishte (PAG) geomagnetic observatories, as well as of Croatian geomagnetic secular network point Pokupsko (POKU), were shown. Using residuals (difference of predicted and actual declination value), the accuracy of the prediction for simulated cases with survey periods of one, two and four years was estimated.

KEYWORDS: geomagnetic declination, linear prediction

1. UVOD

Deklinacija u geomagnetskoj informaciji na izvanokvirnom sadržaju topografskih i navigacijskih karata (npr. TK25) obično se odnosi na epohu posljednje geomagnetske izmjere, a godišnja promjena deklinacije omogućuje pronalaženje deklinacije u budućim epohama linearnom ekstrapolacijom. Takva, 'predicirana' deklinacija sigurno će se razlikovati od stvarne, budući da godišnja promjena nije linearna. Upravo zato je zamisao rada bila dati ocjenu pouzdanosti linearnoj predikciji. Druga također praktična svrha rada je temeljem dugih vremenskih nizova podataka okolnih geomagnetskih opservatorija procijeniti prikladan period budućih geomagnetskih izmjera na teritoriju Hrvatske ovisno o korisničkim zahtjevima na točnosti deklinacije.

2. DEKLINACIJA

Magnetsko polje Zemlje je vektorsko polje koje se opisuje magnetskom indukcijom F , a magnetska deklinacija D je kut što ga vertikalna ravnina kroz F (smjer magnetskog meridijana) zatvara s ravninom geografskog meridijana (Campbell, 2003). Deklinacija je istočna (E ili +) kada je magnetski meridijan istočno od geografskog meridijana, što je u nas trenutno slučaj. Opažanja deklinacije i ostalih geomagnetskih elemenata, npr. periodičnim terenskim izmjerama odnosno kontinuirano na geomagnetskim opservatorijima (Newitt 1996, Meloni 1994, Love, 2008) pokazuju da se Zemljino magnetsko polje neprekidno mijenja na raznim skalama i u prostoru i u vremenu zbog raznolikih fizikalnih procesa u Zemljinoj jezgri, litosferi, magnetosferi te ionosferi (URL-1). Nama je ovdje najznačajnije glavno polje, nastalo u Zemljinoj jezgri, koje čini 95% ukupnog Zemljinog magnetskog polja. Konvekcijska gibanja u Zemljinoj jezgri uzrokuju sporu promjenu - sekularnu varijaciju polja tijekom velikih vremenskih razdoblja. O uzrocima magnetskog polja Zemlje više npr. u (Constable, 2005), (Campbell 2003). Sekularna varijacija je uobičajeno izražena kao godišnja promjena određenog geomagnetskog elementa i definira se kao prva vremenska derivacija normalnog polja. Obično je izražena razlikama opservatorijskih srednjih godišnjih vrijednosti geomagnetskog elemenata npr. deklinacije, inklinacije ili totalnog

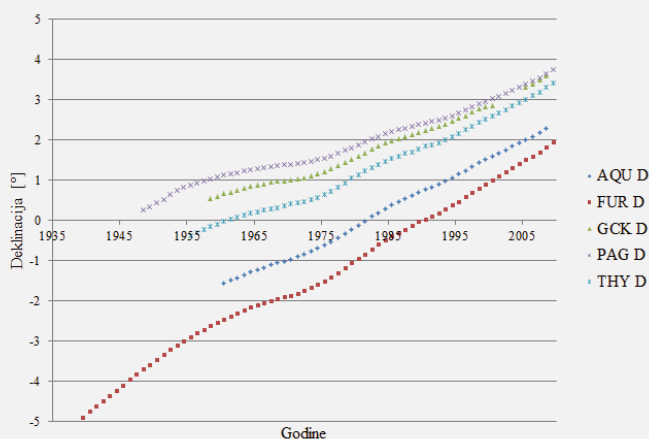
intenziteta nakon što su uklonjeni utjecaji vremenski promjenljivih vanjskih signala (Newitt et al. 1996). Zbog sekularne varijacije polja potrebno je periodično obnavljati geomagnetske modele i karte. Obzirom na neprekidnu i nepredvidivu promjenljivost geomagnetskog polja-geomagnetske karte su zastarjele već prilikom njihove objave. Zbog toga se predikcija (sekularne varijacije) geomagnetskog polja javlja kao praktična potreba. Pristupi predikciji mogu se temeljiti na poznavanju fizikalnog izvora polja, odnosno na statističkom modelu. Kaotičnost geomagnetskog polja izražena je nepouzdanim predikcijama nakon 6. godine a nešto lošije rezultate daje jednostavna linearna ekstrapolacija geomagnetskog polja (De Santis et al., Cianchini, 2011). Razmatranje ćemo dalje ograničiti na godišnje srednjake deklinacije u povijesnim nizovima na najbližim opservatorijima Hrvatskoj.

3. ULAZNI PODACI

Svrha geomagnetskih opservatorija je kontinuirano bilježenje vremenskih varijacija vektora magnetskog polja Zemlje. Da bi se ispunila težnja za što većom točnošću učestalost mjerenja iznosi minutu i manje. Interes opservatorija je Zemljino magnetsko polje i kao takav njegova lokacija mora biti bez umjetnih magnetskih izvora kao što i njegov okoliš ne smije ometati opažanje vektora (Newitt et al. 1996). Geomagnetsko polje varira s obzirom na mjesto i vrijeme te jedini način promatranja fluktuacije u Zemljinoj vanjskoj jezgri je upravo praćenje sekularne varijacije geomagnetskih elemenata. Za takve studije potrebna je globalna pokrivenost opservatorijima s kojima se mogu kreirati geomagnetski modeli područja. Opservatoriji također služe za kalibraciju magnetskih instrumenata, proučavanje geomagnetskih pojava i magnetskih oluja. Unatoč povećanoj distribuciji opservatorija u Europi, mreža još nije dovoljno gusta da bi registrirala manje geomagnetske pojave (Verbanac 2006). Budući da je tek nedavno uspostavljen prvi hrvatski opservatorij, u radu koristimo povijesne nizove srednjegodišnjih vrijednosti deklinacija na pet bliskih opservatorija Tihany (THY), L'Aquila (AQU), Fürstenfeldbruck (FUR), Grocka (GCK) i Panagyurishte (PAG). Podaci su preuzeti sa službenih stranica British Geological Survey

(URL- 2). Početak publiciranja vrijednosti geomagnetskih elemenata na opservatoriju L'Aquila je 1960., za Fürstenfeldbruck 1939., Panagyurishte 1948. i Tihany 1955. godina. Za opservatorij Grocka početna je 1958. godina, ali s petogodišnjim prekidom mjerenja od 2001.-2005. godine, što predstavlja diskontinuitet te su godišnji srednjaci deklinacije za razdoblje (2001.-2005.) nadopunjeni rezultatima linearne interpolacije. Opservatoriji su odabrani uz pretpostavku da polje unutar prostora kojeg ograničavaju ti opservatoriji ponaša slično kao na pojedinim opservatorijima koji se nalaze u neposrednoj blizini Republike Hrvatske - što opravdava pronađena jaka korelacija između opažanja terenskim variometrom na sekularnim točkama tijekom terenske kampanje 2010. godine i zapisa na opservatorijima (Čatipović 2011).

Promatrajući povijesne nizove uočava se približna linearnosti većinom porast vrijednosti geomagnetskih elemenata (Slika 1). Iz toga se može naslutiti da kad bi se vrijednosti godišnjih srednjaka geomagnetskog elementa deklinacije aproksimirale pravcem (polinomom prvog stupnja) mogle bi se jednostavno predićirati njihove buduće vrijednosti.



Slika 3.1. Ulazni podaci-godišnji srednjaci deklinacije bliskih opservatorija AQU, FUR, GCK, PAG, THY kao funkcije vremena prema URL-02

4. LINEARNE PREDIKCIJE POVIJESNIH NIZOVA SREDNJAKA DEKLINACIJE

Podaci opservatorija daju srednje godišnje vrijednosti geomagnetskih elemenata te se koriste u daljnjoj obradi i računanju reziduala. Najprije iz jednogodišnjih opservatorijskih nizova (čime je zamisao simulirati i dati ocjenu pouzdanosti predikcije na temelju izmjere svake godine na hrvatskim sekularnim točkama) za predićiranje vrijednosti geomagnetskih elemenata uzimamo sve podnizove unutar razdoblja od dvije do pet godina (fit 2 ... fit 5) kao ulazne, te s tako dobivenim koeficijentima pravaca predićiramo geomagnetski element u sljedećih 1 do 5 godina. Rezultat iskazujemo rezidualom - razlikom između prave vrijednosti deklinacije geomagnetskog polja (iz povijesnog niza srednjaka) i predićirane vrijednosti. Na primjer, radimo fit od podniza dvije godine podataka (fit 2) i predićiramo do pet godina unaprijed, pomičući se po vremenskoj skali s inkrementom od jedne godine, tako da uključimo sve podslučajeve u povijesnom nizu, i to za svaki opservatorij. Rezidualne, kojima zapravo procjenjujemo pouzdanost ili pogrešku naše linearne predikcije, opisujemo statističkim pokazateljima srednjom vrijednošću i rasapom (en. scatter)

$$\text{Rasap} = \text{maks}\{ |(D)_{\text{maks}} - (\bar{D})|, |(D)_{\text{min}} - (\bar{D})| \} \quad (1)$$

gdje je:

(D)-vrijednost reziduala deklinacije

(\bar{D})- srednja vrijednost reziduala deklinacije

te najvećom pogreškom predikcije. Najveću pogrešku predikcije

(n.p.p.) možemo interpretirati kao zbroj srednje vrijednosti i rasapa te kao takva osigurava mjeru pouzdanosti u 'najgorem' slučaju. Rasap se računa za sve rezidualne prve, druge, treće, četvrte ili pete godine u ovisnosti o broju godina pomoću kojih predićiramo. Prvotnim izračunom statističkog pokazatelja standardne devijacije rezultiralo je bliskim podudaranjem u iznosu s pripadnim srednjim vrijednostima te je i zbog toga standardna devijacija zamijenjena sa statističkim pokazateljima: rasapom uobičajenim u geomagnetizmu, te najvećom pogreškom predikcije.

U analizi reziduala nas posebno zanima sljedeće:

- ekstremna odstupanja reziduala i njihova srednja vrijednost,
- ponašanje reziduala u slučaju predikcije s najmanjim fitom od dvije godine ili najvećim od pet godina,
- ponašanje reziduala za prvu pa sve do pete godine predikcije

Pritom neka računanja simuliraju izmjeru svake godine (jer raspolažemo upravo takvim povijesnim nizovima podataka). U nastavku je također simulirano što se događa u slučaju izmjere svake druge i svake pete godine (što su preporuke MagNetE i IAGA za periode izmjera na nacionalnim sekularnim mrežama), odnosno da li u tom slučaju dolazi do signifikantne promjene statističkih pokazatelja. Za potrebu ovakve obrade podataka razvijen je vlastiti fortranski program za aproksimiranje fita točaka metodom najmanjih kvadrata pri čemu je korištena i IMSL rutina (rline) za MS Developer Studio Fortan PowerStation 4.0.

4.1. REZULTATI SIMULACIJE IZMJERE SVAKE GODINE

Za sve opservatorije i kod svih fitova srednja vrijednost reziduala povećava se sa svakom predićiranom godinom što je intuitivno očekivano (Tablica 1). Proizlazi da je najpouzdanija kratkoročna predikcija za prve dvije godine, međutim i veći podnizovi mogu dati jednako dobru predikciju tijekom svih pet godina. Za opservatorije Tihany, Panagyurishte, Fürstenfeldbruck i L'Aquila pronađena srednja vrijednost i rasap se povećavaju s brojem predićiranih godina i brojem godina u fitu. Za opservatorij Grocka upravo predikcija s najkraćim fitom od dvije godine daje najveću pogrešku za petu godinu linearne predikcije koja iznosi 15,0', tako da se za Grocku čini najboljim predićirati deklinaciju fitom od pet uzastopnih godina. Ponašanje svih opservatorija je slično: srednjaci reziduala rastu približno 1' po godini ekstrapolacije, a pripadni rasapi odnosno ekstremne pogreške općenito također rastu, ali očigledno nelinearno. Kada bi raspolagali rezultatima izmjere svake godine (npr. na točkama Hrvatske geomagnetske sekularne mreže), iz ovih rezultata za okolne opservatorije moglo bi se tvrditi da je najbolje linearno ekstrapolirati do godinu dana naprijed, jer tada je najveća pogreška oko 3' ili bi se moglo zaključiti, ako želimo pogrešku držati unutar 3', da moramo mjeriti svake godine

Ako najvećom dopustivom pogreškom smatramo vrijednost od 0,1° (što je standardna točnost za obnovu geomagnetske informacije, (vidi URL-3), i tada općenito smijemo ekstrapolirati, bilo kojim fitom (podnizom), oko jedne godine unaprijed, sukladno pronađenim rezidualima kod svih opservatorija. Najveće pogreške općenito pripadaju fitu s petogodišnjim podnizom i to za petu godinu predikcije, kod svih opservatorija (osim GCK); tako je prema povijesnim nizovima srednjaka očekivana najveća pogreška ekstrapolacije deklinacije za petu godinu čak 17,2' (osim za GCK). Međutim to ipak nije znatna pogreška onim korisnicima kojima nije potrebna standardna točnost. Npr. ovdje pronađene pouzdanosti omogućile su procjenu točnosti modela GI2013 (Brkić et al, 2013).

4.2. REZULTATI SIMULACIJE IZMJERE SVAKE DRUGE I PETE GODINE

Prethodna simulacija korisna je budući da su se od 2007. do

Tablica 4.2.1. Statistički pokazatelji reziduala deklinacije po opservatorijima na temelju srednjaka svake

AQU												
Predicirana godina	Reziduali (')											
	fit 2			fit 3			fit 4			fit 5		
	sred.	rasap	n.p.p	sred.	rasap	n.p.p	sred.	rasap	n.p.p	sred.	rasap	n.p.p
1.	0,5	1,1	1,6	0,5	1,1	1,6	0,7	0,9	1,6	0,8	1,1	1,9
2.	1,1	2,1	3,2	1,1	1,6	2,7	1,3	1,6	2,9	1,4	1,9	3,3
3.	1,6	3,4	5,0	1,8	2,0	3,8	1,9	2,3	4,2	2,1	3,1	5,2
4.	2,4	4,7	7,1	2,4	3,4	5,8	2,6	4,0	6,6	2,8	4,6	7,4
5.	3,3	6,6	9,9	3,2	5,3	8,5	3,5	6,0	9,5	3,7	6,5	10,2

FUR												
Predicirana godina	Reziduali (')											
	fit 2			fit 3			fit 4			fit 5		
	sred.	rasap	n.p.p	sred.	rasap	n.p.p	sred.	rasap	n.p.p	sred.	rasap	n.p.p
1.	0,5	1,3	1,8	0,6	1,0	1,6	0,7	1,1	1,8	0,9	1,4	2,3
2.	1,0	1,8	2,8	1,1	1,8	2,9	1,4	2,1	3,5	1,6	2,6	4,2
3.	1,7	2,8	4,5	1,9	2,8	4,7	2,2	3,4	5,6	2,6	4,2	6,8
4.	2,6	3,9	6,5	2,8	4,5	7,3	3,2	5,3	8,5	3,6	6,1	9,7
5.	3,6	5,7	9,3	3,9	6,6	10,5	4,3	7,7	12,0	4,9	8,9	13,8

GCK												
Predicirana godina	Reziduali (')											
	fit 2			fit 3			fit 4			fit 5		
	sred.	rasap	n.p.p	sred.	rasap	n.p.p	sred.	rasap	n.p.p	sred.	rasap	n.p.p
1.	0,5	2,5	3,0	0,7	2,1	2,8	0,8	2,0	2,8	1,0	1,8	2,8
2.	1,2	4,8	6,0	1,4	4,1	5,5	1,6	3,2	4,9	1,8	2,3	4,1
3.	1,9	7,1	9,0	2,2	6,1	8,3	2,4	4,4	6,8	2,7	3,3	6,0
4.	2,8	9,2	12,0	3,2	8,0	11,2	3,4	5,4	8,8	3,5	4,4	7,9
5.	3,7	11,3	15,0	4,1	9,8	13,9	4,3	5,7	10,0	4,5	6,8	11,3

PAG												
Predicirana godina	Reziduali (')											
	fit 2			fit 3			fit 4			fit 5		
	sred.	rasap	n.p.p	sred.	rasap	n.p.p	sred.	rasap	n.p.p	sred.	rasap	n.p.p
1.	0,5	1,3	1,8	0,6	2,2	2,8	0,7	2,8	3,5	0,8	2,7	3,5
2.	1,1	4,1	5,2	1,3	4,2	5,5	1,3	5,0	6,3	1,5	4,8	6,3
3.	1,8	6,5	8,3	2,2	6,7	8,9	2,1	6,6	8,7	2,3	6,4	8,7
4.	2,7	8,5	11,2	3,1	8,7	11,8	3,0	8,6	11,6	3,2	8,4	11,6
5.	3,7	10,9	14,6	4,2	11,2	15,4	4,1	10,8	14,9	4,3	10,6	14,9

THY												
Predicirana godina	Reziduali (')											
	fit 2			fit 3			fit 4			fit 5		
	sred.	rasap	n.p.p	sred.	rasap	n.p.p	sred.	rasap	n.p.p	sred.	rasap	n.p.p
1.	0,6	2,4	3,0	0,8	2,2	3,0	0,9	1,6	2,5	1,0	2,4	3,4
2.	1,4	2,8	4,2	1,5	2,8	4,3	1,6	3,8	5,4	1,7	4,5	6,2
3.	2,4	4,3	6,7	2,4	4,8	7,2	2,3	6,4	8,7	2,7	7,1	9,8
4.	3,4	7,4	10,8	3,2	7,6	10,8	3,3	8,8	12,1	3,8	9,6	13,4
5.	4,5	10,8	15,3	4,3	10,2	14,5	4,6	11,0	15,6	4,9	12,3	17,2

2010. geomagnetske izmjere Hrvatske geomagnetske sekularne mreže izvodile svaku godinu (Brkić 2012). Budući da se u budućnosti očekuje veći period izmjere sekularne mreže (URL-3), sljedeći zadatak bio je i potražiti pogreške linearne ekstrapolacije u slučaju perioda 2 odnosno 5 godina što je sukladno preporukama MagNetE odnosno IAGA za izmjere. U tu svrhu su iz jednogodišnjih povijesnih nizova pojedinih opservatorija korišteni podaci iz svake druge godine, te su predciranane vrijednosti deklinacija i pronađeni reziduali za razdoblja do 5 godina (Tablica 2); pronađene pogreške usporedive su slučaju fit 2 odnosno fit 3 iz Tablice 1. Uspoređujući simulaciju izmjere svake godine i svake druge godine može se zaključiti da dovoljno pouzdane kratkoročne linearne predikcije omogućuje izmjera svake druge godine, također imamo li izmjere svake druge godine tada ćemo linearnom predikcijom (do sljedeće izmjere) još uvijek biti unutar zahtijevane standardne pogreške. Imamo

li izmjere svake pete godine (Tablica 2) u usporedbi sa fitom 2 izmjere svake godine i fitom 1. i 3. godine, reziduali deklinacije pokazuju slično ponašanje i blagi porast vrijednosti, osim kod opservatorija GCK i PAG koji daje bolje rezultate nego uzimajući fit 1. i 3. godine podataka (gledajući samo n.p.p.). Uzimajući svaku petu godinu očigledno ne možemo, u najgorem slučaju (n.p.p.), do sljedeće izmjere osigurati standardnu točnost linearnom predikcijom. Ipak, i ovdje treba istaknuti da je za većinu praktičnih potreba i najveća pogreška od 16,6' prihvatljiva.

4.3. LINEARNA PREDIKCIJA DEKLINACIJE ZA POKUPSKO

Pokupsko je točka Hrvatske geomagnetske sekularne mreže sa najduljim vremenskim nizom opažanja (još od 2004.) (Vučković, 2011). Stoga, a i zato što je smještena u središnjem dijelu Republike Hrvatske donekle je reprezentativna za provjeru prethodnih rezultata.

Usporedbom reziduala na POKU s prethodnim računanjima, namjera je bila potvrditi pretpostavku sličnosti ponašanja deklinacije na POKU i opservatorijima, pa tako i njegove predikcije.

Promatrajući vrijednosti geomagnetskih elemenata od epohe 2004,5 na svim opservatorijima uključujući točku Pokupsko uočava se približna linearosti i blagi trend rasta vrijednosti geomagnetskih elemenata (ali isto se ne događa s njihovom promjenom). Prediciranje i računanje vrijednosti reziduala na točki POKU provedeno je sa ulaznim podacima sedmogodišnjeg niza mjerenja geomagnetskih elemenata. Srednje vrijednosti reziduala rastu s brojem predcirananih godina kao i kod opservatorija (Tablica 1), ali nije isti slučaj niti sa rasapom ni sa najvećom pogreškom predikcije, moguće zbog reprezentabilnosti uzorka podataka. Stoga ove rezultate treba promatrati s oprezom. Najmanji srednjaci deklinacije ostvaruju se fitom dviju uzastopnih godina.

U prvoj godini izmjere na POKU možda nisu bili zadovoljeni uvjeti odsustva šumova.

5. ZAKLJUČAK

Iako ponašanje reziduala na točki Pokupsko odstupa od onog na bliskim opservatorijima, provedenim istraživanjem pokazalo se da jednostavna linearna predikcija ostvaruje najpouzdanije rezultate za

jednogodišnje predikcije deklinacije i to uz pomoć podataka posljednje dvije epohe izmjere. To podrazumijeva period izmjere od jedne godine.

Realističnije je pak očekivati veći period izmjere na sekularnim točkama; u slučaju izmjere svake druge godine, procijenjena najveća pogreška predikcije sljedeće izmjere manja je od 0,1°, što nije slučaj kod izmjere svake pete godine. Na temelju raspoloživih opservatorijskih podataka pokazano je da najveća procijenjena pogreška deklinacije predciranane za 5. godinu iznosi približno 17' u najgorem slučaju, što je usporedivo s najvišim točnostima suvremenih kompasu. Ako ta pogreška u praksi nije malena, tada je poželjna pouzdanija metoda kratkoročne predikcije od linearne, odnosno češći period geomagnetske izmjere. Naposljetku, i period izmjera i točnosti karata i modela deklinacije uvelike ovise o potrebama i mogućnostima krajnjih korisnika.

Tablica 5.1. Statistički pokazatelji reziduala deklinacije po opservatorijima na temelju srednjaka svake druge i svake pete godine

AQU						
Predicirana godina	Reziduali (")					
	fit 1. i 3. god. podataka			fit 1. i 5. god. podataka		
	sred.	rasap	n.p.p.	sred.	rasap	n.p.p.
1.	0,5	1,0	1,5	0,7	0,8	1,5
2.	1,1	1,5	2,6	1,4	2,2	3,6
3.	1,8	2,0	3,8	2,3	3,3	5,6
4.	2,5	3,3	5,8	3,3	4,3	7,6
5.	3,4	5,1	8,5	4,3	6,1	10,4

FUR						
Predicirana godina	Reziduali (")					
	fit 1. i 3. god. podataka			fit 1. i 5. god. podataka		
	sred.	rasap	n.p.p.	sred.	rasap	n.p.p.
1.	0,5	1,1	1,6	0,7	1,3	2,0
2.	1,1	1,8	2,9	1,6	2,6	4,2
3.	1,9	2,8	4,7	2,6	4,6	7,2
4.	2,8	4,4	7,2	3,8	6,4	10,2
5.	3,9	6,5	10,4	5,1	9,1	14,2

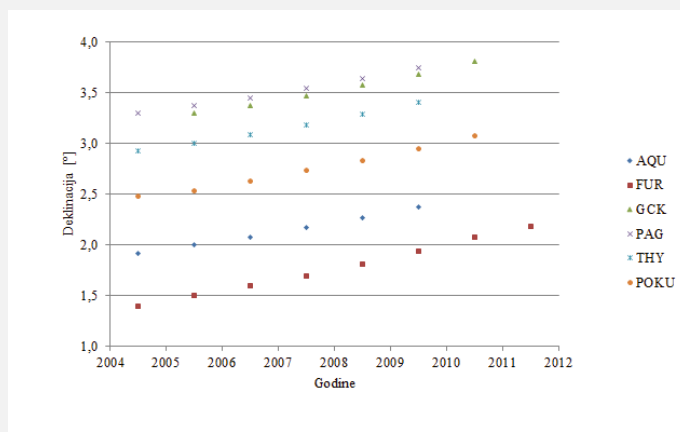
GCK						
Predicirana godina	Reziduali (")					
	fit 1. i 3. god. podataka			fit 1. i 5. god. podataka		
	sred.	rasap	n.p.p.	sred.	rasap	n.p.p.
1.	0,6	2,2	2,8	0,9	1,0	1,9
2.	1,3	4,3	5,6	1,8	2,3	4,1
3.	2,2	6,2	8,4	2,8	3,1	5,9
4.	3,3	7,9	11,2	3,9	4,3	8,2
5.	4,3	9,7	14,0	5,1	6,4	11,5

Tablica 5.1. Statistički pokazatelji deklinacije točke Pokupsko. Reziduali svih predikcija na točki Pokupsko ne mogu se izračunati zbog kratkoće vremenskog niza mjerenja

Predicirana godina	Reziduali (")											
	fit 2			fit 3			fit 4			fit 5		
	sred.	rasap	n.p.p.	sred.	rasap	n.p.p.	sred.	rasap	n.p.p.	sred.	rasap	n.p.p.
1.	0,6	2,5	3,1	1,3	2,3	3,6	1,2	0,6	1,8	1,9	0,1	2,0
2.	0,8	5,7	6,5	2,1	1,9	4,0	2,6	0,2	2,8	4,2	0,0	4,2
3.	3,8	9,3	13,1	3,9	2,0	5,9	5,5	0,0	5,5	-	-	-
4.	7,8	5,3	13,1	9,2	0,0	9,2	-	-	-	-	-	-
5.	18,1	0,0	18,1	-	-	-	-	-	-	-	-	-

LITERATURA

- BRKIĆ, M., Markovinović, D., Jungwirth, E. (2013.) Model geomagnetske informacije za 2013. godinu. Kartografija i Geoinformacije, No.18. Vol.11., str.202.-203. Zagreb
- CAMPBELL W. (2003.) Introduction to geomagnetic fields. Cambridge: Cambridge University Press.
- CONSTABLE. (2005.) Geomagnetic temporal spectrum. Encyclopedia of Geomagnetism and Paleomagnetism, 7 July, str.2.
- ČATIPOVIĆ. (2011.) Geomagnetska izmjera uz pomoć terenskog variometra, diplomski rad. Zagreb: Geodetski fakultet.
- DE SANTIS, Qamili, Cianchini. (2011.) Ergodicity of the recent geomagnetic field. Physics of the Earth and Planetary Interiors., str.104-110.
- LOVE J. (2008.) Magnetic monitoring of Earth and space. American Institute of Physics., str.31-36.
- MELONI A., Battelli O., De Santis A., Dominici G. (1994.) The 1990 magnetic repeat station survey and normal reference fields for Italy. Annali di geofisica, Vol. XXXVII, N.5., str. 949-967.
- NEWITT L.R., Barton C.E., Bitterly J. (1996.) Guide for magnetic



Slika 5.1. Godišnji srednjaci deklinacije na POKU i bliskim opservatorijima

PAG						
Predicirana godina	Reziduali (")					
	fit 1. i 3. god. podataka			fit 1. i 5. god. podataka		
	sred.	rasap	n.p.p.	sred.	rasap	n.p.p.
1.	0,6	1,9	2,5	0,8	1,8	2,6
2.	1,3	4,2	5,5	1,7	3,3	5,0
3.	2,1	6,7	8,8	2,8	4,3	7,1
4.	3,0	8,8	11,8	4,0	5,7	9,7
5.	4,1	11,2	15,3	5,3	7,3	12,6

THY						
Predicirana godina	Reziduali (")					
	fit 1. i 3. god. podataka			fit 1. i 5. god. podataka		
	sred.	rasap	n.p.p.	sred.	rasap	n.p.p.
1.	0,7	2,3	3,0	0,9	1,8	2,7
2.	1,5	2,8	4,3	1,9	4,2	6,1
3.	2,4	4,4	6,8	3,1	6,8	9,9
4.	3,3	7,2	10,5	4,3	9,5	13,8
5.	4,4	9,9	14,3	5,6	11,0	16,6

repeat station survey. Boulder: International Association of Geomagnetism and Aeronomy.

- VERBANAC G., Korte M. (2006.) The geomagnetic field in Croatia. Geofizika Vol. 23 No. 2., str.106.
- VUČKOVIĆ N. (2011.) Održavanje i izmjera geomagnetske sekularne primarne točke Pokupsko, diplomski rad. Zagreb: Geodetski fakultet.
- URL-1: Wikipedia. [Internet]: <http://en.wikipedia.org/wiki/File:Earth_Magnetic_Field_Declination_from_1590_to_1990.gif>. [pristupljeno 16.11.2012].
- URL-2: British Geological Survey. [Internet]. <http://www.geomag.bgs.ac.uk/data_service/data/annual_means.shtml> [pristupljeno 18.11.2012].
- URL-3: Državna geodetska uprava. [Internet]. <http://www.dgu.hr/UserDocsImages/Pravilnik_o_nacinu_izvodjenja_osnovnih_geodetskih_radova.pdf> [pristupljeno 20.11.2012].

Posebna zahvala mentoru prof. dr. sc. Mariju Brkiću na pomoći pri usvajanju gradiva te neizmjenom strpljenju pri izradi ovog rada. ☺