

Matija Perne

KAKO IN ZAKAJ UMERJATI DISTOX?

Izvleček

Pri merjenju jam z DistoX je zelo pomembno dvojje – da je DistoX umerjen in da je umeritev veljavna. Umeritev je veljavna, če se lastnosti naprave od umerjanja do merjenja niso spremenile, to je, če se v njej ni premaknilo nič, niti baterije. Kakovost umeritve je drugotnega pomena, način umerjanja prav tako. Poskusi so pokazali, da celo uporaba lažnivega pripomočka za umerjanje, ki doda napako take vrste, da je program ne opazi, naredi bistveno manj škode kakor uporaba neveljavne umeritve. Da ne bi uporabljali slabo umerjenih, neveljavno umerjenih ali neumerjenih DistoXov, predlagam, da neposredno pred začetkom merjenja jame napravo preizkusimo in se merjenja lotimo le, če preizkus prestane, sicer jo umerimo in ponovimo preizkus. Predlagani preizkus temelji na lastnosti dobro umerjenega DistoX, da če isto vizuro izmerimo z napravo v različnih položajih in je tipkovnica enkrat na vrhu, enkrat spodaj, enkrat na levi in enkrat na desni, vsakokrat dobimo enak rezultat v okviru dopustne merske napake. Slabo umerjena naprava načeloma nima te lastnosti.

Uvod

DistoX je naprava, ki ob pritisku na tipko izmeri razdaljo, azimut in naklon med stojiščem in tarčo. S tem pri merjenju jam nadomešča laserski razdaljemer oziroma merilni trak, kompas in naklonomer. Sestavljena je iz laserskega razdaljemera znamke Leica, ki meri razdaljo, in dodatnega vezja, ki skrbi za azimut in naklon. Umerjanje naprave je potrebno za pravilno določanje obeh kotov.

K razmišljanju me je napeljala debata o pripomočku za lažje umerjanje »DistoX2 Calibration Cube« [1]. O njem so se kresala mnenja, ali si ga natisniti ali ne.

Bo koristen – vse za lažjo, hitrejšo in/ali boljšo kalibracijo! – ali odveč, lovilnik prahu. Razmislek pokaže, da pripomoček omogoči določene zahrbtno spodrsnjaje pri umerjanju.

O načinu delovanja DistoXa sem se podučil v navodilih za umerjanje [2]. Da vezje, dodano DistoXu, določi azimut in naklon, ima tri merilnike komponent pospeška in tri merilnike komponent magnetnega polja. Iz teh merilnikov razbere svojo orientacijo glede na smer težnostnega pospeška in na smer Zemljinega magnetnega polja ter s tem smer laserskega žarka v prostoru. Pri tem pride do napak zaradi:

- odmika ničle merilnika od ničle merjene količine, ojačenja merilnika od predvidenega ojačenja;
- napak v zasukih merilnikov;
- napak v kotu med merilniki in laserskim žarkom razdaljemera;
- magnetnih učinkov kovinskih delov naprave na čelu z baterijo.

Vse naštetje napake se enostavno odpravi s popravki, dobljenimi z uporabo umerjanja. Napravo umerimo po vsaki spremembi, na primer po menjavi baterij.

Potreba po rednem natančnem zamudnem umerjanju je za jamarja moteča. Tudi zato je napravo priporočljivo nadgraditi z LiPo baterijo [3], po čemer naj bi se jo dalo umeriti enkrat za vselej. Tudi pripomoček, ki je kriv za raziskave, je namenjen blaženju tegob umerjanja. Sklepamo, da so opažanja na delavnici merjenja jam z DistoX dne 20. 4. 2019 v organizaciji Uroša Kunaverja (mnogo stopinj razlike v izmerjeni smeri pri napravi, enkrat nagnjeni na levo in enkrat na desno) povezana ravno z neizpolnjevano potrebo po umerjanju.

Tehnične podrobnosti umerjanja

Umerjen DistoX iz signalov merilnikov pospeška in merilnikov magnetnega polja ugotovi, kam kažeta težni pospešek in Zemljino magnetno polje, iz česar razbere azimut in naklon laserskega žarka.

Razmerje med komponento težnega pospeška v nasprotni smeri žarka in velikostjo težnega pospeška je kosinus naklona vizure, iz katerega izračunamo naklonski kot. Pretvorba izmerjenega težnega pospeška v težni pospešek v koordinatah naprave DistoX, ki ga potrebujemo (slika 1), ima ob naših predpostavkah obliko splošne afine transformacije

$$\vec{g} = G \vec{g}_{mer} + \Delta \vec{g},$$

kjer je \vec{g} iskani težni pospešek (vektor s tremi komponentami), \vec{g}_{mer} izhod senzorjev (treh senzorjev, torej trirazsežni vektor), G matrika pretvorbe (3x3) in $\Delta \vec{g}$ vektor zamika (3 komponente). Za pretvorbo tako potrebujemo 12 koeficientov (elemente matrike G in komponente vektorja $\Delta \vec{g}$), ki jih izračunamo iz umeritvenih meritev. Da jih izračunamo, potrebujemo enačbe.

Vir enačb so skupki po štirih meritev iste vizure z okrog žarka zavrtim DistoXom. Če je prva koordinata (x) usmerjena vzdolž žarka (slika 1), je prva komponenta \vec{g} pri vseh meritvah iz skupka enaka in ta enakost pomeni enačbe. Dovolj skupkov nam da dovolj enačb za izračun koeficientov (rešitev najbrž ni enolična). Računskega postopka ne izpeljujem, saj je za naš namen treba vedeti le, da obstaja.

Težava opisanega postopka je, da bi ena napačna meritev vse pokvarila. Pomerimo v napačno smer, dobimo napačno enačbo, napačne koeficiente, slabo umerjen DistoX in slabe meritve



Slika 1. DistoX na pripomočku za umerjanje v svojem naravnem okolju. Koordinatni sistem je prerisan s slike v delu [4]. Foto: Matija Perne

jam. To preprečujemo s trikomi z dodatnimi meritvami. Pri postopku umerjanja vedno naredimo mnogo več meritev kakor bi jih potrebovali za izračun koeficientov in dobimo mnogo preveč enačb, ki si zaradi merskih napak med seboj nasprotujejo in nimajo rešitve. Koeficiente iz meritev ocenimo z optimizacijo, tako da se po nekem kriteriju čim bolj ujemajo z meritvami in da so enačbe čim manj narobe rešene. Poleg koeficientov dobimo tudi podatek o tem, kako skregani so z enačbami, kar je mera za napako, na katero nas program opozori, če je prevelika.

Magnetna poljska gostota je vektor prav kakor težni pospešek. Koeficiente dobimo na enak način, le da so odvisni tudi od baterij in od ostalih magnetnih delov naprave. Razlika je v nadaljnji obdelavi

– za risanje načrta ne potrebujemo kota med žarkom in poljem, ampak azimut. Iz smeri magnetne poljske gostote in težnosti ga zna izračunati celo mehanski kompas, DistoX ta izračun opravi v siliciju.

Da smo računsko zgodbo morda pravilno razvozlati, potrjuje dokument [4], v katerem piše, da pri umerjanju dobimo 24 ali 27 koeficientov. Po 12 za težnost in za magnetizem jih da 24, dodatni trije so za nelinearni primer [3].

Mera za napako pri umerjanju in njene omejitve

Mera za napako izračunanih umeritvenih koeficientov naj bi povedala, kako natančno je pri obračanju DistoX v vsakem skupku štirih meritev, ki nam da enačbe, žarek ostal obrnjen v isto smer. Bolj natančni smo, bolj prave in s tem bolj usklajene so enačbe. Če nismo natančni, tudi enačbe in z njimi koeficienti niso pravi. So lahko enačbe vseeno usklajene med sabo in mera za napako majhna? Lahko, če je v isto smer ostajala obrnjena neka druga os, ne žarek. Vezje v DistoX namreč predpostavlja, da je žarek tista os, okoli katere smo med umerjanjem obračali napravo. Verjetnost, da bi se med površnim umerjanjem naprava slučajno obračala okrog vedno iste osi, ki ni os žarka, s čimer bi hkrati dobili majhno mero za napako in slabe koeficiente, je po jamarskih merilih zanemarljiva.

Do napačnih meritev in napačnih enačb za koeficiente, ki so usklajene med sa-

bo in dajo majhno mero za napako, pridemo tako, da DistoX v vsakem skupku štirih meritev natančno vrtimo okoli vsakokrat iste osi, ki ni os laserskega žarka. To se da doseči z »DistoX2 Calibration Cube«. Ta pripomoček nam DistoX stabilno drži in nam nudi os vrtenja, zato je mera za napako majhna. Kot med osjo vrtenja in laserskim žarkom prispeva k napaki, k meri za napako pa ne. Kako velika je ta napaka, ne vemo, če je ne izmerimo posebej.

Pripomoček za umerjanje olajša še eno vrsto napake, saj na DistoX nekaj pritrjujemo. Navodila za izdelavo pripomočka pravilno ukazujejo, naj bodo vsi sestavni deli nemagnetni (plastični, aluminijasti in medeninasti), toda drobna površnost je dovolj, da se med njimi znajde tudi, na primer, kaka jeklena podložka. Umeritev bo vestno upoštevala njen vpliv, mera za napako bo majhna in DistoX bo dobro umerjen – a le, dokler magnetnega dela ne bomo odstranili ...

Eksperimentalni del

Kritizirati pripomoček za umerjanje na načelnem teoretičnem nivoju, ne da bi ga videl v živo, nima iste teže kakor preizkusiti ga. Zato sem se odločil za preizkus po tem postopku:

1. Izposodim si DistoX.
2. Grem v bližnji gozdiček, kjer naj bi bilo magnetno okolje napravi prijazno.
3. Naredim preizkusne meritve – en



Slika 2. Uspešno in neuspešno natisnjeni deli pripomočka za umerjanje. Pozna se, da ima Hullovo izum za seboj nekaj stoletij izpopolnjevanja manj kakor Gutenbergov. Foto: Matija Perne

trikotnik izmerim v obe smeri, vsako vizuro pomerim štirikrat z napravo v štirih položajih kakor pri umerjanju.

4. DistoX umerim s pripomočkom za umerjanje.
5. Ponovim preizkus iz točke 3.
6. DistoX umerim po postopku iz navodil [2].
7. Ponovim preizkus iz točke 3.
8. Ponovim nekatere od točk 4 - 7.
9. Vrnem se na točko 1, če še nimam dovolj.

Še prej je bila potrebna točka 0, pridobiti pripomoček za umerjanje. Pri tem se je pokazalo, da trirazsežni tisk za razliko od dvorazsežnega zahteva več truda kakor pritisniti pravo bližnjico na tipkovnici in počakati minuto. Kako sta se trudila tiskarja, prikazuje slika 2, še prej pa sem se potrudil tudi jaz. Ker v metričnem svetu nisem hotel kosov, ki se dopolnjujejo s colskimi aluminijastimi cevmi in medeninastimi vijaki, sem mere ustrezno popravil. Uporabil sem program FreeCAD in izhajal iz napotkov na strani [5]. Kot popoln začetnik sem za predelave porabil dva prosta dneva, pri čemer za ustvarjalni proces garantirano nisem imel na voljo več kakor štirih ur na dan. Nič groznega torej.

Grozni del, točka -1, je sledil, ko sem v roke dobil DistoX, ki je moje predpostavke postavil na laž. Sklepal sem bil, da se vijak zagriže v natisnjeni del in DistoX prime tako, da ga priščipne, zato sem luknjo povečal na 8 mm in zraven dodal še eno 4 mm, ker sem imel pri roki take vijake. DistoX pa ima ravno nasproti luknje svojo pušo z notranjim colskim navojem! Tako sem iz ene težave naredil dve, poleg manjkajočega vijaka sem imel še preveliko luknjo. Slutnjo, da colskega medeninastega vijaka pri nas ni lahko dobiti, je potrdil telefonski pogovor z najbolje založenim trgovcem z vijaki v državi. Če bi se vrgel v stroške in jih naročil na Ebayu, bi med čakanjem nanje rok za oddajo članka, prosto po Adamsu, švistnil mimo. Ostala je le možnost vrezovanja navoja, pa še za to za colske navoje pri nas orodij ravno ne mrgoli. Načelno bi sicer lahko natisnili še vijak, vendar sem se eksperimentom pri izdelavi pripomočka trudil čim bolj izogibati.

Med čakanjem na vijak sem šel na teren s prvim izposojenim DistoX, imenovanim n1, ki sem ga preizkusil (neopti-

malno: bilo je svetlo in sem piko komaj videl), priščipnil s 4 mm vijakom in umeril s pripomočkom (neoptimalno: v naročju sem imel dete), kakor prikazuje slika 1. Ponoči sem umeritev preizkusil, napravo umeril na klasičen način med drevesi in preizkusil še to umeritev (neoptimalno: imel sem le eno čelno svetilko in nisem dobro videl, kaj ciljam). Nekaj dni kasneje je sledil nočni teren s skoraj pravim vijakom, z dvema pomočnikoma in s štirimi čelnimi svetilkami (skoraj optimalni pogoji: nekoliko je motil dež), na katerem smo isto napravo ponovno umerili s pripomočkom in preizkusili vse tri umeritve. Pritrditev DistoXa lahko občudujete na sliki 3. Naslednji teren je bil v optimalnih pogojih in z drugim DistoXom, n2: preverjanje trenutne umeritve, umerjanje s pripomočkom in preverjanje, klasično umerjanje in preverjanje. Zadnji terenski sklop meritev je bil v mraku v optimalnih pogojih spet z n1, opravljen je bil ponovni preizkus treh obstoječih umeritev, še ena klasična umeritev in še preizkus te.

Terenske izkušnje so pokazale, da je osrednji del pripomočka za umerjanje zelo stabilen, ko noge ustrezno zapičimo v prst (slika 1). Vsaj pri mojem primerku se stabilnost ne prenese na DistoX vsebujoč gibljivi del, ampak ta kar precej opleta. Umerjanje je zato vprašljivo, sploh z dojenčkom v naročju.

Za preizkuse sem uporabljal pametni telefon z operacijskim sistemom Android in programom TopoDroid verzija 4.1.4G.

Rezultati

V tabeli 1 so statistike preizkusov, ki sem jih uporabil na poti do zaključkov, pa še kakšna za zraven. Najpomembnejše med njimi prikazuje tudi graf na sliki 4, v tabeli 2 pa so podatki o samih umeritvah. Surovi merski podatki, opis okoliščin meritev in programska oprema, s katero sem izračunal statistike, so na voljo na spletu [6].

Idealno bi bilo, da bi bili pri preizkusu umerjanja povsem točni in ponovljivi ter da bi tudi DistoX pri vsakem četvernem merjenju vizure vedno enako obračali za točno 90 stopinj. Če preizkus ne bi prispeval nobenih objektivnih in subjek-



*Slika 3. Pritrditev DistoX na pripomoček za umerjanje po izdelavi skoraj čisto pravega vijaka. Bil je nekoliko predolg, kar sem rešil z aluminijasto podložko namesto, da bi ga žagal, preveliko luknjo na pripomočku za umerjanje pa sem zmanjšal z nekaj plastmi laka za nohte.
Foto: Matija Perne*

tivnih napak, bi vsak preizkus iste umeritve dal enak rezultat. Lepo bi bilo tudi, da bi isti način umerjanja vsakokrat dal približno enako dobro umeritev, saj bi se tako razlike med načini umerjanja najlepše pokazale.

Že bežen ogled podatkov pokaže, da po nobenem kriteriju niso blizu idealu.

Pa vendar nam povedo dovolj! Umeritev n2k1 je po kriterijih kakovosti umeritve (tabela 2) najboljša med tistimi s pripomočkom, n1g2 pa klasična in najslabša med vsemi. Ko ju preizkusimo (tabela 1), je n2k1 odločno slabša med njima v vseh kriterijih. Ne le to: pri n2k1 so si standardni odkloni kotov zelo podobni med sabo od ene do druge vizure in v azimutu ter v naklonu. Do takih napak pride, če DistoX pri vsaki vizuri opiše plašč enako ostrega stožca. To se zgodi, če žarek nese vedno enako postrani, kar je napovedana težava umeritve s pripomočkom. Pri eni umeritvi od treh, kjer je bila dovolj velika, je napovedana težava pripomočka torej potrjena. V skladu s pričakovanji je samokritika umeritve (tabela 2) ne opazi.

V povprečju so razlike med enim in drugim tipom umeritve majhne, šum v natančnosti pa velik. Pa vendar ob boljšanju v številke ali graf opazimo, da skoraj noben preizkus umeritve s pripomočkom ne prehití skoraj nobenega preizkusa klasične umeritve po skoraj nobenem kriteriju (še največ izjem je pri povprečnih trikotnikih, ki o umeritvi povedo zelo malo), kar potrjuje, da vsaj ta primer

Test	$\overline{\sigma}_\alpha$	$\overline{\sigma}_\varphi$	max (σ_α)	max (σ_φ)	min (σ_α)	min (σ_φ)	rms Δ_{tot}	rms Δ_{navp}	rms Δ_{vod}	Δ_{tot}	Δ_{navp}	Δ_{vod}	Umeritev Error stddev
n1prvotna	1,717	0,255	3,021	0,386	0,685	0,171	0,289	0,047	0,285	0,029	0,010	0,028	
n2prvotna	3,402	0,629	5,690	0,730	1,061	0,556	0,697	0,107	0,688	0,037	-0,006	0,037	
n1k1t1p	0,390	0,288	0,532	0,419	0,216	0,173	0,128	0,087	0,094	0,047	-0,027	0,038	0,24
n1k1t2p	0,364	0,321	0,457	0,443	0,200	0,250	0,119	0,071	0,095	0,031	-0,010	0,030	0,24
n1k1t3p	0,369	0,274	0,658	0,311	0,222	0,222	0,109	0,063	0,089	0,021	-0,001	0,021	0,24
n1k2t1p	0,458	0,403	0,915	0,465	0,208	0,356	0,138	0,083	0,110	0,028	-0,010	0,026	0,18
n1k2t2	0,477	0,390	0,835	0,443	0,250	0,346	0,123	0,074	0,098	0,014	0,001	0,014	0,18
n2k1t1	0,853	0,786	0,954	0,826	0,751	0,735	0,200	0,133	0,150	0,022	0,014	0,016	0,17
n1g1t1	0,282	0,187	0,574	0,299	0,058	0,096	0,117	0,084	0,082	0,027	0,013	0,023	0,18
n1g1t2p	0,236	0,127	0,379	0,171	0,096	0,082	0,105	0,065	0,083	0,021	0,019	0,009	0,18
n1g1t3	0,264	0,110	0,392	0,183	0,129	0,058	0,092	0,049	0,077	0,015	-0,001	0,015	0,18
n1g2t1	0,316	0,124	0,457	0,150	0,189	0,082	0,084	0,050	0,067	0,019	0,009	0,016	0,29
n2g1t1	0,163	0,057	0,299	0,096	0,082	0,000	0,041	0,018	0,037	0,020	-0,002	0,020	0,05

Tabela 1: Rezultati preizkusov umeritev. Vse σ in »Error stddev« so v stopinjah, vse Δ v metrih. Vsaka vrstica pomeni en preizkus, bolj ali manj blede rumene so preizkusi umeritev s pripomočkom, bolj ali manj blede modre so preizkusi klasičnih umeritev od drevesa do drevesa. Kjer je več sosednjih vrstic enake barve, so vse med njimi preizkusi iste umeritve. Merili smo šest preizkusnih vizur (trikotnik v obeh smereh) po štirikrat z DistoX v različnih položajih. V stolpcih $\overline{\sigma}_\alpha$ in $\overline{\sigma}_\varphi$ sta povprečna standardna odklona v azimutu in v naklonu, povprečena prek vseh šestih vizur. V stolpcih max (σ_α), max (σ_φ), min (σ_α) in min (σ_φ) so največji in najmanjši standardni odkloni obeh kotov, izbrani izmed vseh šestih vizur. Stolpci rms Δ_{tot} , rms Δ_{navp} in rms Δ_{vod} so koreni povprečnih kvadratov nesklenjenosti trikotnika, in sicer skupne, navpične in vodoravne. Vsaka stranica je izmerjena osemkrat (štirikrat v vsako smer), tako da je vseh možnih izmer trikotnikov, prek katerih povprečimo, $8^3 = 512$. Ostali trije stolpci so skupna, navpična in vodoravna nesklenjenost povprečne izmere trikotnika.

pripomočka ni najboljša izbira. Vse umeritve so približno zadovoljive za jamarsko rabo, vse so tudi boljše od začetne umerjenosti naprav, kakršne sem dobil v roke.

Z umeritvijo n1g2 smo se zelo trudili,

hoteli smo doseči nekaj primerljivega z vrhunsko n2g1, a rezultat enostavno ni bil tak. Ne verjamem, da je kriv človeški faktor. Prej gre za drobne razlike med DistoXoma, morda zgolj za to, da ima n1 bolj muhasto tipko za meritev. Vsee-

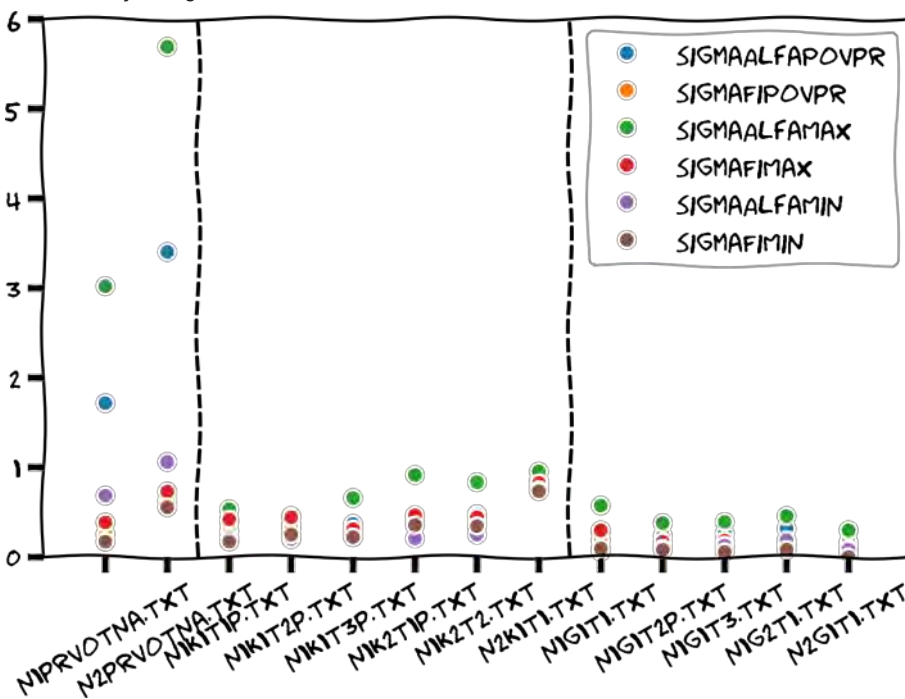
no je umeritev n1g2 dosegla povsem sprejemljive rezultate in se brezhibno odrezala na preizkusu.

Podatke o sklenjenosti trikotnikov nava-jam le kot ilustracijo, kako umerjenost učinkuje na merjenje jame. Posebej zanimivo se mi zdi, kako uspešno se napake odpravi s povprečenjem ob obračanju DistoX. Stranice trikotnika so bile dolge med 5 in 8 m z nakloni pod 30 stopinj.

Razprava

Lastnikov DistoX namerno nisem zasliševal o stanju umerjenosti, saj jih s tem ne bi mučil niti, če bi si ga izposodil za merjenje jame. Lastnik n1 je omenil, da ga je primerjal s klasičnim kompasom in da ni bil povsem zadovoljen, za n2 pa so rekli, da so ga uporabljali, kakor da bi bil ustrezno umerjen.

Ko opremljamo brezno, na koncu vrvi zaradi varnosti vedno naredimo vozle. Zakaj to storimo tudi, kadar smo prepričani, da bo vrvi dovolj dolga? Zato, ker ne smemo niti razmišljati o tem, kdaj narediti vozle in kdaj ne, kajti če bi se



Slika 4: Isto kakor σ stolpci tabele 1.

Ime	Average error [degrees]	BH delta	Error stddev [degrees]	Max. error [degrees]	Iterations
n1g1	0,28	0,566	0,18	1,01	39
n1g2	0,28	0,806	0,29	2,45	36
n1k1	0,36	0,688	0,24	1,18	34
n1k2	0,29	0,555	0,18	1,01	34
n2g1	0,10	0,214	0,05	0,23	31
n2k1	0,25	0,438	0,17	0,78	28

Tabela 2: TopoDroidova kritika umeritev. Po kriterijih aplikacije se vse zdijo kar dobre, kaže da tudi opletanja DistoX na pripomočku ni preveč.

odločali, bi se občasno narobe. Predlagam, da ob začetku merjenja ravnamo podobno in se ne vprašamo, ali je DistoX dobro umerjen, ampak to rutinsko preizkusimo. Če DistoX v dveh ali treh naključnih smereh da približno iste številke v različnih položajih tipkovnice, je to zelo dober znak, rigorozna izpeljava potrebnih pogojev za pravilnost umeritve pa je v delu [7], če bi se kdo rad bolj poglobil.

Če umerjenost preverimo pred vsakim merjenjem jame, dodatne možnosti za napako, ki jih ponuja pripomoček za umerjanje »DistoX2 Calibration Cube«, niso pomembne. Zdi se, da je umerjenost s pripomočkom ponavadi dovolj dobra za jamarsko rabo. Osebnost me pripomoček ne pritegne, saj ne ponuja dovolj prednosti, da bi se mi zdelo vredno ukvarjati z njim.

Zaključek

Poskusi so pokazali, da mora DistoX predvsem biti dovolj sveže umerjen, način in kakovost umerjanja sta drugotnega pomena. V teoriji pripomoček za umerjanje ponuja dva možna načina, kako se nam lahko zgodi, da umeritev neopazno zafrknemo: tako, da os vrtenja ni vzporedna z osjo žarka, ali tako, da je kateri od na DistoX pritrjenih delov magneten. Medtem pri običajnem umerjanju ni česa zgrešiti, če ga vseeno kako polomimo pa nas na to opozori program.

Kako torej umerjati? Po želji. Po mojem mnenju je pripomoček sprejemljivo uporabljati kvečjemu, če umerjenost redno preizkušamo. Kar bi sicer priporočal v

vsakem primeru, ker sicer ne moremo biti sigurni, s kakšnim DistoXom merimo. Kakor bi rekel Reagan, *доверяй, но проверяй*. Preizkus umeritve je lahko enostaven. Ena možnost je, da izmerimo isto vizuro štirikrat z DistoX v različnih položajih, s tipkovnico obrnjeno v različne smeri. DistoX naj bi vsakokrat pokazal približno iste številke. Če se dobro odreže v dveh ali treh naključnih smereh, je to zelo dober znak.

Predlagam (avtor DistoX je seznanjen s predlogom) tudi izboljšavo samega DistoX. Pri trenutni verziji je tako, da če izmerimo jamo s slabo umerjenim, gremo lahko le ponovno merit. Šest odčitkov senzorjev (razdaljo pustimo ob strani, ker je povsem ločena in ne dela težav) se že v samem DistoX z uporabo 24 ali 27 koeficientov nepovratno pretvori v dva kota. Ker se informacija o surovih izmerjenih vrednostih izgubi, se škode zaradi morebitnih napačnih koeficientov ne da več popraviti. Če bi se poleg kotov shranili tudi surovi odčitki, bi imel v primeru kasneje ugotovljenih težav možnost napravo umeriti in kote izboljšati za nazaj. Nekaj preizkusov ob merjenju jame bi omogočilo celo preverjanje, ali je kasnejša umeritev veljavna za te meritve.

Članka ne bi bilo, če mi pri raziskavah ne bi na različne načine pomagali Marjan Baričič, Matic Di Batista, Gregor Pintar, Peter Prevec, Janez Strojan starejši in Rafko Urankar-Cile. Vsem se prav lepo zahvaljujem. |

Literatura

[1] Roberson, P., 2019: DistoX2 Calibration Cube. Dostopno prek: <https://www.thingiverse.com/thing:3776523> (11. 9. 2019).

[2] Heeb, B., 2008: DistoX Calibration Manual. Dostopno prek: <https://paperless.bheeb.ch/download/CalibrationManual.pdf> (3. 12. 2019).

[3] Heeb, B., 2014: The Next Generation of the DistoX Cave Surveying Instrument. Dostopno prek: <https://paperless.bheeb.ch/download/DistoX2.pdf> (3. 12. 2019).

[4] Corvi, M., 2017: DistoX calibration with TopoDroid. Dostopno prek: <http://marcocorvi.altervista.org/caving/TDpdf/213-Calibration.pdf> (3. 12. 2019).

[5] Bedrich, F., 2019: 7 Free STL Editors: How to Edit & Repair STL Files. Dostopno prek: <https://all3dp.com/1/7-free-stl-editors-edit-repair-stl-files/> (3. 12. 2019).

[6] Perne, M., 2019: Preizkus DistoX2 Calibration Cube. Zenodo, doi:10.5281/zenodo.3558316

[7] Corvi, M., 2018: Survey accuracy and DistoX. Dostopno prek: <http://marcocorvi.altervista.org/caving/> (8. 12. 2019).