

Mr Tugomir Kokelj,
potpukovnik,
dr Dušan Regodić,
pukovnik, dipl. inž.
Vojna akademija,
Beograd

TAČNOST POTPUNE PRIPREME POČETNIH ELEMENTA POSREDNOG GAĐANJA

UDC: 623.548 : 004.4

Rezime:

Postojeća metodologija za izračunavanje tačnosti potpune pripreme početnih elemenata posrednog gađanja veoma je kompleksna, nepraktična i nedovoljno tačna. U ovom radu izvršena je dorada postojeće metodologije proračuna i prikazan je adekvatan softver. Na taj način otklonjeni su uočeni nedostaci i izvršena automatizacija proračuna primenom računara. Izvršena je analiza deklarisanosti tačnosti metoda potpune pripreme početnih elemenata i, na osnovu toga, doneti su odgovarajući zaključci i predlozi.

Ključne reči: tačnost, priprema početnih elemenata, posredno gađanje, softverska podrška.

ACCURACY OF COMPLETE PREPARATION OF THE INDIRECT FIRING INITIAL ELEMENTS

Summary:

The current methodology of calculation accuracy of the complete preparation of one indirect firing initial elements is very complex, impractical and not precise enough. In this work one can find finishing of the current methodology of calculation as well as the appropriate software. In this way all the drawbacks have been eliminated, and the process of the automation calculation has been done by means of computer. The analysis of the declared accuracy of the method of the initial elements complete preparation has been performed and, based on that, certain conclusions and suggestions have been made and given.

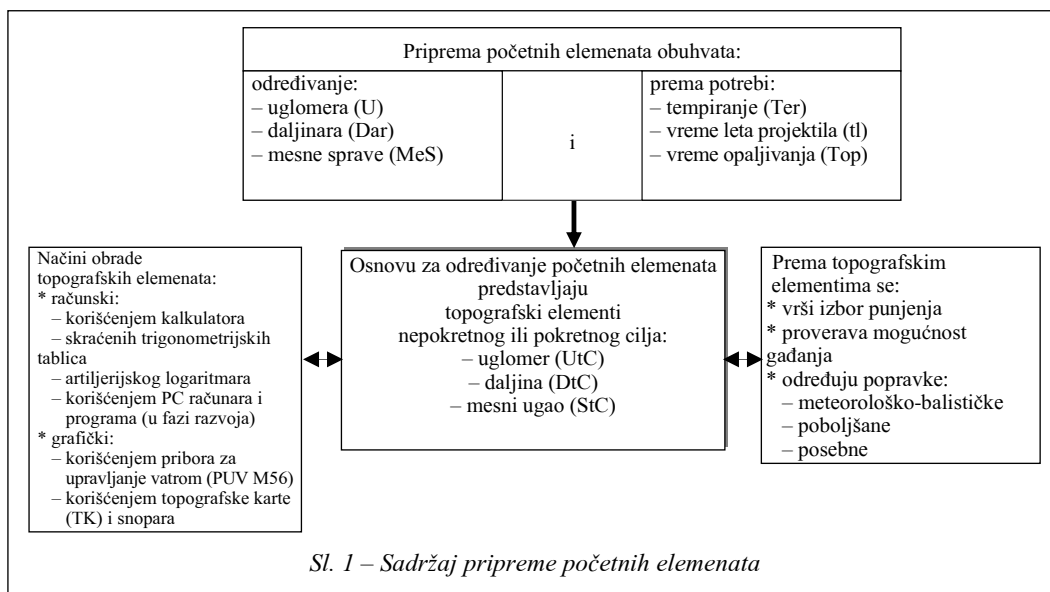
Key words: accuracy, preparation of the initial elements, indirect firing, software support.

Uvod

Priprema početnih elemenata posrednog gađanja početna je faza gađanja kojom se za što kraće vreme obezbeđuju što tačniji elementi za početak korekture ili grupnog gađanja. Sprovode je: izvršilac gađanja (IG) – izdavanjem komande za gađanje; računarsko odeljenje (rčo) i komandiri vodova (kv) – razradom i poslugom oruđa – realizovanjem izdate komande. Sadržaj pripreme početnih ele-

menata prikazan je na slici 1. U širem smislu, priprema početnih elemenata obuhvata izbor (određivanje): jedinice za gađanje, oblika putanje, vrste gađanja i načina podešavanja upaljača, položaja cilja, punjenja, vrste paljbe i početka gađanja. U pripremu početnih elemenata ubraja se i rad posluge na opsluživanju oruđa.

Početni elementi su uglomer (U), daljinar (Dar), mesna sprava (MeS) i, prema potrebi, tempiranje (Ter), vreme leta projektila (tl) i vreme opaljenja



(Top). Određuje ih računачko odeljenje, a izuzetno izvršilac gađanja korišćenjem sredstava za računsku ili grafičku obradu podataka.

Osnovu za određivanje početnih elemenata predstavljaju topografski elementi, koji su tačni ukoliko su određeni na osnovu tačnih koordinata vatrene položaja i cilja. Koordinate su tačne ako središnja greška načina njihovog određivanja po X i Y osi ne prelazi 20 m, a po Z osi ne prelazi 5 m. Koordinate se određuju jednim od načina topografsko-geodetske pripreme ili izviđanja.

Početni elementi određuju se metodom potpune, skraćene ili proste pripreme u zavisnosti od uslova u kojima se priprema i izvodi artiljerijsko gađanje. Potpuna priprema predstavlja osnovni, najpotpuniji i najtačniji metod određivanja početnih elemenata. Primenjuje se uvek kada jedinica ima uslova da je sprovede, tj. kada se raspolože:

– tačnim koordinatama vatrene položaja, ciljeva i osmatračnica određenih u jedinstvenom koordinatnom sistemu;

– tačnim podacima o meteorološkim i balističkim uslovima gađanja;

– orijentisanim instrumentima i usmerenim oruđima u osnovni pravac, prema „Uputstvu za topografsko-geodetsko obezbeđenje artiljerije“, i proverom orijentisanja instrumenata i usmeravanja oruđa;

– odgovarajućim tablicama gađanja u zavisnosti od nadmorske visine oruđa.

Tačnost svakog od navedenih metoda pripreme početnih elemenata zavisi od obučenosti ljudstva (starešinskog kadra i posluge-posade), dostignutog nivoa razvoja artiljerijskih sistema (oruđa-municije), postojećih formacijskih sredstava za prikupljanje i obradu podataka, kao i niza međusobno povezanih uzroka. Deklarisana tačnost pripreme početnih elemenata izražava se veličinom sumarnih središnjih grešaka koje karakterišu tačnost svakog metoda po daljini (Exs) i pravcu

(Eys). Ona je propisana i treba da predstavlja iskustveno-računsku normu koja je proverena mnogobrojnim proračunima i praktičnim gađanjima, a prikazana je u tabeli 1.

Tabela 1
Deklarisana tačnost metoda pripreme početnih elemenata

Metod pripreme početnih elemenata	Središnje greške	
	Po daljini Exs u % DtC	Po pravcu Eys u 0-00
potpuna priprema	0,8-1,2	3-5
skraćena priprema	3-5	10-15
prosta priprema	8-10	20-30

Deklarisana tačnost metoda pripreme početnih elemenata (tabela 1) preuzeta je iz [1] i koristi se u našoj artiljerijskoj vojnostručnoj literaturi. Teorijskoj analizi tačnosti pripreme početnih elemenata posrednog gađanja do sada nije posvećena dovoljna pažnja [2]. Ovakvo stanje u našoj artiljerijskoj literaturi, posebno činjenica da deklarisana tačnost metoda pripreme početnih elemenata ima naredbodavni i obavezujući karakter za artiljerijske jedinice pri planiranju, pripremi i izvršenju posrednih gađanja navodi na zaključak da se ovom problemu ne poklanja potrebna pažnja, a samim tim ne raspolaže se validnim pokazateljima mogućih pozitivnih ili negativnih uticaja na tačnost i preciznost artiljerijske vatre u budućim borbenim dejstvima.

Činjenično stanje zahtevalo je da se izvrši analiza deklarisanosti potpune pripreme početnih elemenata, doradi postojeća metodologija proračuna tačnosti, izvrši validan proračun uticaja tačnosti pripreme početnih elemenata posrednog gađanja na preciznost artiljerijske vatre i, na osnovu toga, donesu odgovarajući zaključci.

Greške u potpunoj pripremi

Zadatak potpune pripreme početnih elemenata posrednog gađanja jeste da utvrdi, što je moguće tačnije, sve stvarne uslove za gađanje, da ih uporedi sa tabličnim, proračuna odstupanja i popravke i odredi najtačnije početne elemente za gađanje. Kako to treba raditi, propisano je „Uputstvom za rad na vatrenom položaju artiljerijskih jedinica“ i „Artiljerijskim pravilom gađanja“, a jedan od ciljeva ovog rada jeste da se uz primenu znanja iz teorije gađanja i postojećeg iskustva objasne sve greške i njihova tačnost, da kritički osvrt i doradi postojeća metodologija proračuna tačnosti potpune pripreme početnih elemenata. Stvarni uslovi gađanja su promenljivi za svako gađanje, a normalni (tablični) uslovi gađanja su konstantna veličina za sva gađanja i podrazumevaju uslove za koje su izračunate tablice gađanja.

Radi lakšeg razumevanja navedene problematike, proračun početnih elemenata za gađanje metodom potpune pripreme uslovno će biti podeljen na tri etape rada.

Prva etapa obuhvata prethodno određivanje osnovnih podataka neophodnih za obezbeđenje uslova za potpunu pripremu (koordinate vatrenog položaja (VP), osmatračnice (O) i ciljeva (C), podataka o osnovnim meteorološkim, balističkim i tehničkim uslovima gađanja).

Druga etapa obuhvata određivanje topografskih elemenata (daljine do cilja (DtC), azimuta gađanja – skretanje od osnovnog pravca na cilj (UtC) i mesnog ugla cilja u odnosu na vatreni položaj (StC)), proračun popravki po daljini i pravcu zbog odstupanja balističkih i meteoroloških uslova od onih koji su predviđeni tablicama gađanja i uračunavanje tih popravki u ranije određene topograf-

ske elemente. Pri tome se uzimaju u obzir popravke pravca i elevacije koje su određene u toku tehničke pripreme.

U trećoj etapi se, na osnovu do tada dobijenih podataka, određuju početni elementi za gađanje (daljinara, uglomer i mesna sprava) i oruđu daje potreban pravac i elevacija.

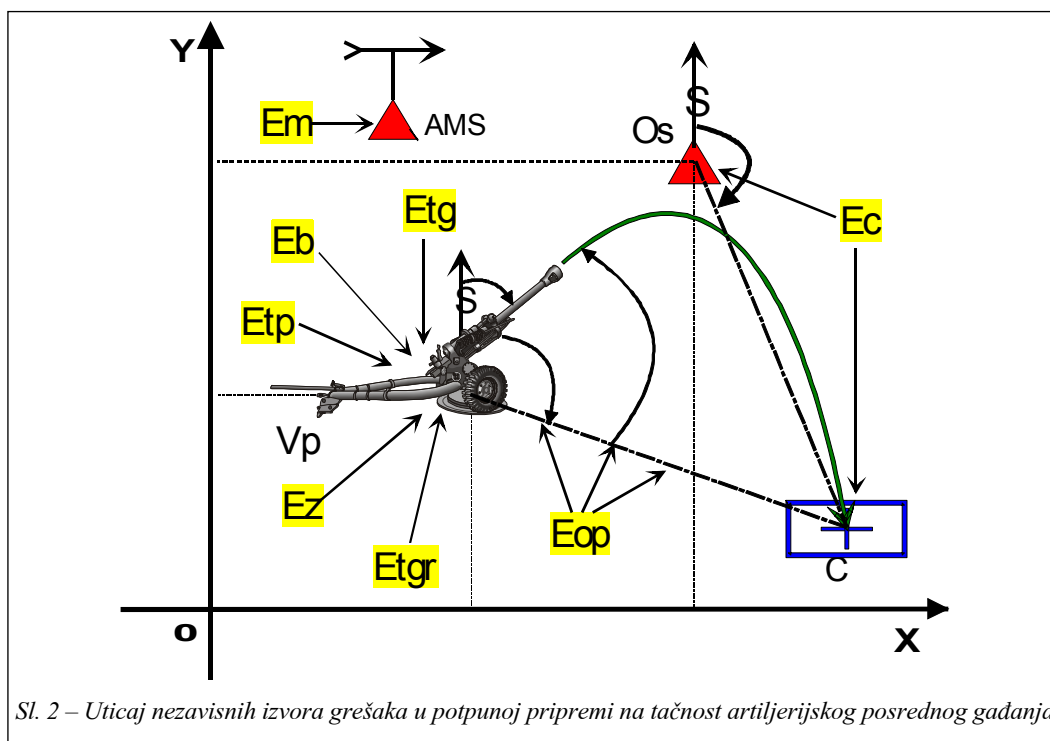
Takođe, pri određivanju početnih elemenata za gađanje dolazi do zaokruživanja daljinara, uglomera i mesne sprave na celobrojne vrednosti, što stvara dopunsku grešku – grešku zaokruživanja. Na taj način, pri određivanju bilo kog elementa potpune pripreme čine se greške koje utiču na ukupnu grešku početnih elemenata za gađanje. Dakle, u toku potpune pripreme početnih elemenata posrednog gađanja čine se nezavisne grupe izvora grešaka prikazane u tabeli 2.

Tabela 2

Nezavisne grupe izvora grešaka metoda potpune pripreme početnih elemenata

Nezavisne grupe izvora grešaka	Uticaj grešaka	
	na daljinu (Ex)	na pravac (Ey)
1. U određivanju mesta cilja	Exc	Eyc
2. Topografsko-geodetskih radova i proračuna	Extgr	Eytr
3. U određivanju balističkih popravki	Exb	—
4. U određivanju meteoroloških popravki	Exm	Eym
5. U tehničkoj pripremi	Extp	Eytp
6. Tablice gađanja	Extg	Eytg
7. Zaokruživanja elemenata	Exz	Eyz
8. Obrade podataka	Exop	Eyop

Uticaj nezavisnih grupa izvora grešaka u potpunoj pripremi početnih elemenata posrednog gađanja na tačnost artiljerijskog gađanja u koordinatnom sistemu, ilustrovan je slikom 2.



Matematički model

Matematički model [8 str. 78–93] za izračunavanje tačnosti potpune pripreme zasniiva se na određenim postavkama.

Središnje greške određivanja mesta cilja E_c (E_{xc} , E_{yc}) zavise od greške u određivanju:

- mesta osmatračnice E_{xos} , E_{yos} ;
- mesta (koordinata) cilja E_{xkc} i E_{ykc} ;
- nadmorske visine cilja $E_{x\Delta hc}$.

Veličine sumarnih središnjih grešaka određivanja mesta cilja izračunavaju se po formulama:

– po daljini:

$$E_{xc} = \sqrt{E^2 x_{os} + E^2 x_{kc} + E^2 x_{\Delta hc}} \quad (1)$$

– po pravcu:

$$E_{yc} = \sqrt{E^2 y_{os} + E^2 y_{kc}} \quad (2)$$

Središnje greške topografsko-geodetskih radova E_{tgr} (E_{xtgr} , E_{ytgr}) zavise od:

- greške u određivanju mesta oruđa E_{xor} , E_{yor} ;
- greške orijentisanja oruđa E_{yoor} ;
- greške u određivanju visine vatrenog položaja $E_{x\Delta hVP}$.

Veličine sumarnih središnjih grešaka topografsko-geodetskih radova i proračuna izračunavaju se po formulama:

– po daljini:

$$E_{xtgr} = \sqrt{E^2 x_{or} + E^2 x_{\Delta hVP}} \quad (3)$$

– po pravcu:

$$E_{ytgr} = \sqrt{E^2 y_{or} + E^2 y_{oor}} \quad (4)$$

Središnje greške balističke pripreme E_b (E_{xb}) zavise od greške u određivanju:

- početne brzine E_{xVo} ;
- temperature baruta E_{xtb} ;
- mase projektila E_{xm} .

Veličina sumarne središnje greške određivanja balističkih popravki utiče samo na tačnost izračunavanja daljine gađanja i izračunava se po formuli:

$$E_{xb} = \sqrt{E^2 x_{Vo} + E^2 x_{tb} + E^2 x_{mp}} \quad (5)$$

Središnje greške meteorološke pripreme E_m (E_{xm} , E_{ym}) zavise od greške u određivanju:

- vazdušnog pritiska E_{xH} ;
- temperature vazduha E_{xt} ;
- uzdužnog vetra E_{xWx} ;
- bočnog vetra E_{yWy} ;
- derivacija E_{yder} .

Veličine sumarnih središnjih grešaka određivanja meteoroloških popravki izračunavaju se po formulama:

– po daljini:

$$E_{xm} = \sqrt{E^2 x_H + E^2 x_t + E^2 x_{Wx}} \quad (6)$$

– po pravcu:

$$E_{ym} = \sqrt{E^2 y_{Wy} + E^2 y_{der}} \quad (7)$$

Središnje greške tehničke pripreme E_{tp} (E_{xtp} , E_{ytp}) zavise od:

- greške u određivanju odstupanja u vertikalnoj ravni E_{φ} (po daljini);
- veličine M - pomeranje padne tačke po daljini pri promeni tabličnog ugla za 1 hiljaditi (kolona 33, tablica gađanja);
- greške u određivanju odstupanja u horizontalnoj ravni E_{β} (po pravcu);
- daljina gađanja (D_g).

Veličine sumarnih središnjih grešaka tehničke pripreme izračunavaju se po formulama:

– po daljini:

$$Ext_p = E\varphi \cdot M \quad (8)$$

– po pravcu:

$$Eyt_p = E\beta \cdot 0,001 \cdot Dg \quad (9)$$

Središnje greške tablica gađanja Etg ($Extg$, $Eytg$) zavise od:

– središnje greške tabličnih uglova datih u tablici gađanja Ey_{der} ;

– središnje greške tabličnih popravki po pravcu datih u tablicama gađanja Ey_{Wy} ;

– der – brojne vrednosti derivacije, očitane iz tablica gađanja prema daljini gađanja;

– pWy – brojne vrednosti popravke pravca zbog uticaja bočnog vetra, očitane iz tablica gađanja prema daljini gađanja;

– EWy – središnje greške tabličnih popravki po pravcu, $EWy \approx 5 = \text{const}$.

Veličine sumarnih središnjih grešaka tablica gađanja izračunavaju se po formulama:

– po daljini:

$$Ext_g = 0,003 \cdot DtC \quad (10)$$

– po pravcu:

$$Eyt_g = \sqrt{(0,001 \cdot Dg)^2 \cdot \left[(0,05 \cdot der)^2 + 2,2(0,05 \cdot Wy)^2 \cdot EWy^2 \right]} \quad (11)$$

Središnje greške zaokruživanja elemenata Ez (Exz , Eyz) zavise od:

– središnje greške zaokruživanja elemenata po daljini (Exz) i po pravcu (Eyz).

Veličine sumarnih središnjih grešaka zaokruživanja elemenata mogu se izračunati po formulama:

– po daljini:

$$Exz = 0,2 \cdot M \quad (12)$$

– po pravcu:

$$Eyz = 0,2 \cdot 0,001 \cdot DtC \quad (13)$$

Središnje greške obrade podataka Eop ($Exop$, $Eyop$)

Tačnost početnih elemenata u neposrednoj je zavisnosti od načina, tj. sredstava koja se koriste za obradu podataka. Metodologija rada računarskih odeljenja na određivanju početnih elemenata propisana je „Uputstvom za rad računarskih odeljenja u artiljeriji“, navedenim uputstvom propisani su i načini obrade podataka, i to:

1. računski – korišćenjem PC ili drugih tipova računara (ne primenjuje se u trupnoj praksi, jer je još uvek u fazi razvoja) ili – korišćenjem kalkulatora (digitrona) opšte namene uz popunjavanje propisanih obrazaca artiljerijskog pravila gađanja.

2. grafički – korišćenjem pribora za upravljanje vatrom (PUV-M56) ili – pomoću snopara i topografske karte razmere 1:25 000 i krupnije, a izuzetno razmere 1:50 000.

Veličine sumarnih središnjih grešaka obrade podataka mogu se izračunati po formulama:

1. računski:

a) korišćenjem PC ili drugih tipova računara:

– po daljini i pravcu:

$$Exop = Eyop = 0 \quad (14)$$

b) korišćenjem kalkulatora (digitrona) opšte namene uz popunjavanje propisanih obrazaca artiljerijskog pravila gađanja (APG):

– po daljini i pravcu:

$$Exop = Eyop = 0,001 \cdot DtC \quad (15)$$

2. grafički:

a) korišćenjem pribora za upravljanje vatrom (PUV-M56):

– po daljini:

$$Exop = \sqrt{E^2 xntpl_{VP} + E^2 xntpl_O + E^2 xntpl_C + E^2 xteg} \quad (16)$$

gde je:

$Exop$ – sumarna središnja greška obrade podataka po daljini;

$E^2 xntp_{VP}$ – kvadrat sumarne središnje greške nanošenja koordinata vatrene položaja (VP) na planšet;u;

$E^2 xntp_O$ – kvadrat sumarne središnje greške nanošenja koordinata osmatračnice (O) na planšet;u;

$E^2 xntp_C$ – kvadrat sumarne središnje greške nanošenja koordinata cilja (C) na planšet;u;

$E^2 xteg$ – kvadrat sumarne središnje greške očitavanja topografskih elemenata (grafički) sa planšete.

– po pravcu:

$$Eyop = \sqrt{E^2 yntpl_{VP} + E^2 yntpl_O + \sqrt{E^2 yntpl_C + E^2 ntpl_{OP-PTU} + E^2 yteg}} \quad (17)$$

gde je:

$Eyop$ – sumarna središnja greška obrade podataka po pravcu;

$E^2 yntp_{VP}$ – kvadrat sumarne središnje greške nanošenja koordinata (VP) na planšet;u;

$E^2 yntp_O$ – kvadrat sumarne središnje greške nanošenja koordinata (O) na planšet;u;

$E^2 yntp_C$ – kvadrat sumarne središnje greške nanošenja koordinata (C) na planšet;u;

$E^2 yntp_{OP-PTU}$ – kvadrat sumarne središnje greške nanošenja osnovnog pravca-pokazivača topografskog uglomera (OP-PTU) na planšet;u;

$E^2 yteg$ – kvadrat sumarne središnje greške očitavanja topografskih elemenata (grafički) sa planšete.

b) pomoću snopara i topografske karte različite razmere:

– po daljini:

$$Exop = \sqrt{E^2 xnts_{VP} + E^2 xnts_C + E^2 xops} \quad (18)$$

gde je:

$Exop$ – sumarna središnja greška obrade podataka po daljini;

$E^2 xnts_{VP}$ – kvadrat sumarne središnje greške nanošenje mesta (koordinata) vatrene položaja (VP) na snopar-kartu;

$E^2 xnts_C$ – kvadrat sumarne središnje greške nanošenje mesta (koordinata) cilja (C) na snopar-kartu;

E^2xops – kvadrat sumarne središnje greške očitavanja podataka (topografskih elemenata) sa snopara-karte.

– po pravcu:

$$E_{yop} = \sqrt{E^2ynts_{vp} + E^2ynts_c + E^2yops} \quad (19)$$

gde je:

E_{yop} – sumarna središnja greška obrade podataka po pravcu;

E^2ynts_{vp} – kvadrat sumarne središnje greške nanošenje mesta (koordinata) vatre-nog položaja (VP) na snopar-kartu;

– E^2ynts_c – kvadrat sumarne središnje greške nanošenje mesta (koordinata) cilja (C) na snopar-kartu;

– E^2yops – kvadrat sumarne središnje greške očitavanja podataka (topografskih elemenata) sa snopara-karte.

Sumarne središnje greške potpune pripreme početnih elemenata Es (Exs, Eys)

Nakon izvršene deskripcije i analize nezavisnih izvora grešaka, veličine sumarnih središnjih slučajnih grešaka potpune pripreme početnih elemenata mogu biti predstavljene kao sume središnjih nezavisnih grešaka. Pošto se ove greške potčinjavaju normalnom (Gausovom) zakonu raspodele, veličine sumarnih središnjih grešaka, koje karakterišu tačnost potpune pripreme početnih elemenata, izračunavaju se po formulama:

– po daljini:

$$Exs = \sqrt{E^2xc + E^2xtgr + E^2xb + E^2xm + E^2xtp + E^2xtg + E^2xz + E^2xop} \quad (20)$$

– po pravcu:

$$E_{ys} = \sqrt{E^2yc + E^2ytgr + E^2ym + E^2ytp + E^2ytg + E^2yz + E^2yop} \quad (21)$$

Težinski koeficijent izvora grešaka gi (gxi, gyi)

Radi povećanja tačnosti pripreme početnih elemenata potrebno je odrediti stepen uticaja raznih nezavisnih izvora grešaka na sumarnu grešku potpune pripreme. Ako je udeo greške i-tog izvora u sumarnoj grešci mali, razumljivo je da usavršavanje metoda određivanja podataka i-te greške ne može da dovede do bitnijeg povećanja tačnosti potpune pripreme. Udeo greške svakog izvora određuje se kao odnos kvadrata središnjih izvora grešaka (E_{xi} , E_{yi}) prema kvadratu sumarne središnje greške potpune pripreme (E_{xs} , E_{ys}). Ova-ko određena veličina zove se težinski koeficijent izvora grešaka i izračunava se po formulama:

– po daljini:

$$g_{xi} = \frac{E^2xi}{E^2xs} \quad (22)$$

– po pravcu:

$$g_{yi} = \frac{E^2yi}{E^2ys} \quad (23)$$

Radi upoređenja izračunatih vrednosti sumarnih središnjih grešaka sa deklarisanom tačnošću metoda potpune pripreme početnih elemenata (tabela 1) potrebno je E_{xs} izraziti u % DtC, a E_{ys} u 0–00 po formulama:

– po daljini:

$$Exs (\%DtC) = Exs : DtC(m) \quad (24)$$

– po pravcu:

$$Eys (0-00) = Eys : DtC(km) \quad (25)$$

Softversko rešenje

Prikazani matematički model za izračunavanje tačnosti potpune pripreme veoma je neprikladan za ručnu obradu i zbog toga je sačinjen program za izračunavanje veličina i težinskih koeficijenata grešaka metoda potpune pripreme početnih elemenata za posredno gađanje. Program ima radni naslov „Greške pripreme početnih elemenata – GPPE“, urađen je u programskom jeziku Visual Basic 6 [12], i u potpunosti omogućava automatizaciju rešavanja problema. Sve korišćene promenljive u programu precizno su određene pri definisanju navedenih jednačina i kao takve (tekstualno i simbolički) prikazane su u svim podmodulima programa, radi lakšeg korišćenja programa.

Korisnik programa GPPE unosi neophodne podatke za određivanje središnjih grešaka, a program Microsoft Excel [13] omogućava snimanje u datoteku unetih polaznih podataka i izračunatih veličina i težinskih koeficijenata grešaka metoda pripreme početnih elemenata, čime se znatno olakšava tabelarna i grafička interpretacija podataka. Na osnovu rezultata proračuna moguće je izvršiti i uporednu analizu tačnosti metoda pripreme (zavisno od primenjenih sredstava i njihove tačnosti) u okviru jednog artiljerijskog oruđa za istu ili različitu vrstu municije, punjenja i daljine gađanja, kao i za različita artiljerijska oruđa municiju,

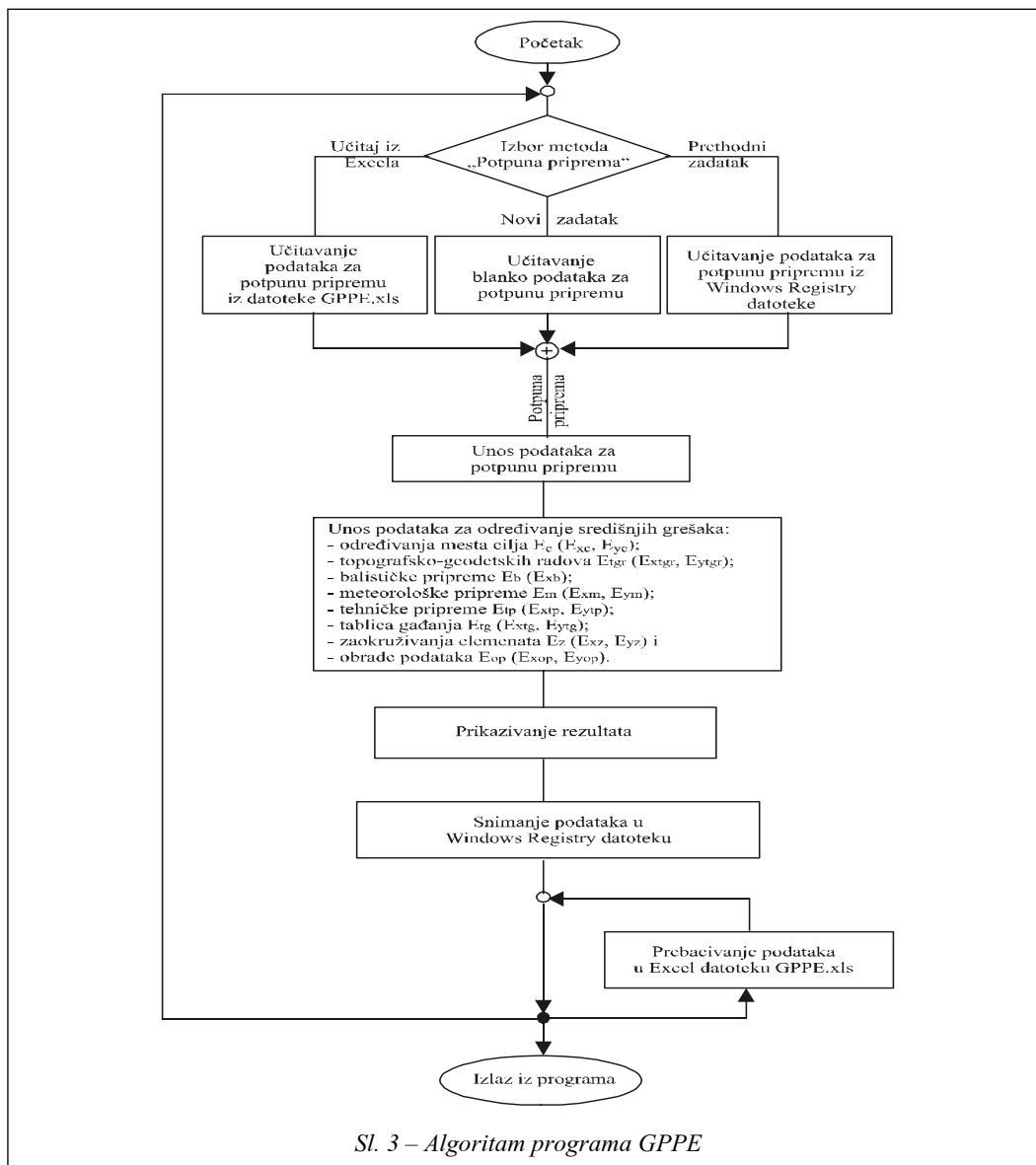
punjenja i daljine gađanja, čime se dobijaju relevantni pokazatelji uticaja tačnosti metoda pripreme.

Postojeći ili novoformirani podaci omogućuju detaljnu analizu uticaja svakog nezavisnog izvora grešaka (sredstva) i samim tim predstavlja jedan od validnih činilaca koji taktičkom nosiocu daje smerice za izradu novih ili nabavke na tržištu savremenih sredstava za prikupljanje i obradu podataka koja treba da se ugrade, ili se planira njihova ugradnja, u organizaciono-mobilizacionu strukturu artiljerijsko-raketnih jedinica za podršku (npr. sistem SUV za samohodnu top-haubicu NORA B-52, kalibra 155 mm, itd.).

Računarski program moguće je veoma jednostavno instalirati i koristiti na bilo kom personalnom računaru minimalne konfiguracije Pentium I.

Algoritam programa „Greške pripreme početnih elemenata – GPPE“, prikazan je na slici 3. Sadržaj i struktura programa definisani su (1) formama: GPPE.frm, IzbMetoda.frm, PodPotpuna.frm, SrGrCilj.frm, SrGrVP.frm, SrGrBalPP.frm, SrGrBalSP.frm, SrGrMeteoPP.frm, SrGrMeteoSP.frm, SrGrOstali.frm, GrObrPod.frm, RezX.frm, RezY.frm, ProstaPriprema.frm i Ucitaj.frm; (2) modulima: ExcelInOut.bas i UlPod.bas; i (3) kontrolama: Tabela1.ctl, Tabela2a.ctl, Tabela2b.ctl i Tabela3.ctl.

Izborom jedne od opcija (prethodne ili sledeće) na svakoj formi (osim forme ProstaPriprema.frm i Ucitaj.frm) moguće je u toku rada programa vršiti ispravke ili prepravke ulaznih podataka potrebnih za izvršenje proračuna tačnosti. Izborom opcije (izlaz) na svakoj formi moguće je izvršiti prekid rada programa, nakon čega se korisniku pruža mogućnost upisa prethodnog dela ili kompletnog proračuna.



Numerički primer

Treba izračunati veličine i težinske koeficijente nezavisnih izvora grešaka i sumarne središnje greške potpune pripreme početnih elemenata za konkretne uslove gađanja.

Gađanje izvodi jedno (osnovno) oruđe – top 130 mm M46, popunjeno po for-

maciji 100%, sa vrlo dobro obučenim i uvežbanim ljudstvom. Posredno gađanje izvodi se donjom grupom uglova (DGU).

Mesto vatrenog položaja određeno je na topografsko-geodetskoj osnovi pomoću teodolita. Azimut gađanja cilja (AzGC) iznosi 30-00 u podeli 1/60-00. Visina vatrenog položaja (zVP) određena

je sa topografske karte razmere 1:25 000, a nagib zemljišta u rejonu vatrenog položaja (nzVP) je 15°. Provera orijentisanosti oruđa izvršena je pomoću artiljerijske busole korišćenjem magnetne igle i radne popravke busole.

Municiju čini dvodelni metak sa trenutno-fugasnim projektilom M79 i upaljačem UTIU, M72 a punjenje je puno.

Mesto osmatračnice komandira topovske baterije određeno je na topografsko-geodetskoj osnovi artiljerijskom busolom. Rukovanje i upravljanje vatrom, za potrebe dejstva po C-1, obavlja komandir baterije sa svoje osmatračnice.

Podaci o cilju:

– C-1: neprijatelj artiljerijski vod neoklopljenih oruđa van zaklona (tablični cilj 4D);

– dimezije C-1: front 150 m a dubina 100 m, azimut fronta cilja (AzF) iznosi 15–00;

– mesto cilja određeno je polarnim načinom laserskim daljinomerom;

– azimut osmatranja cilja (AzOC) je 26–00 a daljina osmatranja cilja (DOsC) je 2500 m;

– topografska daljina do cilja DtC = 25 000 m;

– visina cilja (zC) određena je sa topografske karte razmere 1: 25 000, a nagib zemljišta u rejonu cilja (nzC) je 6°.

Meteorološki uslovi gađanja dobijeni su na osnovu meteorološkog biltena „meteo-srednji“ sa artiljerijske meteorološke stanice (AMS). Balistički uslovi gađanja određeni su na osnovu sledećih merenja:

– odstupanja početne brzine projektila za svako oruđe u bateriji izmerena su radarom za merenje početne brzine projektila i upisana u tehničke knjižice oruđa;

– temperature barutnog punjenja $t^{\circ}b = +15^{\circ}C$,

– projektila normalnog oblika, mase i težišta.

Računačko odeljenje obrađuje podatke korišćenjem kalkulatora opšte namene uz popunjavanje propisanih obrazaca APG.

Proračun tačnosti potpune pripreme početnih elemenata posrednog gađanja, korišćenjem programa GGPE, izvršen je prema uslovima gađanja iz numeričkog primera, uz napomenu da su dopunski uslovi gađanja definisani i prikazani u tabeli 3, a broježani podaci preuzeti su iz „Tablica gađanja za top 130 mm M46“, SSNO, GŠ JNA, UA-156/2, VIZ, Beograd, 1984.

Tabela 3

Dopunski uslovi gađanja za proračun tačnosti potpune pripreme

Oruđe	Vrsta projektila i upaljača	Punjenje	Daljina gađanja (m)		Početna brzina projektila V_0 (m/s)	Masa (kg)	
			min.	max.		projektila sa upaljačem	jedna oznaka mase projektila (1 omp)
Top 130 mm M46	TFP M79 UTIU M72 i BU-130-M83	puno	6000	27 481	930	33,4	0,2225
		1		22 477	810		
		2		19 163	705		
		3		16 400	621		
		4		13 399	525		

Tačnost pripreme početnih elemenata izražena je brojevanim vrednostima veličina pojedinačnih izvora nezavisnih grešaka i sumarnih središnjih grešaka potpune pripreme početnih elemenata po daljini i pravcu. Stepent uticaja tačnosti pojedinačnog izvora nezavisnih grešaka na sumarne središnje greške potpune pripreme početnih elemenata po daljini i pravcu izražen je brojevanim vrednostima težinskih koeficijenata izvora nezavisnih grešaka. Pojedinačni i uporedni rezultati tačnosti potpune pripreme početnih elemenata prikazani su tabelarno u funkciji verovatnog skretanja po daljini i pravcu, a grafički u funkciji daljine gađanja (po daljini i pravcu), a težinski koeficijenti izvora grešaka prikazani su tabelarno i grafički u funkciji daljine gađanja.

Detaljan, potpun i upoređan prikaz rezultata tačnosti potpune pripreme početnih elemenata, za sva punjenja i navedene daljine gađanja, zbog obimnosti nisu prikazani u ovom radu, već su izdvojeni samo sledeći:

- uporedni pregled rezultata tačnosti potpune pripreme početnih elemenata izraženi u verovatnim skretanjima po daljini (Vd) i procentima daljine do cilja (%DtC) i međusobne zavisnosti tačnosti od daljine gađanja i punjenja (za top 130 mm M46; TF projektil M79 sa upaljačem UTIU M72, punjenje: puno do 4 na daljinama od 6000 do 27481 m) – tabela 4; na identičan način moguće je prikazati uporedni pregled rezultata tačnosti potpune pripreme po pravcu;

- zavisnost veličina sumarnih središnjih grešaka (Eys) potpune pripreme početnih elemenata po pravcu od daljine gađanja i punjenja za T 130 mm M46

preuzetih iz baze podataka u Excelu – grafikom; na identičan način, na osnovu podataka iz tabele 4, moguće je grafički prikazati veličine sumarnih središnjih grešaka po daljini.

Na osnovu dobijenih rezultata zaključuje se da je tačnost pripreme početnih elemenata (izračunata za uslove gađanja date u primeru) u deklarisanim, tj. dozvoljenim granicama metoda potpune pripreme (tabela 1), čime su obezbeđeni uslovi da se odmah može preći (bez korekture) na grupno gađanje cilja.

Ovakav zaključak, donesen na osnovu deklarisanе tačnosti kontradiktoran je, nelogičan i u suprotnosti sa matematičkim osnovama verovatnoće pogađanja, jer bi neposredno izvršenje grupnog gađanja bez prethodne korekture po cilju bilo neefikasno i neekonomično zbog sledećeg:

- na osnovu uslova iz primera, izračunate veličine sumarnih središnjih grešaka ($E_x = 174,83$ m i $E_y = 101,69$ m) veće su od dimenzija gađanog cilja (C-1: front 150 m i dubina 100 m), a samim tim dovodi se u pitanje verovatnoća pogađanja cilja;

- polazeći od činjenice da veličina rejonu mogućeg položaja cilja (RMPC) po daljini (pravcu), po završenoj pripremi početnih elemenata, iznosi osam središnjih grešaka po daljini ($8E_x$) i po pravcu ($8E_y$) dotične pripreme početnih elemenata, tj. po daljini ($\pm 4E_x$) i po pravcu (levo i desno $4E_y$) u odnosu na tačku za koju su određeni početni elementi, zaključuje se da je rejon izuzetno velik, tj. osam puta je veći od dimenzija cilja;

– gađanje C-1 karakteriše slika rasturanja pogodaka sa svojim poluosama $V_d = 72$ m i $V_p = 9,0$ m, a izračunate veličine sumarnih središnjih grešaka izražene u tabličnim verovatnim skretanjima su $E_{xs} = 174,83$ m $= 2,43V_d$ i $E_{ys} = 101,69$ m $= 11,3V_p$, što navodi na zaključak da će sa velikom verovatnoćom pojas bolje polovine pogodaka pasti van cilja, tj. da je verovatnoća pogađanja cilja manja od 50%. Analogno tome, zbog male verovatnoće pogađanja, gađanju C-1 treba da prethodi korektura, a ne grupno gađanje, jer bi ono bilo neefikasno i nerentabilno;

– izračunata tačnost početnih elemenata potpune pripreme odnosi se na pretpostavku da se cilj gađa samo osnovnim oruđem, a pošto se grupno gađanje (načelno) izvodi baterijom od šest oruđa, na osnovu poznavanja zakona i karakteristika rasturanja, zna se da se zbog preostalih neujednačenosti slika rasturanja pogodaka (složena slika rasturanja) povećava po pravcu i daljini za 1,5 do 3 puta u odnosu na prostu sliku rasturanja dobijenu gađanjem iz jednog oruđa, čime se verovatnoća pogađanja C-1 još drastičnije smanjuje;

– pored navedenog, diskutabilno je i pitanje uticaja izračunate tačnosti potpune pripreme početnih elemenata na verovatnoću pogađanja, veličine granica zone sigurnosti i na utrošak projektila potreban za neutralisanje cilja.

Najveći uticaj na tačnost pripreme početnih elemenata po daljini i pravcu imaju greške u određivanju meteoroloških popravki. Radi njihovog smanjenja potrebno je artiljerijsku meteorološku stanicu približiti što bliže vatrenom položaju baterije, češće i na precizniji način (tačni-

jim instrumentima) vršiti meteorološka merenja, a podatke pravovremeno dostavljati artiljerijskim jedinicama. Realne mogućnosti artiljerijskih meteoroloških jedinica, zbog njihove malobrojnosti u odnosu na broj artiljerijskih jedinica i tehničke dotrajalosti i zastarelosti sredstava i opreme kojima vrše merenja, navode na zaključak da artiljerijske jedinice ne mogu bitnije da utiču na povećanje tačnosti pripreme početnih elemenata.

Pored grešaka u određivanju meteoroloških popravki, uticaj na tačnost pripreme početnih elemenata po daljini imaju greške u određivanju balističkih popravki a po pravcu greške topografsko-geodetskih radova. Radi smanjenja negativnog uticaja grešaka u određivanju balističkih popravki neophodno je izvršiti određivanje odstupanja početne brzine za svako artiljerijsko oruđe najtačnijim načinom i najpreciznijim instrumentima, a zatim izvršiti sistematizaciju oruđa po rastućem ili opadajućem nizu u okviru kalibra i osnovnih jedinica.

Za smanjenja negativnog uticaja grešaka topografsko-geodetskih radova važe izneti stavovi u obrazloženju o otklanjanju negativnog uticaja grešaka u određivanju meteoroloških popravki.

Sledeći negativan uticaj na tačnost pripreme početnih elemenata ispoljavaju greške obrade podataka. Nemogućnost otklanjanja negativnog uticaja grešaka obrade podataka na tačnost početnih elemenata ogleđa se, pre svega, u činjenici da su postojeća formacijska sredstva za obradu podataka zastarela i da je uvođenje sredstava za automatsku obradu podataka u artiljerijske jedinice u stalnoj fazi „razvoja“.

Zaključak

Problemu uticaja tačnosti pripreme početnih elemenata posrednog gađanja na preciznost artiljerijske vatre u našoj vojnostručnoj literaturi i trupnoj praksi ne poklanja se adekvatna pažnja. Ovakav odnos rezultirao je znatnim zaostajanjem razvoja teorije i prakse rešavanja navedenog problema.

U ovom radu izvršena je kritička analiza deklarisanosti tačnosti potpune pripreme početnih elemenata. Na osnovu dobijenih rezultata došlo se do zaključka da ona nije potpuno tačna, a nadležnom taktičkom nosiocu dati su na razmatranje odgovarajući zaključci i predlozi. U celini je doradana postojeća metodologija proračuna tačnosti, i izvršen je validan proračun uticaja tačnosti potpune pripreme početnih elemenata posrednog gađanja na preciznost artiljerijske vatre.

Ponudeno programsko rešenje u potpunosti automatizuje proces izračunavanja tačnosti potpune pripreme, a kroz naknadnu doradu isto će se omogućiti i za skraćenu i prostu pripremu početnih elemenata. Program je otvorenog tipa i omogućuje se njegova stalna dogradnja, nezavisno od razvoja sredstava za prikupljanje i obradu podataka koja se koriste ili će se koristiti u artiljerijskim jedinicama.

Zbog male tačnosti pripreme početnih elemenata, u tablicama gađanja svakog artiljerijskog oruđa (u zavisnosti od punjenja) treba definisati i propisati minimalne daljine i krajnje efikasne domete ispod (preko) kojih nije rentabilno vršiti gađanje određenom vrstom projektila.

Prikazani zaključci u vezi s uticajem tačnosti potpune i skraćene pripreme po-

četnih elemenata ukazuju na činjenicu da je neophodno: definisati i propisati kriterijume tačnosti i preciznosti i nakon njihovog usvajanja, menjati propisanu deklarisanu tačnost (tabela 1) pripreme početnih elemenata.

Tačnost pripreme početnih elemenata ima izuzetno veliki uticaj na preciznost, njihova međuzavisnost je veoma velika i zajedno sa dimenzijama cilja predstavljaju najbitnije činioce koji direktno utiču na efikasnost artiljerijske vatre.

Predlaže se da se definišu i propišu sledeći kriterijumi:

- tačnost – udaljenost srednjeg pogotka od centra cilja (tačke za koju su određeni početni elementi) ne sme biti veća od $1V_d \cdot 1V_p$ tablične slike rasturanja koja odgovara daljini za koju su izračunati početni elementi;

- preciznost – najmanje 75% pogodaka mora pasti u prostoriju dimenzija $2V_d \cdot 2V_p$ tablične slike rasturanja koja odgovara daljini za koju su izračunati početni elementi čiji se centar poklapa sa centrom cilja (tačkom za koju su određeni početni elementi).

Radi otklanjanja uočenih propusta, kontradiktornosti između deklarisanosti stvarne tačnosti pripreme početnih elemenata, i povećanja tačnosti pripreme početnih elemenata, predlaže se:

- razmotriti i usvojiti u radu definisane kriterijume tačnosti i preciznosti, a zatim ih ugraditi u važeća artiljerijska pravila i uputstva kao pravilske odredbe;

- umesto postojeće deklarisanosti tačnosti svakog metoda pripreme početnih elemenata (tabela 1), koji se odnosio na klasičnu i raketnu artiljeriju i sve vrste projektila, usvojiti „novu“ tačnost (tabela 5), u kojoj tačnost svakog metoda pripre-

me početnih elemenata i dalje treba prikazivati kroz veličine središnjih grešaka po daljini (E_x) i pravcu (E_y), a izražavati ih kroz verovatna skretanja po daljini (V_d) i pravcu (V_p). Ponuđena tačnost odnosila bi se isključivo na artiljerijska oruđa vatrene podrške koja za izvršenje vatrenih zadataka koriste klasične projektele;

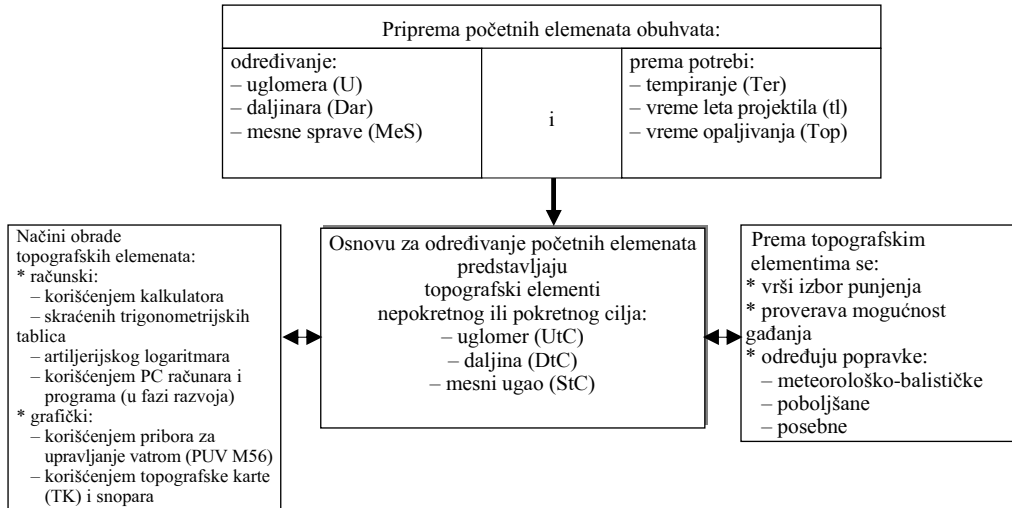
Tabela 5
„Nova“ tačnost metoda pripreme početnih elemenata

Metod pripreme početnih elemenata	Središnje greške	
	po daljini E_x u V_d	po pravcu E_y u V_p
potpuna priprema	0 - 1	0 - 4
skraćena priprema	1,1 - 2	4,1 - 6
prosta priprema	2,1 - 4	6,1 - 8

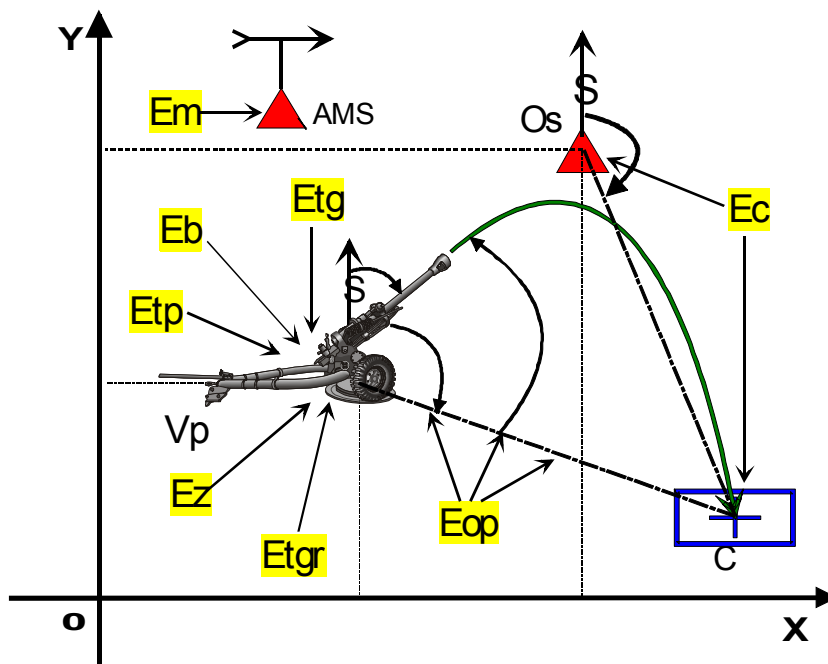
– nakon razmatranja i usvajanja „nove“ tačnosti metoda pripreme početnih elemenata, ugraditi je u važeća artiljerijska pravila i uputstva kroz pravilske odredbe.

Literatura:

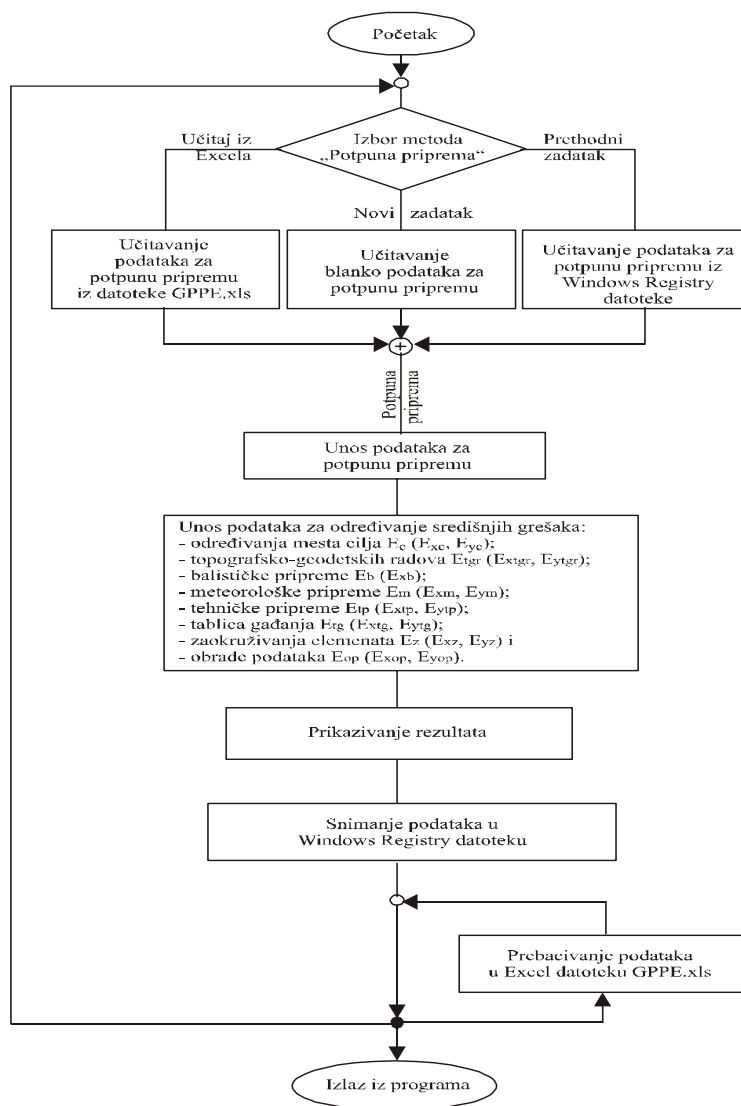
- [1] УЧЕБНИК по стрельбе наземной артиллерии (книга треча), Военное издательство Министерства Обороны СССР, Москва, 1962.
- [2] Živanov, Ž.: Teorija gađanja – udžbenik za vojne škole (smer artiljerije) i artiljerijske jedinice, SSNO, GŠ JNA, UA-216, VIZ, Beograd, 1979.
- [3] Artiljerijsko pravilo gađanja, GŠ OS SFRJ, ZNGŠ JNA za KoV, UA-2-1, VIZ, Beograd, 1991.
- [4] Kokelj, T.: Izmjena i dopuna Artiljerijskog pravila gađanja, GŠ VJ Sektor KoV UA, stupilo na snagu za sve artiljerijske jedinice u VJ od 01.01. 1998.
- [5] Objašnjenje uz artiljerijsko pravilo gađanja, GŠ OS SFRJ, ZNGŠ JNA za KoV, UA-21-1, VINC, Beograd, 1991.
- [6] Petrović, D.: Uputstvo za rad računarskih odeljenja u artiljeriji, GŠ VJ, Sektor KoV, UA-179-1, NIU Vojska, Beograd, 1998.
- [7] Uputstvo za rad na vatrenom položaju artiljerijskih jedinica, GŠ JNA, ZNGŠ JNA za KoV, UA-22-1, VIZ, Beograd, 1983.
- [8] Kokelj, T.: Zbirka rešenih zadataka iz teorije artiljerijskog gađanja, GŠ VJ, Sektor KoV, UA-225, VIZ, Beograd, 1999.
- [9] Viličić J.; Gajić, M.: Balistika (udžbenik za VA KoV – smer artiljerije i artiljerijske jedinice), SSNO, UA-214, VIZ, Beograd, 1979.
- [10] Kokelj, T.: Teorija artiljerijskog gađanja – zbirka rešenih zadataka (skripta), AŠC-3, VŠ Kruševac, AŠC Kragujevac 1997.
- [11] Tablice gađanja za Top 130 mm M46, SSNO, GŠ JNA, UA-156/2, VIZ, Beograd, 1984.
- [12] Smith, E. A.; Whisler, V.; Marquis, H.: Visual Basic 6 Biblija, Mikro knjiga, Beograd, 1999.
- [13] Chester, T.; Alden, R. H.: Excel 97, Mikro knjiga, Beograd, 1996.



Sl. 1 – Sadržaj pripreme početnih elemenata



Sl. 2 – Uticaj nezavisnih izvora grešaka u potpunoj pripremi na tačnost artiljerijskog posrednog gadanja



Sl. 3 – Algoritam programa GPPE

Grafikon

