

Dr Dušan Regodić,
pukovnik, dipl. inž.
Vojnotehnička akademija VJ,
Beograd

AUTOMATIZACIJA PRIPREME POČETNIH ELEMENATA ZA POSREDNO GAĐANJE

UDC: 623.55.022:681.3.06

Rezime:

U ovom radu obrađena je automatizacija procesa pripreme početnih elemenata za posredno gađanje, koja prethodi artiljerijskim gađanjima. Pripremu savremenih artiljerijskih gađanja treba da odlikuju pouzdanost i brzina reagovanja. Racionalan utrošak municije i velika verovatnoća pogađanja posledice su dobre pripreme gađanja. U radu je prikazano programsko rešenje za postupak pripreme početnih elemenata. Program je urađen u programskom jeziku PASCAL na računskoj mašini PC 586. Program je tako koncipiran da se posle unošenja ulaznih podataka, na bazi ponuđenih opcija, određuje varijanta gađanja. Nakon toga izračunavaju se pojedinačne i sumarne greške. Takođe, izračunavaju se i težine pojedinih grešaka. Programsko rešenje je univerzalno i može se primenjivati za svako oruđe.

Ključne reči: artiljerijsko gađanje, priprema početnih elemenata, greške pripreme, središna verovatna greška, balističke popravke, meteorološke popravke, tablice gađanja.

AUTOMATION OF INITIAL ELEMENTS PREPARATION FOR INDIRECT FIRING

Summary:

The automation of initial elements preparation procedure for indirect firing has been treated in this paper. Artillery firing is preceded by initial elements preparation which should be reliable as well as fast in action. Rational ammunition consumption and high hit probability are the effects of a well-performed firing preparation. The paper presents a program solution for the procedure of initial elements preparation. The program has been realized in PASCAL on a 586 PC. The program is designed so that, after entering input data, we determine a firing variant on the basis of offered options. Individual as well as summary errors are then calculated together with the degree of seriousness of particular errors. The program solution is universal and can be applied to every type of artillery weapons.

Key words: artillery firing, initial elements preparation, errors in preparation, mean probable error, ballistic corrections, meteorological corrections, firing tables.

Uvod

Artiljerijska gađanja realizovana posle kvalitetne pripreme imaju velike taktičke prednosti. Artiljerijsko gađanje ima, u načelu, dve faze: korekturu ili kontrolno gađanje i grupno gađanje.

Korekturom se otklanjaju greške pripreme i ispravljaju početni elementi za gađanje sa nastojanjem da se srednja putanja provede kroz sredinu cilja. Kontrolno gađanje se izvodi sa istim ciljem kao i korektura, ali sa znatno manjim utroškom projektila i vremena. Grupnim

gađanjem se postiže izvršenje vatrenog zadatka. Savremena borbena dejstva sve više zahtevaju da se artiljerijsko gađanje izvršava bez korekture, a kad je to moguće i bez kontrolnog gađanja. Dužnost starešina roda artiljerije je da u konkretnoj situaciji izvrše kvalitetnu pripremu svim raspoloživim sredstvima koja će obezbediti: pouzdano izvršenje postavljenog zadatka za najkraće vreme i sa najmanjim utroškom municije.

Priprema početnih elemenata za posredno gađanje ciljeva iz artiljerijskih oruđa obuhvata niz radnji u određivanju mesta oruđa i cilja, utvrđivanju stanja cevi i municije kojom će se vršiti gađanje i određivanje pojedinih meteoroloških elemenata koji utiču na tačnost izvođenja gađanja.

Zavisno od obima obavljenih poslova i načina na koji se oni izvršavaju razlikuju se sledeće vrste pripreme počet-

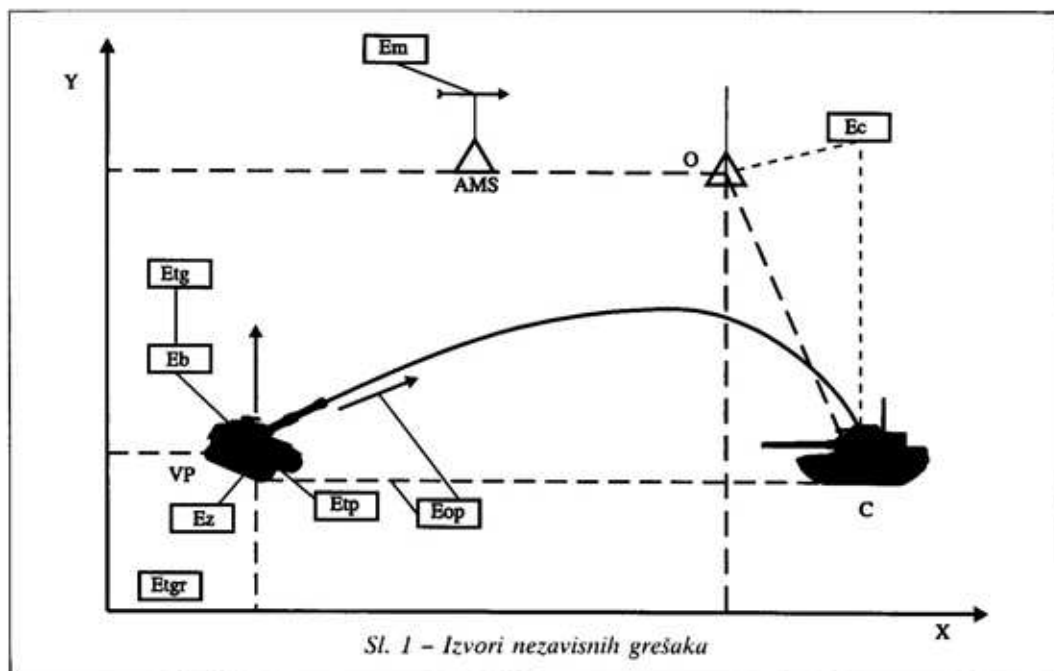
nih elemenata za gađanje [3, 6, 7]: potpuna, skraćena i prosta.

Sumarne greške potpune pripreme početnih elemenata

Izvori nezavisnih grešaka pripreme početnih elemenata za gađanje mogu biti [3, 6, 7]:

- greške u određivanju mesta cilja Exc, Eyc;
- greške topografsko-geodetskih radova Extgr, Eytgr;
- greške balističke pripreme Exb;
- greške meteorološke pripreme Exm, Eym;
- greške tablice gađanja Extg, Eytg;
- greške zaokruživanja Exz, Eyz;
- greške tehničke pripreme Extp, Eytp;
- greške obrade podataka Exop, Eyop.

Na slici 1 grafički su prikazane greške potpune pripreme početnih elemenata.



Sl. 1 - Izvori nezavisnih grešaka

Greške u određivanju mesta cilja
(E_{xO} , E_{yO})

U tabeli 1 prikazani su sredstva i način određivanja koordinata mesta cilja i vrednost središnje greške po daljini i pravcu.

Središnja (srednja) verovatna greška po pravcu zavisi od primenjenog instrumenta.

Greške topografsko-geodetskih radova (E_{xtgr} , E_{ytr})

a) Određivanje mesta oruđa (E_{xor} , E_{yor})

Radi određivanja topografskih elemenata za gađanje cilja potrebno je odrediti mesto oruđa i cilja u prostoru (x , y , z) i na osnovu toga njihov međusobni odnos. U tabeli 2 data su sredstva, način izvršenja topografskih radova i vrednosti središnjih grešaka.

Tabela 1

Sredstva i načini određivanja koordinata mesta cilja		Središnje greške (m)	
		po daljini	po pravcu
1.	Aerofoto-snimcima razmere ne sitnije od 1:25 000 sa nanesenom koordinatnom mrežom	kružna 15–20	
2.	Artiljerijskim radarom	kružna 15–20	
3.	Presecanjem pomoću optičkog voda ili dvostranim osmatranjem, kada su osmatračnice određene na punoj topografskoj osnovi ili po karti od jedne tačke (po aerofoto-snimku): – kada je veličina baze 1/10 daljine presecanja ili veće – kada je veličina baze od 1/10 do 1/20 daljine presecanja	0,5–0,8% D 0,8–1,1% D	0,1–0,2% D 0,1–0,2% D
4.	Iz aviona korišćenjem aerofoto-snimaka razmere ne sitnije od 1:25 000 sa koordinatnom mrežom	kružna 30–40	
5.	Zvukovnim izviđanjem sa topografskim vezivanjem zvukovnih stanica na potpunoj topografskoj osnovi i pri računanju rasprostiranja meteoroloških podataka po visini ili pri računanju sistematske greške	1% D	0,4% D
6.	Stereoskopskim daljinomerom kada je mesto osmatračnice određeno na punoj topografskoj osnovi ili po karti (aerofoto-snimku): – daljinomer baze 0,9 m – daljina osmatranja do 3 km – daljina osmatranja preko 3 km – daljinomer baze 2 m – daljina osmatranja do 5 km – daljina osmatranja preko 5 km	1,5% D_{Os} 2–3% D_{Os} 1–1,5% D_{Os} 1,5–2% D_{Os}	0,2–0,3% D_{Os} 0,3% D_{Os} 0,3% D_{Os} 0,3% D_{Os}
7.	Izviđanjem iz aviona uz korišćenje karte razmere ne sitnije od 1:50 000	kružna 100–200 m	
8.	Izviđanjem iz helikoptera uz korišćenje aerofoto-snimka 1:25 000 ili karte 1:50 000	1,2–1,6% D_{Os}	0,7–1% D_{Os}
9.	Kartom: – kad je cilj (reper) poznata tačka – kad cilj (reper) nije poznata tačka	kružna 0,3–0,5 mm razmera karte kružna 1–2 mm razmera karte	
10.	Sekundomerom	0,2–0,5% D	1–4% D_{Os}
11.	Laserskim daljinomerom	5–10 m	0,2% D_{Os}

D_{Os} – daljina osmatranja cilja,
D – daljina do cilja.

Tabela 2

Red. br.	Sredstva i način izvršenja topografskih radova	Središnja greška (kružna greška)
1.	Na topografsko-geodetskoj osnovi: - pomoću teodolita - pomoću artiljerijske busole PAB	3-5 m 8-10 m
2.	Na osnovu konturnih tačaka karte: - pomoću instrumenata - pomoću topovesca	0,5 mm razmera karte 30-50 m zavisno od razmera karte
3.	Laserskim daljinomerom	5-10 m

Tabela 3

Red. br.	Sredstva i način provere orijentisanja oruđa u osnovni pravac	Središnja greška (kružna greška)
1.	Na topografsko-geodetskoj osnovi: - pomoću teodolita - pomoću artiljerijske busole PAB	1,2 minuta 1,5 hiljaditi
2.	Astronomskim opažanjem: - pomoću teodolita sa tri polugirusa - pomoću dva teodolita sa jednim polugirusom - pomoću azimutnog dodatka busole PAB	1 minuta 1,5 minuta 1 hiljaditi
3.	Pomoću artiljerijskog žirokompasa: - po četiri tačke revizije - po dve tačke revizije	1 minuta 1,5 minuta
4.	Jednovremenim obeležavanjem na nebesko telo: - pomoću teodolita - pomoću artiljerijske busole PAB	2 minuta 2 hiljadita
5.	Korišćenjem magnetne igle busole PAB	4 hiljadita
6.	Po konturnim tačkama karte gde je d rastojanje između konturnih tačaka karte (cm)	0-40/d

Tabela 4

Razmera karte	Središnja greška $E_{x(\Delta h)}$ u (m) zbog greške u određivanju visine cilja (vatrenog položaja) pri nagibu zemljišta					
	2-5°	5-7°	7-10°	10-20°	20-30°	30-40°
1:50 000	5,9	4,0	7,6	9,3	12	16
1:100 000	5,7	8,4	18	21	25	34

Tabela 5

Izvori grešaka i način njihovih merenja		Središnje greške po daljini (m)
1.	Greške u određivanju početne brzine projektila E_{xV_0} : - radarom za merenje početne brzine projektila - balističkim gađanjem - merenjem dužine ležišta barutne komore: - $\Delta V_0 \leq 3\% V_0$ - $3\% V_0 \leq V_0 \leq 6\% V_0$	0,2% V_0 0,2% V_0 0,4% V_0 0,7% V_0
2.	Greške u merenju temperature barutnog punjenja E_{xTb} : - kod jednodelnog metka - kod dvodelnog metka	2,2°C 1,2°C
3.	Greške u oznakama mase projektila E_{xmp}	2/3 mase projektila

Osnovni izvori grešaka meteorološke pripreme		Središnje greške	
		po daljini	po pravcu
1.	Greška u određivanju vazdušnog pritiska E_H	1 mm Hg	
2.	Greška u određivanju temperature vazduha E_t	2°C	
3.	Greška u određivanju komponenata balističkog vetra $ENJ_x = ENJ_y$: - balističkog vetra - prizemnog vetra		2 m/s 0,7 m/s
4.	Greška u određivanju derivacije E_{der}		0-01 (0,001 Dg)

b) Provera orijentisanja oruđa (E_{yoor})

U tabeli 3 data su sredstva, način provere orijentisanja oruđa u osnovnom pravcu i vrednosti središnjih grešaka.

c) Određivanje nadmorske visine (z) oruđa i cilja

U tabeli 4 data je razmera karte i vrednosti središnje greške u određivanju visine cilja pri različitim nagibima zemljišta.

Karta 1:25 000 daje četiri puta tačnije rezultate od karte 1:50 000.

Greške u određivanju visine cilja kao i greške u određivanju visine vatrenog položaja određuju se na osnovu (slika 2) izraza:

$$E_{x(\Delta hC)} = E_{(\Delta hC)} \cdot \text{ctg}\theta_c \quad (1)$$

$$E_{x(\Delta hVP)} = E_{(\Delta hVP)} \cdot \text{ctg}\theta_c \quad (2)$$

Iz ovoga sledi da greška topografsko-geodetskih radova iznosi:

- po daljini

$$E_{xtgr} = \sqrt{E_{xor}^2 + E_{x(\Delta hC)}^2 + E_{x(\Delta hVP)}^2} \approx \approx (0,3 - 0,5\% D) \quad (3)$$

- po pravcu

$$E_{ytgr} = \sqrt{E_{yor}^2 + E_{yoor}^2} \approx (2-3 \text{ hiljadita}) \text{ ili } (0,2 - 0,3\% D) \quad (4)$$

Greške u određivanju balističkih popravki (E_{xb})

U tabeli 5 dati su različiti izvori grešaka, načini njihovih merenja i vrednosti središnjih grešaka po daljini.

Sve ove greške utiču samo na popravku po daljini. Sumarna greška u određivanju balističkih popravki je:

$$E_{xb} = \sqrt{E_{xV_0}^2 + E_{x_{tb}}^2 + E_{x_{mp}}^2} \approx \approx (0,2 - 0,5\% D) \quad (5)$$

Greške u određivanju meteoroloških popravki (E_{xm} , E_{ym})

U tabeli 6 prikazani su osnovni izvori grešaka meteorološke pripreme i vrednosti središnjih grešaka po daljini i pravcu.

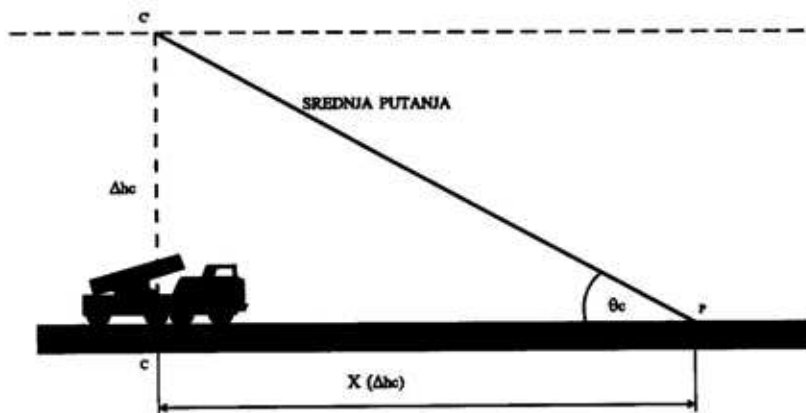
Sumarne greške u određivanju meteoroloških popravki određuju se na osnovu sledećih jednačina:

$$E_{xm} = \sqrt{E_{x(Wx)}^2 + E_{x(t)}^2 + E_{x(H)}^2} \quad (6)$$

$$E_{ym} = \sqrt{E_{y(Wy)}} \quad (7)$$

Greške u tehničkoj pripremi (E_{xtp} , E_{ytp})

Vrednosti središnje greške tehničke pripreme zavise od primenjenih instrumenata i iznose:



Sl. 2 – Uticaj nagiba zemljišta na određivanje visine cilja

– u vertikalnoj ravni $E_{\varphi} = 0,5 - 1$ hiljaditi,

– u horizontalnoj ravni $E_{\beta} = 0,5 - 0,7$ podeljaka uglomera.

Greške tehničke pripreme imaju sumarnu srednju verovatnu grešku:

– po daljini $E_{xtp} = E_{\varphi} M$ (8)

– po pravcu $E_{ytp} = E_{\beta} 0,001 D_g$ (9)

gde je:

M – pomeranje padne tačke po da-

– po pravcu $E_{ytg} = \sqrt{(0,001 \cdot D_g)^2 [(0,05 \cdot der)^2 + 2,2 \cdot Wy^2 \cdot E_{wy}^2]}$ (11)

gde je:

Wy – bočna komponenta vetra,

der – popravka zbog derivacije.

Greške zaokruživanja elemenata (E_{xz} , E_{yz})

Središna greška zaokruživanja elemenata iznosi:

– po daljini $E_{xz} = 0,2 \cdot M$ (12)

– po pravcu $E_{yz} = 0,2 \cdot 0,001 D_g$ (13)

Greške obrade podataka (E_{xop} , E_{yop})

Pri računskoj obradi podataka nastaju središne greške po daljini i po pravcu i iznose:

ljini menjajući tablični ugao za 1 hiljaditi,
 D_g – daljina gađanja.

Greške tablice gađanja (E_{xig} , E_{yig})

Greške tabličnih popravki tako su male da se mogu zanemariti u potpunoj pripremi početnih elemenata. Središne greške mogu se izračunati na osnovu sledećih jednačina:

– po daljini $E_{xtg} = 0,3\% D$ (10)

$$E_{xop} = E_{yop} = 0,001 \cdot D_g \quad (14)$$

Središna sumarna greška (E_{xs} , E_{ys})

Središne sumarne greške potpune pripreme određuju se na osnovu sledećih jednačina:

– po daljini

$$E_{xs} = \sqrt{E_{xc}^2 + E_{xtgr}^2 + E_{xb}^2 + E_{xm}^2 + E_{xtg}^2 + E_{xz}^2 + E_{xtp}^2 + E_{xop}^2} \quad (15)$$

– po pravcu

$$E_{ys} = \sqrt{E_{yc}^2 + E_{ytgr}^2 + E_{yb}^2 + E_{ym}^2 + E_{ytg}^2 + E_{yz}^2 + E_{ytp}^2 + E_{yop}^2} \quad (16)$$

Sumarne greške skraćene pripreme početnih elemenata

Pri nedostatku vremena za realizaciju potpune pripreme realizuje se skraćena priprema početnih elemenata za gađanje. Sabiranjem odgovarajućih srednjih verovatnih grešaka, koje učestvuju i utiču na određivanje početnih elemenata skraćenom pripremom, dolazi se do sumarne srednje verovatne greške u skraćenoj pripremi [6, 7]:

– po daljini

$$E_{xs} = \sqrt{E_{xtgr}^2 + E_{xb}^2 + E_{xm}^2} \quad (17)$$

– po pravcu

$$E_{ys} = \sqrt{E_{ytgr}^2 + E_{ym}^2} \quad (18)$$

Greške topografsko-geodetskih radova (E_{xtgr} , E_{ytgr})

Greške topografsko-geodetskih radova nastaju prilikom:

- određivanja mesta oruđa,
- davanja osnovnog pravca,

- određivanja mesta cilja,
- određivanja nadmorske visine oruđa i cilja,
- nanošenja tačaka na planšet,
- određivanja topografskih elemenata.

Sabiranjem ovih grešaka dolazi se do sumarnih grešaka koje iznose:

$$\text{– po daljini } E_{xtgr} = 0,8\text{--}1,2\% D_{tc}, \quad (19)$$

$$\text{– po pravcu } E_{ytgr} = 8\text{--}10 \text{ hiljaditih.} \quad (20)$$

Greške u određivanju balističkih popravki (E_{xb})

Na određivanje balističkih popravki utiču greške koje nastaju:

- pri određivanju početne brzine,
- zbog oznaka mase projektila,
- zbog temperature barutnog punjenja.

Sabiranjem ovih grešaka dolazi se do sumarne greške koja utiče samo na tačnost popravke po daljini i iznosi:

$$E_{xb} = 0,4\text{--}0,8\% D_{tc} \quad (21)$$

Metod pripreme početnih elemenata		Središnje greške	
		po daljini E_x (% D_g)	po pravcu E_y (hiljaditi)
1.	Potpuna priprema	0,8-1,2	3-5
2.	Skraćena priprema	3-5	10-15
3.	Prosta priprema	8-10	20-30

Greške zbog razlika u meteorološkim uslovima (E_{xm} , E_{ym})

Ukupna središnja greška u određivanju meteoroloških uslova iznosi:

$$- \text{ po daljini } E_{xm} = 1-4\% D_{tc}, \quad (22)$$

$$- \text{ po pravcu } E_{ym} = 5-12 \text{ hiljaditih.} \quad (23)$$

Sumarne greške proste pripreme

Prosta priprema koristi se pri nedostatku vremena za izvršenje potpune i skraćene pripreme. Osnovno je da se u ovim slučajevima teži što bržem otvaranju vatre na račun tačnosti početnih elemenata za gađanje, pa se zbog toga koriste i pribori (instrumenti) manje preciznosti [3, 6, 7]. Uzimajući sve u obzir, srednje verovatne greške pri prostoj pripremi iznose:

$$- \text{ po daljini } E_{xs} = 8-10\% D_g \quad (24)$$

$$- \text{ po pravcu } E_{ys} = 20-30 \text{ hiljaditih} \quad (25)$$

Najčešće veličine srednjih (središnjih) verovatnih grešaka po daljini i po pravcu prikazane su u tabeli 7.

Određivanje težina grešaka

Radi povećanja tačnosti pripreme početnih elemenata potrebno je odrediti uticaj raznih izvora grešaka na sumarnu

grešku pripreme početnih elemenata. Ako je udeo greške i-tog izvora u sumarnoj greški mali, razumljivo je da usavršavanje metoda određivanja podataka i-te greške ne može da dovede do bitnijeg povećanja tačnosti pripreme. Udeo (težina) greške svakog izvora određuje se prema izrazu (26) kao odnos kvadrata srednje verovatne greške izvora (E_{xi} , E_{yi}) prema kvadratu sumarne srednje verovatne greške pripreme (E_{xs} , E_{ys}). Ovako određena veličina naziva se težina datog izvora grešaka [3, 7]:

$$g_{xi} = \frac{E_{xi}^2}{E_{xs}^2}, \quad g_{yi} = \frac{E_{yi}^2}{E_{ys}^2} \quad (26)$$

Koncepcija programskog rešenja

Programsko rešenje za izračunavanje grešaka potpune pripreme za gađanje sačinjeno je u programskom jeziku PASCAL, a sastoji se od sledeće tri celine:

- ulazni podaci,
- program GPP – glavni program,
- rezultati proračuna.

Ulazni podaci nisu organizovani u obliku datoteke.

U zavisnosti od zadatka unose se sledeće veličine:

- daljina gađanja,
- daljina osmatranja,
- razmera karte,
- nagib zemljišta u rejonu cilja,
- nagib zemljišta u rejonu vatrenog položaja,

- brzina bočnog vetra.

U zavisnosti od projektila i punjenja unosi se:

- početna brzina projektila.

U zavisnosti od daljine gađanja, iz tablice gađanja se unose:

- popravke daljine zbog odstupanja (u metrima):

- početne brzine projektila za $\Delta V_0 = 1 \text{ m/s}$,

- temperature baruta za $\Delta t_b = 10 \text{ m/s}$,

- mase projektila za $\Delta P = 1$ oznaka,

- uzdužnog vetra za $\Delta N J_x = 10 \text{ m/s}$,

- vazdušnog pritiska za $\Delta H = 10 \text{ mbar}$,

- temperature vazduha za $\Delta t = 10^\circ$,

- popravke pravca zbog odstupanja (u hiljaditima):

- derivacije,

- bočnog vetra za $\Delta W_y = 10 \text{ m/s}$.

Ostali ulazni podaci:

- padni ugao,

- pomeranje padne tačke po daljini pri promeni tabličnog ugla na daljinaru za 1 hiljaditi.

Program GPP je tako koncipiran da se posle unošenja ulaznih podataka, na bazi ponuđenih opcija, određuju varijante izvršavanja gađanja. Nakon toga izračunavaju se pojedinačne, kao i sumarne greške. Takođe, izračunavaju se i težine pojedinih grešaka. Programsko rešenje je univerzalno i može se primenjivati za svako oruđe.

Izlazni podaci dobijaju se direktno na ekranu računara u obliku pet vrsta ispisa. Pošto se u programu ne formira izlazna datoteka dobijeni rezultati mogu se po želji odštampati. Program daje mogućnost izbora bilo kojeg ispisa neo-

graničen broj puta bez ikakvog određenog redosleda:

- ispis 1 - tabelarni prikaz veličina izvora nezavisnih grešaka po daljini i po pravcu;

- ispis 2 - prikaz sumarnih grešaka potpune pripreme, kao i njihov prikaz u funkciji od V_d i V_p ;

- ispis 3 - tabelarni prikaz težina izvora nezavisnih grešaka po daljini i po pravcu;

- ispis 4 - grafički prikaz tabele izvora nezavisnih grešaka po daljini sa procentualnim učešćem svake od njih u sumarnoj grešci;

- ispis 5 - grafički prikaz tabele izvora nezavisnih grešaka po pravcu sa procentualnim učešćem svake od njih u sumarnoj grešci.

Algoritam potpune pripreme posrednog artiljerijskog gađanja

Na slici 3 prikazan je algoritam potpune pripreme posrednog artiljerijskog gađanja.

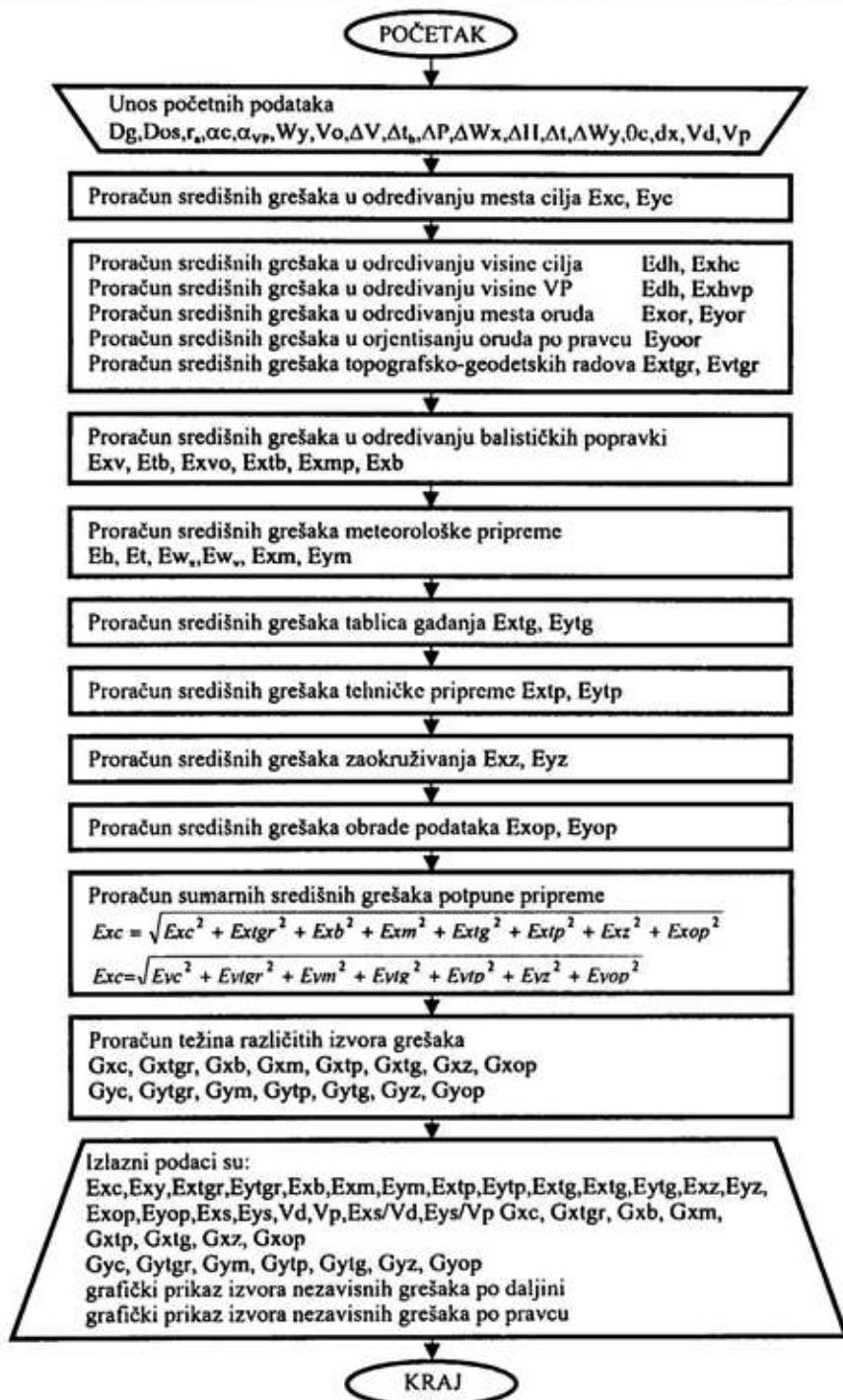
Rezultati proračuna za oruđe 130 mm M46

Pri proračunu korišćeni su sledeći podaci sa uvedenim izvesnim ograničenjima:

- topovskom baterijom 130 mm M46, TF projektilom M79, prvo punjenje, izvodi se posredno gađanje na daljinama 20, 21 i 22 km;

- mesto osmatračnice određeno je na topografsko-geodetskoj osnovi artiljerijskom busolom, a mesto vatrenog položaja teodolitom;

- mesto cilja određeno je polarnim koordinatama pomoću laserskog daljinomera;



Sl. 3 - Algoritam potpune pripreme posrednog gađanja

- daljina osmatranja je 2500 m;
- visina vatrenog položaja i cilja određena je po karti 1:25 000, nagib zemljišta u rejonu vatrenog položaja je 15°, a u rejonu cilja 6°;
- provera orijentisanja oruđa izvršena je pomoću artiljerijske busole;
- odstupanje početne brzine projektila određeno je balističkim gađanjem;
- meteorološki uslovi dobijeni su na osnovu meteorološkog biltena;
- na vatrenom položaju izmerena je brzina bočnog vetra 5 m/s;

- obrada podataka obavlja se pomoću obrasca APG-4.

Na osnovu navedenih podataka određene su pojedinačne i sumarne središnje greške pripreme početnih elemenata, kao i težine različitih izvora grešaka.

U tabeli 8 dat je izvod iz tablica gađanja za top 130 mm M46 za TF projektil M79, prvo punjenje (početna brzina je 810 m/s).

Na osnovu ulaznih podataka izvršen je proračun pomoću programa GPP. U tabeli 9 dat je prikaz veličina izvora

Tabela 8

Daljina		(m)	20 000	21 000	22 000	
Padni ugao		(hilj.)	820	891	975	
Verovatno skretanje	po daljini (Vd)	(m)	60	63	67	
	po pravcu (Vp)	(m)	6,6	7,8	9,6	
Popravke	pravca zbog	derivacije (der)	(hilj.)	13	16	19
		bočnog vetra (Wy)	(hilj.)	14	15	16
	daljine zbog odstupanja	uzdužnog vetra (Wx)	(m)	431	485	548
		temperature vazduha (Δt)	(m)	293	304	305
		vazdušnog pritiska (ΔH)	(m)	111	117	126
		početne brzine (ΔV_0)	(m)	271	283	300
		temperature baruta (Δt_b)	(m)	351	367	388
		mase projektila ($p = 1$ oznaka)	(m)	-36	-39	-42
Pomeranje padne tačke po daljini menjajući tablični ugao za 1 hiljaditi (M)		(m)	16	12	7	

Tabela 9

Ex (m)	Daljina gađanja (m)			Ey (m)	Daljina gađanja (m)		
	20 000	21 000	22 000		20 000	21 000	22 000
Exc	9,47	9,46	9,45	Eyc	9,43	9,43	9,43
Extgr	3,6	3,46	3,31	Eytgr	80,05	84,05	88,05
Exb	70,48	74,35	78,5	-	-	-	-
Exm	105,27	115,53	126,55	Eym	59,46	66,41	73,76
Extp	8	6	3,5	Eytp	10	10,5	11
Extg	60	63	66	Eytg	16,64	20,46	24,64
Exz	3,2	2,4	1,4	Eyz	4	4,2	4,4
Exop	20	21	22	Eyop	20	21	22
Exs	142,22	153,06	164,72	Eys	104,04	112,03	120,47
Vd	60	63	67	Vp	6,6	7,8	9,6
Exs/Vd	2,37	2,43	2,46	Eys/Vp	15,76	14,36	12,55

gxi (%)	Daljina gađanja (m)			gyi (%)	Daljina gađanja (m)		
	20 000	21 000	22 000		20 000	21 000	22 000
gxc	0,443	0,382	0,329	gyc	0,821	0,708	0,821
gxtgr	0,064	0,051	0,04	gytgr	59,200	56,287	59,200
gxb	24,559	23,596	22,711	-	-	-	-
gxm	54,788	56,973	59,024	gym	32,662	35,140	32,662
gxtp	0,316	0,154	0,045	gytp	0,924	0,878	0,924
gxtg	17,798	16,942	16,054	gytg	2,558	3,335	2,558
gxz	0,051	0,025	0,007	gyz	0,148	0,141	0,148
gxop	1,978	1,882	1,784	gyop	3,695	3,514	3,695

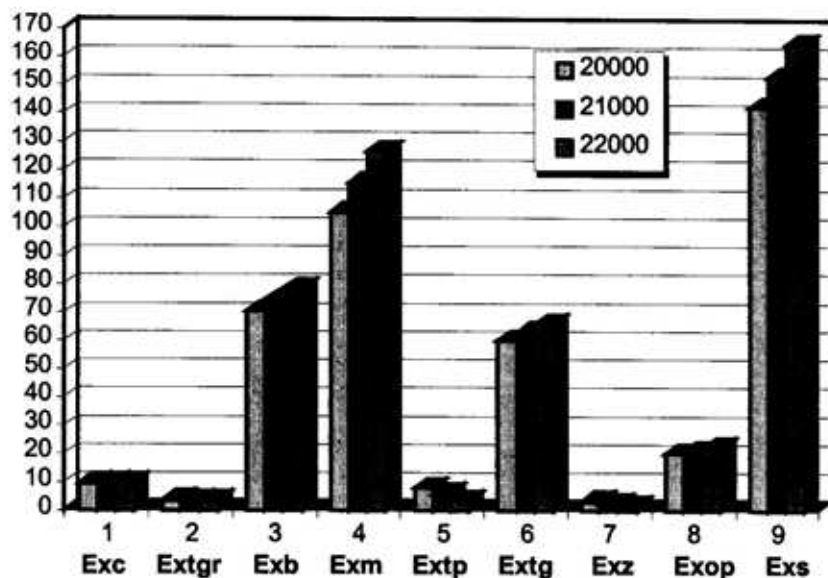
nezavisnih grešaka, sumarnih središnjih grešaka pripreme početnih elemenata i prikaz sumarnih grešaka u funkciji odstupanja po daljini i odstupanja po pravcu.

U tabeli 10 dat je pregled težina izvora nezavisnih grešaka u funkciji daljine gađanja.

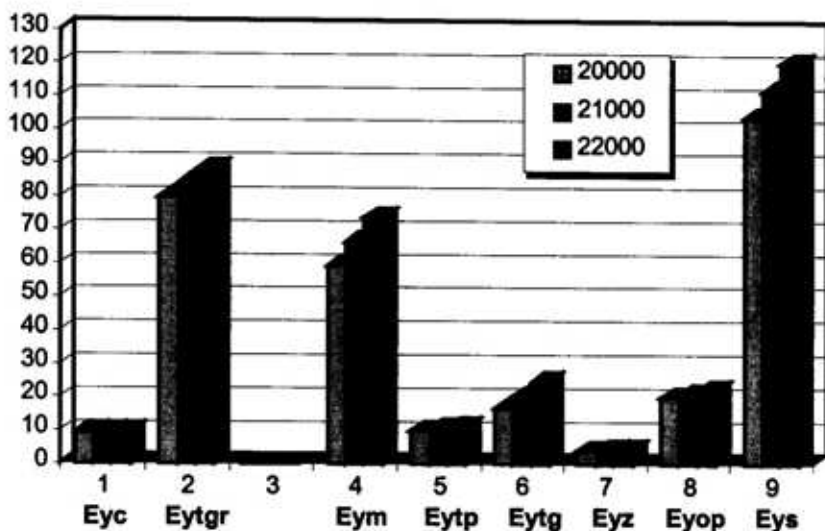
Na slici 4 prikazane su pojedinačne greške i sumarna greška po daljini. Najveći uticaj na greške po daljini za analizirane uslove gađanja ima greška meteorološke pripreme sa čak preko 50% učešća u sumarnoj greški, zavisno od daljine gađanja. Radi njihovog smanjenja potrebno je što preciznije i što češće obavljati meteorološka merenja.

Na slici 5 prikazane su pojedinačne greške i sumarna greška po pravcu. Najveći uticaj na greške po pravcu za analizirane uslove gađanja ima greška topografsko-geodetskih radova sa oko 60% učešća u sumarnoj greški. Radi njihovog

loške pripreme sa čak preko 50% učešća u sumarnoj greški, zavisno od daljine gađanja. Radi njihovog smanjenja potrebno je što preciznije i što češće obavljati meteorološka merenja.



Sl. 4 – Pojedinačne greške i sumarna greška po daljini



Sl. 5 – Pojedinačne greške i sumarna greška po pravcu

smanjenja potrebno je koristiti što preciznije instrumente za izvršenje topografsko-geodetskih radova.

Na osnovu proračuna pojedinih izvora grešaka i težine pojedinih izvora grešaka (tabele 9 i 10) zaključuje se da najveći uticaj po daljini imaju greške meteorološke pripreme, a po pravcu greške topografsko-geodetskih radova. Radi njihovog smanjenja potrebno je da se artiljerijska meteorološka stanica primakne što bliže vatrenom položaju baterije i češće i preciznije vrše meteorološka merenja. Topografsko-geodetske radove treba obavljati pomoću najpreciznijeg instrumenta (teodolita), a dobijene podatke obrađivati pomoću računara.

Zaključak

U radu je prikazano originalno programsko rešenje za proračun pojedinačnih i sumarnih grešaka pripreme početnih

elemenata za posredno gađanje artiljerijskih oruđa. Razvoj podsistema komandno-informacionog sistema (KIS) i sistema za upravljanje vatrom (SUV), pored ostalog, ima za cilj da se poveća brzina reagovanja artiljerijskih jedinica od trenutka uočavanja cilja do otvaranja vatre. Imati veću brzinu reagovanja u odnosu na protivnika često znači i imati inicijativu i biti bliži pobjedi.

Analizirane su pojedinačne greške pripreme koje utiču na sumarnu grešku, a na osnovu analitičkih formula napravljeno je univerzalno programsko rešenje, koje se može primeniti na sve uslove gađanja i na svaku vrstu oruđa. Izvršena je numerička analiza za top 130 mm M46, sa TF projektilom M79, za tri daljine gađanja $D_g = 20$ km, 21 km i 22 km.

Mogućnost brzog izračunavanja topografskih, balističkih i meteoroloških elemenata za gađanje, u mestu i pokretu, povećava brzinu reagovanja artiljerijskih jedinica. Navedeno programsko rešenje

može se koristiti u komandno-informacionim sistemima (KIS) u svim artiljerijskim jedinicama pri potpunoj pripremi za izvršenje posrednog gađanja. Ono skraćuje vreme potpune pripreme, od uočavanja cilja do dejstva projektila na cilj, daje tačnije rezultate i smanjuje utrošak municije.

Računska simulacija pripreme početnih elemenata ima izuzetan praktični značaj za jedinice VJ. Uz posedovanje personalnih računara, računskom simulacijom potpune pripreme artiljerijskih gađanja u

jedinicama VJ može se eliminisati skraćena i prosta priprema.

Literatura:

- [1] Regodić, D.: Spoljna balistika, CVVŠ KoV VJ, Beograd, 1988.
- [2] Regodić, D.: Predavanja iz mehanike leta, VTA VJ, 1996.
- [3] Savić, S.: Zbirka rešenih zadataka iz teorije gađanja, CVVŠ KoV VJ, 1991.
- [4] Tablice gađanja 122 mm, SSNO, 1978.
- [5] Tablice gađanja 130 mm, SSNO, 1982.
- [6] Živanov, Ž.: Teorija gađanja, Vojnoizdavački zavod, Beograd, 1979.
- [7] Artiljerijsko pravilo gađanja, SSNO, Vojnoizdavački zavod, 1981.