

ОПТИМИЗАЦИЈА ТРОШКОВА АРТИЉЕРИЈСКЕ РАКЕТНЕ ВАТРЕНЕ ПОДРШКЕ ПРИМЕНОМ ГЛОБАЛНОГ ПОЗИЦИОНОГ СИСТЕМА

Дамир Пројовић, Александар Петровић и Мирослав Јовановић
Универзитет одбране у Београду, Војна академија

У раду је приказано решење оптимизације артиљеријске ракетне ватрене подршке употребом глобалног позиционог система при одређивању циљева и елемената борбеног распореда јединица за подршку дању и ноћу. Упоредо су коришћена савремена средства за позиционирање Trimble Pro XR и формацијска средства због крајње компаративне анализе. Примењена је теорија вероватноће, теорија грешака и теорија гађања како би се добили резултати анализе. Решење је у значајном смањењу трошкова подршке који се огледају кроз смањење утрошка пројектила по циљевима који се гађају. Примена глобалног позиционог система у топографско-геодетској припреми обезбеђује вишеструко бржи и прецизнији рад, што смањује укупну цену коштања операција.

Кључне речи: *оптимизација, артиљеријска ракетна ватрена подршка, глобални позициони систем, теорија гађања*

Увод

Артиљеријска ракетна ватрена подршка представља скуп активности које су разрађене и функционишу. Међутим, постоји проблем што се поједине активности заснивају на старомодним, спорим, ручним и превазиђеним методама при којима се јављају грешке. Савремени развој снага артиљеријске подршке мора да прати и савремену технологију. Спектар могуће примене савремене технологије у артиљерији је изузетно широк. Критеријуми за вредновање резултата артиљеријске ватрене подршке све више се заоштравају. Тражи се бржи и квалитетнији рад, на једној страни, а поставља се све већи број задатака, на другој страни. Као резултат тога јавља се несклад између уложеног рада и остварених резултата. Оптимизација артиљеријске ватрене подршке је неопходна, а пут за решавање једног дела овог проблема је у примени метода заснованих на глобално позиционом систему и комуникационим технологијама.

Артиљеријска ракетна ватрена подршка у истраживању се посматра као процес који има своје улазе и излазе. У оквиру овог процеса постоји одређени број подпроцеса где излаз претходног потпроцеса представља улаз наредног потпроцеса. Потребно је дефинисати и уочити све потпроцесе и оптимизовати њихове токове и излазе користећи одређене алате и технике. Улазне величине процеса јесу људски ресурси, материјални ресурси, простор, време и информација. Два основна параметра на излазу процеса артиљеријске ватрене подршке јесу време и тачност, односно норма и ефекат дејства по циљу.

На основу теорије гађања уштеда пројектила је директно сразмерна вероватноћи погађања циља, с тим што је вероватноћа већа уколико се користи GPS у припреми почетних елемената за гађање на потпуној основи. На основу претходног концепиран је и целокупан рад у смислу смањења трошкова артиљеријске ракетне ватрене подршке.

Артиљеријска ракетна ватрена подршка у операцијама

Иако су садашње војне операције знатно другачије од оних из прошлости, где је концентрисана посредна паљба по непријатељским снагама била део рутине, артиљерија није изгубила ниједан део свог значаја. Међутим, број укључених система и оруђа је очигледно мањи, па су артиљеријски задаци мањи циљеви који треба да се погоде са великом прецизношћу, како би се смањила колатерална штета што је више могуће. Поред тога, захтеви за покретљивост су повећани.[1]

У Војсци Србије постоји једна мешовита артиљеријска бригада (у даљем мабр) чија је употреба у надлежности команданта КоВ-а, а као зону одговорности има територију целе државе. У складу са мисијом и задацима мабр, могуће је образовање једне до три артиљеријске и једне ракетне групе.

У складу са одлуком команданта КоВ-а, поједини дивизиони могу се придавати бригадама КоВ-а (привременим саставима) ради образовања артиљеријских група и реализације појединих задатака. Употреба и дејство јединица мабр огледало би се у отварању дивизионих ватри или ватри артиљеријских група, а веома ретко бригадних ватри.

Како би се целовитије сагледали оперативно-технички проблеми, неопходно је сагледати захтеве развоја савремене артиљеријске ракетне подршке. То су: скраћивање времена реаговања артиљерије; повећање тачности гађања; ефикасније коришћење оруђног и муницијског подсистема; квалитетније садејство унутар и ван артиљерије; бржи приступ команди информацијама; савремена средства телекомуникације; скраћивање времена дејства; смањивање утрошка муниције; побољшавање заштите од непријатељског дејства; једновремено дејство по већем броју циљева; избегавање коректуре; ефикасније дејство по покретним циљевима.[2]

Тактичко-оперативна анализа циљева у оперативном распореду непријатеља

Под тактичко-оперативном анализом подразумева се процес изналажења броја циљева, по врстама, у борбеном распореду непријатеља, који се очекује у зони операције. Тактичко-оперативна анализа је мисаони процес који врши оперативни орган у сарадњи са обавештајним органом и органом артиљерије.

Табела 1 – Учешће артиљерије у ватреној подршци по врсти циљева

Р. бр.	Назив циља (карактеристике и структура)	Вероватноћа
1.	Жива сила и ватрена средства у и ван заклона (вод у одбрани)	20%
2.	Артиљеријска вод–батерија (самоходне или вучне у и ван заклона)	60%
3.	Ракетни системи подршке (лансирна оруђа)	60%
4.	Артиљеријско-ракетне јединице за ПВД	25%
5.	Осматрачнице (батаљон и више јединице и састави)	25%
6.	Командна места (батаљон и више јединице и састави)	60%
7.	Противоклопна средства	25%
8.	Електронска средства за извиђање	20%
9.	Тенкови и ОТ (у рејонима прикупљања)	20%

Артиљеријски циљ је:

- жива сила и ватрена средства, чета у нападу, а вод у одбрани (моторизована, механизована и тенковска),
- артиљеријска батерија, вучна и самоходна,
- артиљеријско-ракетне јединице ПВО,
- осматрачнице (само артиљеријских јединица),
- командно место (батаљона, бригаде, групе),
- електронско средство, средство за извиђање (возило са радио-уређајем, радаром или радарском станицом),
- противоклопна средства,
- лансирни уређај (оруже) тактичко-оперативне намене.

Циљеви артиљерије (табела 1) за ватрену подршку класификују се према : могућностима осматрања: осматрани и неосматрани; степену покретљивости: непокретни и покретни; степену заклоњености: заклоњени и незаклоњени; према структури: појединачни или елементарни и групни; активности у току борбе: активни или пасивни; и облику: површински и линијски.

Инострана решења: топографско-геодетска припрема у артиљерији

Потребна тачност мерења изражава се кроз величине средње вероватне грешке E (probable error PE), кружне вероватне грешке (СЕР) и средње квадратне грешке E_2 (стандардне девијације σ).

Средња вероватна грешка E и кружна вероватна грешка СЕР изводе се од средње квадратне грешке, и то на следећи начин:

$$E_2$$

$$E = 0,6745 E_2$$

$$\text{СЕР} = 1.1774 E_2$$

$$\text{СЕР} = 1.7456 E$$

Табела 2 – НАТО стандарди за оријентацију и одређивање позиције тачке [4]

Систем/оруђе	Усмеравање Е (0-00)	Одређивање хор. координата СЕР (m)	Одређивање Z координате Е (m)	Напомена
Цеви и ракете (осим СВЛР-а)	1.0	20	10	Ако ови стандарди нису задовољени, случај се мора пријавити
МЛРС	/	35	10	
Метеоролошка пратећа опрема	5.0	50	10	

Фреквенција и правовременост

Артиљерији је потребно да се SCP тачке успоставе у рејону 5 км око артиљеријског дивизиона и команде ТАВ (батерија за одређивање циљева). Поред тога, артиљеријска мрежа мора бити успостављена у зони операције и треба да обухвати SCP тачку и азимутне вредности на сваких 30 км. У току рата SCP тачке и азимутне вредности биће успостављене за 30 минута од потражње. При успостављању полигоног влака са PADS-ом (инерцијални систем за одређивање позиција и азимута) почетна и крајња тачка морају да задовоље 3. степен SCP, што је услов за потребе APJ и артиљеријских јединица. Растојање између ових SCP тачака је 25 до 30 км у рејонима дивизиона или корпуса. Прецизан GPS-S је једини потпун начин да се ове тачке успоставе на тим растојањима. Број SCP тачака које ТГП јединица мора обезбедити за јединице изнад корпуса и у корпусној зони зависи од густине борбеног распореда, броја покрета и командирских приоритета. На пример, начелно има 5 до 7 покрета у току дана, 10 до 20 геодетских контролних тачака ће се захтевати сваких 24 сата да се обезбеди јединицама вишим од корпуса и корпусним артиљеријским системима, а то све артиљеријски дивизион не може да подржи. [5]

Потребна прецизност артиљеријских премера прописана је у Канади преко НАТО стандарда (STANAG 2373) где је тражена прецизност у одређивању координата 10 м по X, Y, Z вредностима и прецизност у усмеравању од 0,3 до 0,6 хиљадита у зависности од врсте оруђа за које се одређује. Норма за добијање ове прецизности износи 20 минута. Наведене вредности позиционирања тренутно се поклапају са потребном тачношћу артиљеријских јединица Канаде које су се добијале конвенцијалним методама које су биле радно интензивније и била је потребна приступачност до познате тачке у тој области. Главни захтев испуњавао се тако што су коришћени теодолити. Најисплативија алтернатива заснована је на поменутим захтевима и приказана је у раду. Заснива се на GPS-у у самосталном раду, допуњена са потребним постојећим аутоматизованим мерним методама. Коришћењем јефтине, преносиве и снажне PPS опреме која је тек у развоју, добија се захтевана прецизност за потребе артиљерије реда минута. Потребни захтеви за прецизношћу испуњавају се коришћењем двоантенског GPS система. У ситуацијама где постоји озбиљно маскирање сигнала, због прикривања може се искључити употреба GPS на тој позицији, али пренос положаја и података са најближих позиција на којима је могућ пријем GPS сигнала може да се обавља коришћењем стандардних метода мерења, која се такође могу користити као подршка у случајевима кад GPS не функционише. Због високог степена аутоматизације GPS-а и савремене мерне опреме, очекује се да ће се захтеви за обуку знатно смањити.[3]

Глобални навигациони сателитски систем

Глобални навигациони сателитски систем (енгл. Global Navigation Satellite System – GNSS) јесте систем сателита који пружају аутономно геопросторно позиционирање са глобалном покривеношћу, тако да се малим електронским пријемницима омогућава одређивање њихове локације (географска дужина, ширина и висина) са високом прецизношћу, уз коришћење временских преносних сигнала из сателита.

Тренутно су у потпуној оперативној функцији два глобална сателитска навигациона система: руски ГЛОНАСС и амерички NAVSTAR GPS (или само GPS), док је у фази развоја европски глобални позициони систем GALILEO, индијски регионални сателитски систем IRNSS, јапански регионални сателитски систем QZSS и кинески регионални сателитски систем BEIDOU који Кина планира да прошири на глобални систем COMPASS.

Пример глобалног позиционог система

Процес мерења обухвата две основне фазе – припрему мерења и извођење мерења. Припрема мерења подразумева низ припремних поступака непосредно пре самог извођења теренских мерења. Ту спадају: постављање антене, калибрација пријемника и иницијализација премера.

Повезивање GPS мреже са тачкама државног премера обезбеђује се GPS опажањима на одређеном броју контролних тачака, које су дате тачке у државним координатама. На основу добијених GPS координата и координата у државној мрежи неопходног броја тачака могу се срачунати елементи (параметри) за повезивање ова два система у целисти (изражавање положаја тачака одређених GPS позиционирањем у координатама положаја у оквиру мреже државног премера), тј. може се извршити трансформација координата тачака.

Ради обезбеђивања услова за повезивање GPS мреже са државном, најповољније је када се контролне тачке могу директно запосести, тј. центрирати антена директно над њима. Међутим, како у пракси то често није случај, неопходно је класичним геодетским методама извршити повезивање тачака два система. Врши се ексцентрично мерење ка једној контролној тачки, преко које се жели остварити веза, са ексцентричне и помоћне тачке, распоређених тако да дужина између ексцентричне и помоћне тачке буде највећа у тако формираном троуглу. У троуглу се врше мерења углова, а на ексцентричној и помоћној тачки обављају се и GPS опажања.

Обрада GPS мерења почиње по извршеном трансферу података из пријемника у рачунар и након установљавања да су мерења извршена под повољним условима, са довољним бројем сателита и адекватном јачином и континуитетом сигнала, коректно према утврђеним прописима.

Обрада података, дакле, зависи од формата излазних података (формата излазних фајлова) које произвођач нуди кориснику, а обавља се у посебним комерцијалним софтверима. Постоји више врста софтвера за обраду и анализу података, зависно од произвођача GPS опреме, али суштински су исти и са истим циљем – оцена највероватнијих вредности положаја мерених тачака изражених у глобалном

GPS систему (WGS84) или у жељеном локалном систему (државни систем или координате у равни пројекције). Софтвери садрже специјалне модуле у којима се могу вршити све фазе обраде података поступно, од трансфера до презентације дефинитивних података.

Обрада резултата мерења врши се поступно кроз две основне фазе:

- трансфер података из GPS пријемника у рачунар, и
- обраду резултата мерења.

Трансфер података подразумева пренос опажаких фајлова (садрже сирове податке мерења) из контролера пријемника у рачунар којим ће се у одговарајућем софтверу вршити процесирање података. Трансфер је омогућен посебним модулом понуђеног софтвера за обраду података. Подаци мерења убацују се свакодневно, по завршеним мерењима за одређени дан.

Пошто је извршен пренос података у рачунар и њихова контрола и поправка, може се приступити обради података. Циљ обраде јесте да се изабере најоптималнији функционалистички и стохастички модел, да се искључе грубе грешке из резултата мерења, да се обезбеде непомерене оцене координата и оцени тачност и поузданост извршених мерења и оцењених координата. Већина операција изводи се аутоматски.

Сумарна грешка потпуне припреме почетних елемената за гађање

Припрема почетних елемената посредног гађања је почетна фаза гађања којом се за најкраће време обезбеђују што тачнији елементи за почетак коректуре или групног гађања.

Сумарна грешка потпуне припреме почетних елемената за гађање:

а) формацијским средствима и методама у припреми:

грешке у одређивању места циља (E_{xc}, E_{yc}) и:

$$E_{xc} = \sqrt{E_{xos}^2 + E_{xkc}^2 + E_{x\Delta hc}^2} \quad E_{yc} = \sqrt{E_{yos}^2 + E_{ykc}^2} \quad (1)$$

грешке топографско-геодетских радова и прорачуна (E_{xtgr}, E_{ytgr}) :

$$E_{xtgr} = \sqrt{E_{xor}^2 + E_{x\Delta hVP}^2} \quad E_{ytgr} = \sqrt{E_{yor}^2 + E_{yoor}^2} \quad (2)$$

Сумарна грешка потпуне припреме почетних елемената за гађање израчунавају се: [8]

$$E_x = \sqrt{E_{xc}^2 + E_{xtgr}^2 + E_{xb}^2 + E_{xm}^2 + E_{xtp}^2 + E_{xtg}^2 + E_{xz}^2 + E_{xof}^2}$$

$$E_y = \sqrt{E_{yc}^2 + E_{ytgr}^2 + E_{yb}^2 + E_{ym}^2 + E_{ytp}^2 + E_{ytg}^2 + E_{yz}^2 + E_{yof}^2} \quad (3)$$

б) глобалним позиционим системом:

– грешке у одређивању места циља (E'_{xg}, E'_{yg}) :

$$E_{xos} = E_{yos} = \text{СБР} \quad (4)$$

– грешке топографско-геодетских радова и прорачуна (E'_{xtgr}, E'_{ytgr})

$$E_{xor} = E_{yor} = \text{СБР} \quad (5)$$

$$E_{yoor} = \frac{\sqrt{E_{ymt}^2 + \text{СБР}^2}}{DGR-NT} \cdot DtC \quad (6)$$

Сумарна грешка потпуне припреме почетних елемената за гађање применом GPS-а:

$$E'_x = \sqrt{E'_{xg}{}^2 + E'_{xtgr}{}^2 + E_{xb}^2 + E_{xm}^2 + E_{xtp}^2 + E'_{xtg}{}^2 + E_{xz}^2 + E_{xos}^2} \quad (7)$$

$$E'_y = \sqrt{E'_{yg}{}^2 + E'_{ytgr}{}^2 + E_{yb}^2 + E_{ym}^2 + E_{ytp}^2 + E'_{ytg}{}^2 + E_{yz}^2 + E_{yos}^2}$$

Утицај тачности припреме почетних елемената на вероватноћу погађања

Вероватноћа погађања циља представља бројну карактеристику могућности погађања циља једним хицем у датим условима гађања. У артиљеријској теорији и пракси обележава се словом V . Као и свака вероватноћа случајног догађаја, може бити изражена било којим бројем од нуле до јединице ($0 \leq V \leq 1$).

Вероватноћа погађања при испалењу једног пројектила зависи од неколико међусобно повезаних узрока, а то су:

а) положај средње путање поготка према центру циља – у директној је зависности од тачности припреме почетних елемената посредног гађања, јер се са удаљењем средњег поготка од центра циља смањује вероватноћа погађања;

б) величина елипсе растурања – што је елипса растурања мања, оруђе је прецизније и вероватноћа погађања је већа;

в) даљине гађања у функцији тачности припреме почетних елемената и табличне слике растурања оруђа;

г) димензије циља – већа је вероватноћа погађања циљева већих димензија;

д) правац гађања – већа је вероватноћа погађања када се дужа полуоса елипсе и дужа димензија циља поклапају.[8]

Повећање вероватноће погађања постиже се одређивањем што тачнијих почетних елемената за почетак групног гађања или коректуре, тј. довођењем (одржавањем) средњег поготка у средину циља и избором оног пројектила – пуњења које на почетној или коректурној даљини гађања има мању слику растурања.

Вероватноћа погађања једним пројектилом циља облика правоугаоника чије су стране паралелне са правцима полуоса елипсе растурања израчунава се:

$$\begin{aligned}
 V &= \frac{1}{4} \left[\left(\Phi\left(\frac{E_x + a}{Vd}\right) - \Phi\left(\frac{E_x - a}{Vd}\right) \right) \times \left(\Phi\left(\frac{E_y + b}{Vp}\right) - \Phi\left(\frac{E_y - b}{Vp}\right) \right) \right] \\
 V' &= \frac{1}{4} \left[\left(\Phi\left(\frac{E'_x + a}{Vd}\right) - \Phi\left(\frac{E'_x - a}{Vd}\right) \right) \times \left(\Phi\left(\frac{E'_y + b}{Vp}\right) - \Phi\left(\frac{E'_y - b}{Vp}\right) \right) \right]
 \end{aligned}
 \tag{8}$$

где је:

V – вероватноћа погађања једним пројектилом циља облика правоугаоника са коришћењем формацијских средстава у припреми;

V' – вероватноћа погађања једним пројектилом циља облика правоугаоника са коришћењем GPS-а у припреми;

E_x – удаљење средњег поготка од центра циља по даљини;

E_y – удаљење средњег поготка од центра циља по правцу;

E'_x – удаљење средњег поготка од центра циља по даљини коришћењем GPS-а у припреми;

E'_y – удаљење средњег поготка од центра циља по правцу коришћењем GPS-а у припреми;

a – половина дужине (дубине) циља;

b – половина ширине (фронта) циља.

Уштеда пројектила при коришћењу GPS у припреми елемената за гађање

Ефекат артиљеријске ватре зависи од: врсте, квалитета и количине утрошених пројектила; брзине и тачности извршења гађања; степена постигнутог изненађења; врсте и отпорности артиљеријског циља; броја и квалитета ангажованих артиљеријских оруђа и других услова. Количина пројектила одређује се према добијеном ватреном задатку, врсти и површини циља, начину одређивања елемената за почетак групног гађања даљини гађања и нормама утрошка пројектила.[7]

Норме утрошка пројектила за батерију израчунавају се по обрасцу:

$$U_p = N \cdot k_p \cdot k_{d\bar{E}} \cdot k_{pr} \cdot k_{vga} \cdot P_c
 \tag{9}$$

U_p – утрошак пројектила,

N – таблична норма утрошка пројектила,

k_p – прелазни коефицијент у зависности од жељеног ефекта неутралисања,

$k_{d\bar{E}}$ – коефицијент даљине гађања,

k_{pr} – коефицијент припреме почетних елемената,

k_{vga} – коефицијент врсте гађања и упаљача,

P_c – површина циља у хектарима.

Норме утрошка пројектила за оруђе израчунавају се по обрасцу:

$$U_{po} = \frac{U_p}{6}
 \tag{10}$$

Ради поједностављења прорачуна и приказа утицаја тачности на вероватноћу погађања циља, исти ће бити изражен кроз бројне вредности математичког очекивања броја погодака:

$$MO = U_{po} \times V \quad (11)$$

где је:

MO – математичко очекивање броја погодака,

MO' – математичко очекивање бр. погодака коришћењем GPS-а у припреми,

U_{po} – број испалењених пројектила по оруђу,

V – вероватноћа погађања.

Ако се претходне вредности уврсте у израз, добија се математичко очекивање броја погодака :

$$MO = \frac{N \cdot k_p \cdot k_{dg} \cdot k_{pr} \cdot k_{vgu} \cdot P_c}{6} \cdot \frac{1}{4} \left(\Phi\left(\frac{E_z + a}{Vd}\right) - \Phi\left(\frac{E_z - a}{Vd}\right) \right) \times \left(\Phi\left(\frac{E_y + b}{Vp}\right) - \Phi\left(\frac{E_y - b}{Vp}\right) \right)$$

$$MO' = \frac{N \cdot k_p \cdot k_{dg} \cdot k_{pr} \cdot k_{vgu} \cdot P_c}{6} \cdot \frac{1}{4} \left(\Phi\left(\frac{E'_z + a}{Vd}\right) - \Phi\left(\frac{E'_z - a}{Vd}\right) \right) \times \left(\Phi\left(\frac{E'_y + b}{Vp}\right) - \Phi\left(\frac{E'_y - b}{Vp}\right) \right) \quad (12)$$

Уштеда пројектила по оруђу због оптимизације применом GPS-а израчунава се по следећем :

$$\Delta U_{po} = U_{po} \left(\frac{V'}{V} - 1 \right) \quad (13)$$

ΔU_{po} – уштеда пројектила по оруђу,

$\frac{V'}{V} - 1$ – стопа уштеде пројектила по оруђу.

У обрасцу број 13 показан је однос разлике у утрошку пројектила када се користе формацијска средства и ГПС средства у припреми. За добијање ове вредности користе се прорачунате вероватноће погађања циљева за оба случаја, тако да број погодака у циљу остане идентичан.

Закључак

Коришћењем глобалног позиционог система у потпуној припреми елемената за гађање, утиче се на смањење утрошка пројектила у артиљеријској ракетној ватреној подршци снага у операцијама. Са датом математичком анализом проблема, разложен је целокупан процес артиљеријске ракетне ватрене подршке на потпроцесе са датим излазима сваког потпроцеса. Овакав метод омогућује аналитички увид у све аспекте и могућности артиљеријске подршке.

На основу добијених резултата констатује се да рационализација артиљеријске ватрене подршке има смисла и да ће се остварити бољи ефекти по циљу у односу

на тренутна решења која се примењују у Војсци Србије. Посебно се истиче уштеда и смањење трошкова у проценту степена неутралисања различитих врста циљева и омогућава тачније и прецизније руковање ватром.

У страним армијама ГПС пријемник се користи у сваком покретном средству као основни средство позиционирања. Јединице чија је основна делатност одређивање позиција користе и инерцијалне системе, али само као резервну варијанту у случају да ГПС не функционише. Данас се израђују пријемници који користе сигнале од потпуно функционалних система, амерички NAVSTAR GPS и руски ГЛОНАСС, па је поузданост коришћења оваквог система прихватљива.

Литература

1. Artillery needs A1 mobility, *Armada international*, 1-2010, strana 32
2. Кнежевић, З., Славковић, Р.: *Characteristics and problems of artillery – rocket support forces use in combat operations*, Универзитет Одбране у Београду, Војна Академија 2012.
3. Lachapelle, G. Cannon, M.E., and Bird J.: Evaluation of GPS-Aided Artillery Positioning and Orientation Methods, *Journal of Military and Strategic Studies*, 1998, Volume 1 No 1
4. STANAG 2934 or AArty P-1(B), 27. April 2009.
5. *Field manual FM 3-34.331 (Formerly FM 5-232) Topographic Surveying*, Chapter 9 Artillery Surveys 9-1, Headquarters Department of the Army, Washington, DC, 16 January 2001
6. *Field manual FM 6-2 Tactics, techniques, and procedures for field artillery survey*, Headquarters Department of the Army, Washington, DC, 23 September 1993.
7. Ковач, М.: *Метод одређивања ефикасности артиљеријских и ракетних јединица за подршку – студије*, Сектор за школство, обуку, научну и издавачку делатност; Београд, 2000.
8. Кокељ, Т.: *Утицај тачности припреме почетних елемената за посредно гађања на прецизност артиљеријске ватре*, магистарски рад, Војна академија, Београд, 2005.