

ПРИМЕНА ВИКОР МЕТОДЕ ПРИЛИКОМ ИЗБОРА КАЛИБРА ЗА АУТОМАТСКЕ ПУШКЕ У ЦИЉУ УВОЂЕЊА У ОПЕРАТИВНУ УПОТРЕБУ У ЈЕДИНИЦЕ ВОЈСКЕ СРБИЈЕ

Жељко М. Јокић*

Универзитет одбране у Београду, Војној академији

Борис Делибашић**

Универзитет одбране у Београду, Факултету организационих наука

Славен М. Комљеновић***

Министарство одбране Републике Србије, Управи за организацију

У раду је разматран проблем избора оптималног калибра муниције за пренаоружавање јединица Војске Србије са аутоматском пушком. Као алтернативе су изабрани калибри 5,56 mm, 6,5 mm и 7,62 mm. У циљу објективнијег сагледавања и решавања овог проблема, избор калибра је вршен применом метода вишекритеријумске анализе, тачније методом вишекритеријумског итеративног компромисног рангирања (ВИКОР). Дефинисан је избор критеријумских функција са техничког и логистичког аспекта.

Примена ВИКОР методе при избору калибра муниције за аутоматске пушке омогућава да постављањем различитих критеријума као коначни резултат добијемо независне предлоге решења који су некада у супротности са решењем које заговара већина или првобитно изгледа најбоље. Ипак, компромисно решење је предлог доносиоцу одлуке, који га може прихватити или не.

Кључне речи: *вишекритеријумска анализа, одлучивање, метода ВИКОР, калибар, муниција*

Увод

Према истраживањима историчара од другог светског рата до данас у свету је само 256 дана било без оружаних сукоба. Таква чињеница условљава и сталну потребу за усавршавањем постојећих и стварање нових средстава наоружања и војне опреме.

* Мајор Жељко М. Јокић је наставник у Катедри Наоружања и опреме КоВ.

** Др Борис Делибашић је редовни професор. boris.delibasic@fon.bg.ac.rs

*** Капетан фрегате мр Славен М. Комљеновић, komm.s@sbb.rs

Стрељачко наоружање је од увек било основно средство за вођење борбених дејстава у свим војскама. За само један век доживело је невероватан технолошки развој. Од пушака "репетирки" током првог светског рата, на крају двадесетог века дошли смо до софистицираних јуришних пушака израђених од полимера и опремљених савременим оптоелектронским средствима, а све у циљу постизања што веће тачности и прецизности.

На путу остваривања постављеног циља, научници су паралелно са развојем стрељачког наоружања развијали и стрељачку муницију. Како пројектили стрељачке муниције углавном не поседују експлозивно пуњење и на циљ делују искључиво својом кинетичком енергијом, било је неопходно конструисати метак који ће бити мање масе, имати већу почетну брзину зрна и бољу стабилност при лету.¹ Истовремено се користе нови материјали за израду елемената метка. За ту сврху се све више користе лаки метали и њихове легуре.

Данас је у употреби велики број врста стрељачке муниције која се најлакше може разврстати по калибру.

Употребом методе вишекритеријумског итеративног компромисног рангирања (ВИКОР) у раду ће бити извршена упоређивања калибара 6,5 mm са калибрима 5,56 mm, и 7,62 mm, који су већ у оперативној употреби, у циљу увођења и пренаоружавања јединица Војске Србије.

Стрељачка муниција

Највећи развој стрељачка муниција је доживела за време и после Другог светског рата, јер је почело масовно увођење аутоматског стрељачког оружја у наоружање највећег броја држава. Прве успешне конструкције таквог наоружања су били аутомати. Касније су конструисане и прве аутоматске (јуришне) пушке. Како су аутомати користили пиштољску муницију употреба исте и за аутоматске пушке није се показала као добро решење.

Као прве успешне конструкције пушчаног метка сматрају се метак 7,92x33 mm Kurtz (за јуришну пушку StG 44) и метак 7,62x39 mm (за полуаутоматску пушку СКС (рус. Самозарядный карабин Симонова) и аутоматску пушку АК-47).² Увођењем кратког пушчаног метка са редукованим барутним пуњењем и дометом, поред уштеде у материјалу смањило је и масу борбеног комплекта муниције. Совјетски кратки метак средње енергије 7,62x39 mm пружио је конструкторима могућност да развију потпуно нову фамилију муниције.³ Овај метак са различитим зрнима производио се и производи се у великом броју земаља.

Пресудан фактор за даљи развој стрељачке муниције била је студија уреда за операциона истраживања (Operational Research Office – ORO) Универзитета Хопкинс у САД. Циљ студије је био утврђивање разлога због којих пешадија трпи губитке од ватре стрељачког наоружања. Узевши у обзир све факторе, закључци су:⁴

1. утрошак муниције,
2. трзај,

¹ Богданов Ј., "Познавање убојних средстава – први део", Медија центар Одбрана, Београд, 2015.

² <http://www.kalibar.rs/code/navigate.php?id=108&editionId=26&articleId=104> приступљено 02.04.2019.

³ Богданов Ј., "Познавање убојних средстава – први део", Медија центар Одбрана, Београд, 2015.

⁴ <http://www.dupuyinstitute.org/blog/tag/operations-research-office-oro/> приступљено 04.04.2019.

3. домет и

4. људски фактор.

Након обраде података из сукоба у Вијетнаму утврђено је да је за остваривање једног поготка било потребно утрошити између 10.000 и 50.000 метака. Та количина метака одговара маси између 280 kg и 1.400 kg муниције (зависно од посматраног оружја).

Веома велика пажња се посветила смањењу трзаја оружја, јер са смањеним трзајем оружје знатно повећава прецизност, пре свега при рафалној паљби.

Битан фактор је и домет, јер је један од главних задатака наведене студије био и да се направи метак који ће имати потребан теоретски домет. Муниција за пушке намењена је за остваривање ефикасних дејстава до 600 m.

Закључено је да треба направити метак који ће имати велику почетну брзину и велику кинетичку енергију на циљу. Закључци изведени у оквиру тих студија примљени су у САД веома озбиљно и резултирала су низом пројеката чији је циљ био да се реализују наведене препоруке. Један од првих реализованих закључака било је увођење муниције мањег калибра 5,56 mm. Увођење метка 5,56x45 mm био је важан историјски тренутак.

Војни стручњаци су израчунали да заменом калибра омогућавају војнику да понесе већи број метака и тиме повећа своју ватрену моћ. Вођене тиме, западне земље су прешле са 7,62x51 mm на метак 5,56x45 mm, док је у Совјетском Савезу то урађено са метка 7,62x39 mm M43 на метак 5,45x39 mm M74.

Тенденција развоја савремене стрелачке муниције, тј. побољшање тактичких и техничких карактеристика, спроводе се у неколико праваца.⁵

– смањење калибра,

– повећање виткости пројектила (зрна) и

– повећање почетне брзине пројектила.

Зрно пушчаног метка мора бити што ефикасније на циљу. Захтев се, првенствено, односи на ефикасност на живим циљевима. При томе се захтева да зрно формално испуњава захтеве свих конвенција. Поред ефикасности на живим циљевима, од зрна пушчаног метка тражи се и ефикасност према осталим циљевима. Од обичног зрна се очекује пробијање препрека на одређеним даљинама, на пример, пробијање предње стране шлема.

Пушчани метак, у спреси са пушком, мора остварити што већи разантни домет (мање закривљење путање).⁶ Повећањем разантног домета компензирају се грешке стрелца у процени даљине и смањује потреба за променама даљина на нишану оружја. На тај начин скраћује се и време потребно за обучавање стрелца. С обзиром да је савремена ратна техника веома сложена, рационално коришћење времена за обуку у руковању са њом је веома битна.

Краће време лета до циља смањује грешке при нишањењу које настају због погрешне процене претицања. На тај начин се скраћује и процес обуке војника-стрелца.

Због мале масе зрно метка 5,56x45 mm није тако стабилно као код метка 7,62x39, поготово приликом продирања кроз препреку. Има велику почетну брзину али је због мале масе брзо губи. При удару у циљ зрно лако губи стабилност и иза-

⁵ Богданов Ј., "Познавање убојних средстава – први део", Медија центар Одбрана, Београд, 2015.

⁶ "Теорија гађања пешадијским наоружањем", Генералштаб ЈНА – Управа пешадије, Београд, 1984.

зива велике и дубоке ране. Погодак у раме или бедро изазива потпуно онеспособљавање. Због малог попречног пресека зрна енергија је концентрисана на малу површину, у чему је далеко бољи од метка 7,62x39 mm M43.

Ипак и поред доста предности, метак са зрном M193 имао је и неколико битних недостатака због којих није прихваћен у многим земљама НАТО-а.

Белгијска фирма FN (Fabrique Nationale Herstal – FN), ослушкујући примедбе на рачун зрна M193 тржишту је понудила усавршен метак 5,56x45 mm са различитим зрнима, обично зрно SS109, панцирно P110 и обележавајуће зрно L110. Зрно SS109 је доста виткије од зрна M193, има масу већу за 0,44 g са великим попречним оптерећењем, зашиљеније је и има секантни оживал. Метак 5,56x45 mm са обичним зрном SS109 је прихваћен и усвојен као стандард у НАТО пакту. Данас се овај метак производи у великом броју земаља у различитим варијантама.

Без обзира на потпуну доминацију муниције која се налази у употреби више деценија и даље се врше испитивања и развој нових врста стрељачке муниције.

Један од њих је свакако и метак у калибру 6,5x39 mm Grendel. У литератури се као главни конструктор метка, првобитно намењеног за лов, наводи британски инжењер Бил Александер. Садашњи метка 6,5x39 mm Grendel је требао да буде златна средина између калибра 5,56 mm и 7,62 mm.

Војска САД је изразила захтев да дужина метка одговара оквиру за пушку AR15 а која би користећи платформу истог наоружања, на даљинама од 180 до 730 m имала боље перформансе од метка 5,56 mm НАТО. Конструктори су се усмерили на чауру већег пречника која је могла примити већу количину барут и дуже, аеродинамичније зрно са високим балистичким коефицијентом.⁷ Метак је у коначној Grendel форми финализиран тако што је на чаури .220 Russian, уведен краћи врат са тањим зидовима а прелазни конус померен напред како би се добило што више на запремини иначе кратке чауре. Конструктори су постигли да чаура дужине 11,3 mm има запремину од око 2,1 g барута.⁸

Нови метак је брзо освојио срца спортских ловаца. И поред свих добри особина метак калибра 6,5x39 mm Grendel има и одређених недостатака у поређењу са метком 5,56 mm НАТО због чега америчка војска још увек није увела Grendel у масовну оперативну употребу.

Услед политичких и организационих промена у првој деценији 21. века а и припрема за приступање “Партнерству за мир” државни и војни врх Републике Србије се одлучио за промену аутоматске пушке калибра 7,62x39 mm M70 новом аутоматском пушком домаће производње калибра 5,56x45 mm M21. Нова аутоматска пушка, као основни подсистем наоружања пројекта опремања војника наоружањем и војном опремом по Моделу M21, серијски се почела производити 2005. године. Током 2007. и 2008. године, војсци је испоручен контингент од око 5000 комада ових пушака. У међу времену, због светске економске кризе и великог броја пушака M70 на употреби у Војсци Србије, још увек све јединице нису пренаоружане новим пушкама.

Након позитивних реакција светског тржишта наоружања и опреме на метак 6,5x39 mm Grendel, фабрика муниције “Први партизан” из Ужица освојила је производњу овог метка како ловачког тако и за потребе српске војне индустрије.

⁷ <http://oruzjeonline.com/2018/09/16/srpska-puska-m17-grendel/> приступљено 02.04.2019

⁸ Исто.

У сарадњи са фабриком муниције "Први партизан" из Ужица Крагујевачка фабрика "Застава оружје" завршила је развој нове модуларне аутоматске пушке у калибру 7,62x39 mm и калибру 6,5x39 mm Grendel. То је пушка која има изменљиву цев, спада у последњу генерацију аутоматских пушака, а по перформансама у много чему предњачи у односу на све што је до сада виђено у овом сегменту оружја.

Како кажу војни стручњаци, такво оружје није до сада направила ни једна армија у свету, а развој овакве пушке и одговарајућег метка, према аналитичарима из САД, кошта више од милијарду долара.

У наоружању Војске Србије тренутно се за аутоматске пушке користе калибри 5,56x45 mm и 7,62x39 mm. Након тестирања и представљања државном и војном врху нове модуларне пушке у калибру 6,5x39 mm Grendel почело се озбиљно размишљати о промени калибра и унифицирање на калибар 6,5x39 mm Grendel.

Узимајући у обзир цену Grendel метка у односу на цене метка 5,56 mm и 7,62 mm као и број цеви на употреби у јединицама Војске Србије које би било потребно променити, поставља се питање оправданости наведене замисли. Да ли је метак 6,5x39 mm Grendel баш толико бољи од два поменута да је вредно уложити стотине милиона долара за пренаоружавање комплетне војске?

Одговор на ово питање покушаће се дати применом вишекритеријумског одлучивања методом итеративно компромисног рангирања (ИКОР). Имајући у виду да је војна организација систем где доносилац одлуке има ауторитет да фаворизује одређене карактеристике понуђених алтернатива применом ИКОР методе компензује се утицај доносиоца одлуке.

Метода вишекритеријумског итеративно-компромисног рангирања (ВИКОР)

Методу ИКОР (Итеративно Компромисно Рангирање) развио је први пут 1986. године Серафим Оприцовић, на основу елемената из компромисног програмирања,⁹ да би је касније унапредио у методи ВИКОР.

Приликом рада са методом користиће се појмови:¹⁰

n – број критеријума,

J – број алтернатива за вишекритеријумско рангирање,

– вредности i -те критеријумске функције за j -ту алтернативу,

– тежина i -те критеријумске функције,

– тежина стратегије задовољавања већине критеријума,

i – редни број критеријума, $i = 1, \dots, n$,

– редни број алтернатива, $j = 1, \dots, n$,

– мера за вишекритеријумско рангирање,

q_j – мера j -те алтернативе на ранг листи.

⁹ Оприцовић С., Вишекритеријумска оптимизација, Научна књига, 1986, Београд.

¹⁰ Исто.

Метода полази од “граничних” форми L_p – метрике која се користи у компромисном програмирању, и то:¹¹

$$S_j = \sum_{i=1}^n \frac{(f_i^* - f_{ij})}{(f_i^* - f_i^-)} \text{ (за } p = 1) \text{ и } R_j = \max_i \frac{(f_i^* - f_{ij})}{(f_i^* - f_i^-)} \text{ (за } p = \infty), \quad (1)$$

за алтернативу a_i где је

$$f_i^* = \max_j f_{ij}; \quad f_i^- = \min_j f_{ij}; \text{ за } i = 1, \dots, n. \quad (2)$$

Рангирањем помоћу S_j и R_j одређују се места $s(a_j)$ и $r(a_j)$ на ранг-листама алтернатива $a_j, j = 1, \dots, J$

Са добијеним вредностима за мере S_j и $R_j, j = 1, \dots, J$, може се формулисати нови задатак рангирања ради добијања обједињене ранг-листе на основу нових критеријумских функција S_j и R_j . У новом двокритеријумском проблему идеална алтернатива има следеће вредности мера добити.

$$S^* = \min_j S_j \text{ и } R^* = \min_j R_j. \quad (3)$$

Према наведеном изразу нове мере за рангирање су:

$$Q_j = \frac{(S_j - S^*)}{(S^- - S^*)} + \frac{(R_j - R^*)}{(R^- - R^*)} \text{ и } R'_j = \max\left(\frac{(S_j - S^*)}{(S^- - S^*)}, \frac{(R_j - R^*)}{(R^- - R^*)}\right) \quad (4)$$

где је $S^- = \max_j S_j$ и $R^- = \max_j R_j$.

Алтернатива a_j има исту позицију на ранг-листи која се добија рангирањем према мерама R_j и према $(R_j - R^*)/(R^- - R^*)$ а према мерама R_j и R'_j само ако је $(R_j - R^*)/(R^- - R^*) > (S_j - S^*)/(S^- - S^*)$. Овај услов је задовољен у већини случајева јер је: $(S_j - S^*)/(S^- - S^*) = (S_j/n - S^*/n)/((S^- - S^*)/n)$ и $R_j \geq S_j/n, \forall j$.

То значи да се у другом пролазу компромисним програмирањем добије једна нова ранг-листа према мери Q_j . Ова ранг листа представља компромис између стратегија: максималне групне користи и минимума максималног одступања од идеалне вредности.

¹¹ Оприцовић С., Вишекритеријумска оптимизација, Научна књига, 1986, Београд.

Рангирањем Q_j одређују се позиције $q(a_j)$ на ранг листи за све алтернативе a_j , $j = 1, \dots, J$. Алтернатива a_j је вишекритеријумски боља од a_k , рангирано помоћу Q , ако је $Q_j < Q_k$ или $q(a_j) < q(a_k)$.

Позиција $q(a_j)$ на ранг-листи зависи од f_{ij} , f_i^* и f_i^- , $i = 1, \dots, n$. Вредности f_i^* и f_i^- , за више индексе i , су вредности критеријумских функција за најбољу и најлошију алтернативу, респективно.

Утицај ових алтернатива се може избећи само ако се понови компромисно рангирање без њих. Итеративни поступа се понавља док се не исцрпи цео скуп алтернатива.

Моделовање преферентне зависности критеријума обично укључује и тежине појединих критеријума. Ако су задате вредности тежина w_1, w_2, \dots, w_n , вишекритеријумско рангирање методом ИКОР врши се коришћењем мере S_j и R_j у следећој формули:¹²

$$S_j = \sum_{i=1}^n w_i \frac{(f_i^* - f_{ij})}{(f_i^* - f_i^-)} \quad R_j = \max_i w_i \frac{(f_i^* - f_{ij})}{(f_i^* - f_i^-)} \quad (5)$$

Вредности тежина треба да су нормализоване, тј. да је $\sum_{i=1}^n w_i = 1, (w_i \geq 0)$.

Метода ВИКОР омогућава да се задају и тежине стратегије одлучивања v_1 и v_2 ($v_2 = 1 - v_1$).

Коначна ранг-листа се одређује помоћу следеће формуле:

$$Q_j = v_1 \frac{(S_j - S^*)}{(S^- - S^*)} + v_2 \frac{(R_j - R^*)}{(R^- - R^*)} \quad (6)$$

Задаје се $v_1 > v_2$ када се жели дати предност задовољавању већине критеријума, не водећи рачуна да један од критеријума може бити потпуно незадовољан. Ако се не допушта потпуно незадовољење било ког критеријума, треба задати веће вредности v_2 .

¹² Оприцовић С., Вишекритеријумска оптимизација система у грађевинарству, Грађевински факултет, Београд, 1998, Београд.

Метода ВИКОР предлага као вишекритеријски најбољу ону варијанту (за усвојене вредности w_i) која је на првој позицији на компромисној ранг листи за $\nu = 0,5$ само ако има:

- "довољну предност" над варијантом са седеће позиције (услов U_1),
- "довољно стабилну" позицију с променом тежине ν (услов U_2).

За вредновање "предности" користи се разлика између мера Q_j за $\nu = 0,5$.

Варијанта V_1 има довољну предност пред следећом V_2 са ранг-листе ако је:

$$Q(V_1) - Q(V_2) \geq DQ, \quad (7)$$

где је DQ "праг предности"¹³ који се одређује у односу на теоријске вредности Q , $Q_{\max} - Q_{\min} = 1 - 0$, и број варијанти m :

$$DQ = \min\left(0,25; \frac{1}{m-1}\right)$$

Са 0,25 ограничен је праг за случајеве с малим бројем варијанти. Услов "довољне предности" омогућава да се доносиоцу одлуке прикажу све варијанте које су "блиске" у вишекритеријском смислу.

Не би било оправдано да се доносиоцу одлуке прикаже само варијанта с прве позиције на ранг-листе према мери Q и да се занемаре варијанте које имају њој "блиске" вредности мере Q . Прва варијанта на ранг-листе има "довољно стабилну" позицију ако испуњава бар један од следећих услова:

- има прву позицију на ранг листи према Q за $\nu = 0,25$ и $\nu = 0,75$,
- има прву позицију на ранг листи према QS ,
- има прву позицију на ранг листи према QR .

Ако прва варијанта са компромисне ранг-листе не испуњава оба услова U_1 и U_2 сматра се да она није довољно боља од варијанте са друге позиције. У таквим случајевима методом

ВИКОР формира се скуп компромисних решења у који улазе прва варијанта и варијанта иза ње. Ако прва варијанта не испуњава само услов U_2 онда у скуп компромисних решења улази само друга са компромисне листе. Међутим, ако не испуњава само услов U_1 тада скуп компромисних решења садржи варијанте са компромисне ранг листе V_1 и V_2, \dots, V_k за које је $Q(V_k) - Q(V_1) < DQ$.

¹³ Памучар Д., "Операциона истраживања, Детерминистичке методе и модели", РАБЕК, Европски центар за операциона истраживања, Београд, 2016.

Примена ВИКОР методе при избору муниције

Једно од кључних питања у савременом динамичном и променљивом окружењу које утиче на функционисање и опстанак било ког система је како донети исправну одлуку. Одлучивање представља избор између више могућих алтернатива (алтернативних решења) за разматрани проблем. Да би се одлучивање реализовало потпуно и квалитетно неопходно је да се изведе кроз следеће фазе: Идентификовање проблема, генерисање алтернатива и критеријума оптималности, оцена и избор, имплементација и контрола.¹⁴

Војске Србије у оперативну употребу усвојила је муницију калибра 5,56x45 mm са обичним зрном SS109 и 7,62x39 mm са обичним зрном M67, производње предузећа „Први партизан“ Ужице.

Разматра се пренаоружавање са метком 6,5x39 mm Grendel са обичним зрном, такође производње предузећа „Први партизан“ Ужице, који није усвојен у наоружање Војске Србије.

Одређивање алтернатива и критеријума за рангирање

Вишекритеријумском оптимизациом врши се избор најбољег метка за употребу у јединицама Војске Србије. Критеријум дефинише квалитет и представља меру за поређење приликом одабира најбоље алтернативе. Критеријум се изражава критеријумском функцијом која за најбољу варијанту треба да достигне глобални екстремум, с обзиром на ограничења која представљају могућност постизања циља.¹⁵ Приликом дефинисања критеријумских функција избор метка треба обухватити све релевантене чињенице система који се оптимизира.

Критеријуми су наведени на основу проучавања теорије гађања пешадијским наоружањем и личног искуства у професионалном бављењу наоружањем и опремом јединица пешадије. Прва четири критеријума су важне техничке карактеристике метка а остала три су логистичка:

1. маса метка (g),
2. почетна брзина (m/s),
3. кинетичка енергија на 400 m (J),
4. пречник слике погодака на 400 m (cm),
5. број пушака на употреби у наведеним калибрима у јединицама ВС (ком),
6. капацитет оквира (ком),
7. цена метка (дин).

¹⁴ Николић И., Боровић С., „Вишекритеријумска оптимизација, методе, примене у логистици, софтвер“, Центар војних школа Војске Југославије, Београд, 1996.

¹⁵ Николић И., Боровић С., „Вишекритеријумска оптимизација, методе, примене у логистици, софтвер“, Центар војних школа Војске Југославије, Београд, 1996.

Маса метка

Мерење маса извршено је на узорку од три метка од сваке врсте. Мерење масе извршено је на аналитичкој ваги произвођача „Mettler“ модел РМ 2000. Мерење масе зрна извршено је у циљу одређивања кинетичке енергије истог. Резултати измерених маса (средња вредност за три измерена метка) дати су у табели 1.

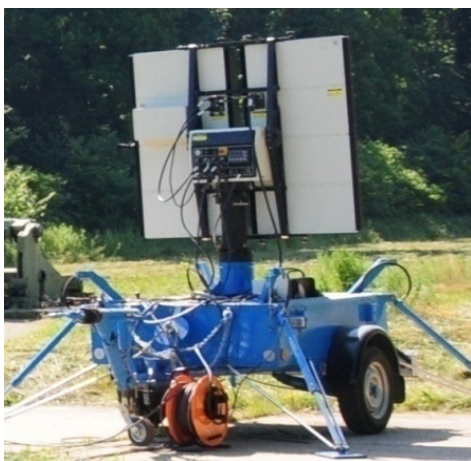
Табела 1 – Резултати провере маса

Р. бр.	Врста метка	Измерена величина		
		Маса зрна [g]	Маса барута [g]	Маса метка [g]
1.	Метак 5,56 mm SS109	4,05	1,68	12,22
2.	Метак 6,5 mm обично зрно	7,05	1,84	16,69
3.	Метак 7,62 mm обично зрно	8,0	1,67	17,30

Почетна брзина зрна

На опитним полигонима мери се брзина пројектила у било којој тачки која је ван домашаја дејства барутних гасова, али не много испред уста цеви (до 25 m). Затим се рачунским путем, не занемарујући силу отпора ваздуха, измерена брзина своди на уста цеви.¹⁶ Тако добијена величина усваја се као почетна брзина пројектила.

Мерење почетне брзине зрна на путањи и брзине зрна при провери тачности и прецизности извршено је балистичким доплер 3D радарима марке Weibel и EDH модел ED2605R. Доплер радари приказани су на сликама 1 и 2.



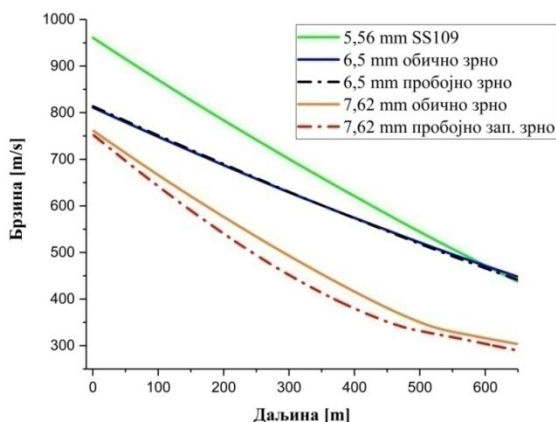
Сл. 1 – Балистички 3D доплер радар



Сл. 2 – Доплер радар EDH модел ED2605R

¹⁶ „Теорија гађања пешадијским наоружањем“, Генералштаб ЈНА – Управа пешадије, Београд, 1984.

На дијаграму 1 приказан је упоредни преглед брзина пројектила од V_0 до V_{600} .



Дијаграм 1 – Упоредни приказ брзина пројектила

У табели 2 су приказани резултати брзине пројектила на путањи.

Табела 2 – Резултати провере брзине на путањи пројектила

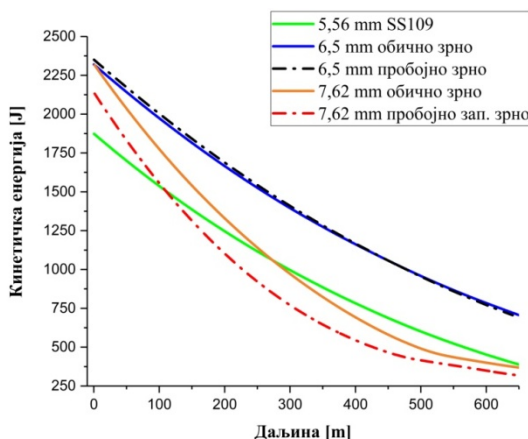
Р. бр.	Врста муниције	Даљина [m]		
		0	400	600
		Брзине [m/s]		
1.	Метак 5,56 mm SS109	960.7	620.9	471.7
2.	Метак 6,5 mm обично зрно	811.2	574.2	471.5
3.	Метак 7,62 mm обично зрно	760.8	416.1	316.2

Упоређујући резултате почетне брзине и брзине на путањи муниције са обичним зрном приказаних на дијаграму 1 и у табели 2 уочава се да метак 5,56 mm SS109 има највећу почетну брзину 960,7 m/s, иза њега следи метак 6,5 mm са почетном брзином од 811,2 m/s и на крају метак 7,62 mm са почетном брзином од 760,8 m/s.

Кинетичка енергија

Из физике је познато да свако тело које се креће располаже кинетичким енергијом E_k . Према томе, сваки ка циљу испашен пројектил носилац је кинетичке енергије, па је већ само стога у стању да изврши рад.

На дијаграму 2 приказан је упоредни преглед вредности кинетичке енергије пројектила за даљину до 600 m.



Дијаграм 2 – Упоредни приказ кинетичких енергија пројектила

Табела 3 – Резултати кинетичке енергије на путањи пројектила

Р. бр.	Врста муниције	Даљина [m]		
		0	400	600
		Величина кинетичке енергије [J]		
1.	Метак 5,56 mm SS109	1873.75	782.67	451.80
2.	Метак 6,5 mm обично зрно	2319.87	1162.12	783.61
3.	Метак 7,62 mm обично зрно	2315.49	692.58	400.11

Упоредњујући резултате кинетичке енергије муниције са обичним зрном на даљини гађања од 400 m, приказаних на дијаграму 2 и у табели 3 уочава се да муниција у калибру 6,5 mm има највећу кинетичку енергију, затим следи муниција у калибру 5,56 mm SS109. Најмању кинетичку енергију има метак 7,62 mm.

Пречник слике погодака

Провера прецизности пројектила при проласку кроз препреку са обичним зрном извршена је на препреци формираној од вертикално постављених синтетичких канала пречника 5 mm са размаком од 3 mm. Препрека је постављена на метални рам димензија 2x2 m. Испред рама на растојању од 1 m постављена је прва папирната мета за проверу почетне прецизности. Иза рама на растојању од 10 m постављена је друга папирната мета за проверу прецизности после проласка пројектила кроз препреку. Друга папирната мета је постављана на растојањима од 100 до 600 m од ватреног положаја на сваких 100 m. Изглед рама, прве и друге мете приказан је на слици 3.



Слика 3 – Изглед рама и мета за проверу прецизности при проласку пројектила кроз препреку (с десна на лево: папирна мета бр. I, рам са препреком, мета бр. II)

Упоредјујући резултате провере прецизности муниције са обичним зрном приказаних у табели 4 уочава се да је метак 6,5 mm постигао најбољи резултат прецизности јер има најмањи пречник слике погодака од 4,4 cm до 37,4 cm на свим даљинама, иза њега следи метак 5,56 mm SS 109 са пречником слике погодака од 6,7 cm до 62,3 cm и на крају следи метак 7,62 mm са обичним зрном јер има највећи пречник слике погодака од 8,4 cm до 61,7 cm на свим даљинама.

Табела 4 – Резултати провере прецизности из опитних цеву

Р. бр.	Муниција	Пречник слике погодака D [cm]		
		100 m	400 m	600 m
1.	Метак 5,56 mm SS109	6,7	31,9	62,3
2.	Метак 6,5 mm обично зрно	4,4	17,0	37,4
3.	Метак 7,62 mm обично зрно	8,4	44,0	61,7

Број пушака на употреби у наведеним калибрима у јединицама Војске Србије

У табели 5 су наведене оквирне количина аутоматских пушака у разматраним калибрима на употреби у јединицама Војске Србије (ВС) на основу података до којих се могло доћи из литературе и на основу бројног стања активног и резервног састава војске. Наведене количине се морају узети са резервом због осетљивости података.

Табела 5 – Број пушака на употреби у ВС

Р. бр.	Муниција	Број пушака
1.	Метак 5,56 mm SS109	7500
2.	Метак 6,5 mm обично зрно	10
3.	Метак 7,62 mm обично зрно	100000

На основу резултата из табели 5 у наоружању ВС највише има аутоматских пушака (АП) у калибру 7,62 mm, затим 5,56 mm а најмање у калибру 6,5 mm. Овакав резултат је и разумљив с обзиром да је АП М70 7,62 mm најдуже у употреби у ВС а да калибар 6,5 mm још није ни усвојен у употребу.

Капацитет оквира

Повећање ватрене моћи стрелца је био основни императив и покретач развоја стрељачког наоружања. Увођење у употребу кратког пушчаног метка резултовало је појавом оквира у које може да се смести већа количина муниције а самим тим и повећа борбени комплет пушке. Повећањем борбеног комплекта стрелац је повећао своју ватрену моћ на бојишту.

Стандард за савремене аутоматске пушке су оквири од 30 метака (првенствено за калибре 5,56 mm и 7,62 mm) мада постоје пушке и са већим а и мањим оквирима од поменутих. У табели 6 су приказани капацитети оквира.

Табела 6 – Капацитети оквира

Р. бр.	Муниција	Број метака у оквиру
1.	Метак 5,56 mm SS109	30
2.	Метак 6,5 mm обично зрно	20
3.	Метак 7,62 mm обично зрно	30

Цена метка

На основу података који се могу наћи на сајту фабрике муниције „Први партизан“ Ужице, у табели 7 су наведене цене метка изражене у динарима Републике Србије. Наведене цене се морају узети са резервом имајући у виду улогу војске као повлашћеног купца.

Табела 7 – Цена метка¹⁷

Р. бр.	Муниција	Цена метка (дин.)
1.	Метак 5,56 mm SS109	45
2.	Метак 6,5 mm обично зрно	50
3.	Метак 7,62 mm обично зрно	36

¹⁷ <http://www.prvipartizan.com/sr/blank.php>, приступљено 20.03.2019.

Рангирање алтернатива

У табели 8 формирана је матрица одлучивања са три алтернативе (калибри 5,56 mm, 6,5 mm и 7,62 mm) које су упоређиване са критеријумима. Тежине коефицијената критеријума (пондери) одређене су експертским одлучивањем.

Табела 8 – Почетна матрица одлучивања са тежинама критеријума

	маса метка (g)	почетна брзина (m/s)	кинетичка енергија на 400 m (J)	пречник слике погодака на 400 m (cm)	број пушака на употреби у наведеним калибрима у јединицама ВС (ком.)	капацитет оквира (ком.)	цена метка (дин.)
	min	max	max	min	max	max	min
5,56 x 45 mm	12,22	960	783	32	7500	30	45
6,5 x 39 mm	16,69	811	1162	17	10	20	50
7,62 x 39 mm	17,3	760	693	44	100000	30	36
пондери	4	5	7	5	6	2	3

Применом израза (2) и L_1 норме¹⁸ за нормализацију тежина извршена је нормализација почетне матрице одлучивања, табела 9.

Табела 9 – Нормализована табела одлучивања

	маса метка (g)	почетна брзина (m/s)	кинетичка енергија на 400 m (J)	пречник слике погодака на 400 m (cm)	број пушака на употреби у наведеним калибрима у јединицама ВС (ком.)	капацитет оквира (ком.)	цена метка (дин.)
	min	max	max	max	max	max	max
5,56 x 45 mm	1	1	0,1919	0,4444	0,0749	1	0,3571
6,5 x 39 mm	0,1201	0,255	1	1	0	0	0
7,62 x 39 mm	0	0	0	0	1	1	1
пондери	0,125	0,15625	0,21875	0,15625	0,1875	0,0625	0,09375

¹⁸ Оприцовић С., "Вишекритеријумска оптимизација система у грађевинарству", Грађевински факултет, Београд, Београд, 1998.

Када је табела одлучивања нормализована и сведена на исти тип екстремизације потребно је сваку вредност критеријума помножити са одговарајућом тежином чиме се формира отежање нормализоване матрице. Применом израза (1), (3) и (4) добија се очекивана корист и песимистичко решење, табела 10. На основу оптимистичког и песимистичког решења применом израза (6) прорачунавамо вредности Q (компромис између просечно доброг решења и слабих страна решења), табела 10.

Табела 10 – Тежински нормализована табела одлучивања са компромисним вредностима

	маса метка (g)	почетна брзина (m/s)	кинетичка енергија на 400 m (J)	пречник слике погодака на 400 m (cm)	број пушака на употреби у наведеним калибрима у јединицама ВС (ком.)	капацитет оквира (ком.)	цена метка (дин.)			
	min	max	max	max	max	max	max	Sj	Rj	Q
5,56 x 45 mm	0,125	0,1562	0,0419	0,0694	0,0141	0,0625	0,0334	0,503	0,014	1
6,5 x 39 mm	0,0150	0,0398	0,2187	0,1562	0	0	0	0,430	0	0,311
7,62 x 39 mm	0	0	0	0	0,1875	0,0625	0,0937	0,344	0	0

Испитивање довољне предности и довољно чврсте позиције:

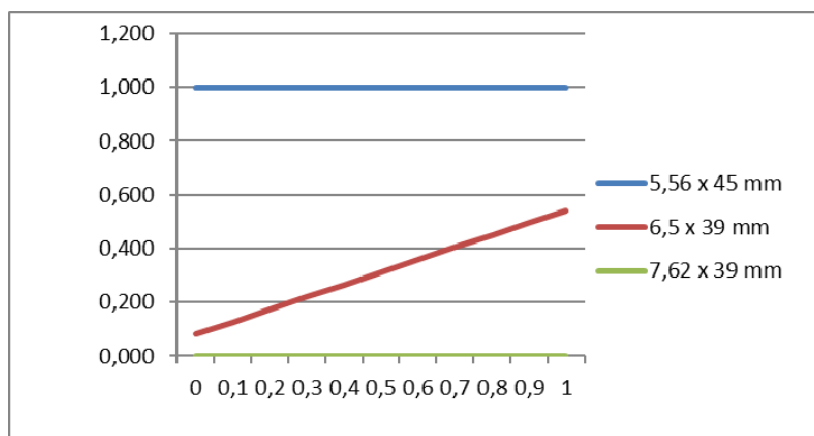
Прва алтернатива, према изразу (7), има довољну предност у односу на другу алтернативу за $v = 0,5$ јер је $Q_1 - Q_2 = 1 - 0,311 = 0,689 \geq DQ = 0,5$.

Према Серафиму Оприцовићу, ако алтернатива 1 има довољну предност у односу на алтернативу 2, променом вредности v проверава се да ли има и довољно чврсту позицију.

У табели 11, приказани су резултати у зависности од промене v .

Табела 11 – Испитивање довољне чврсте позиције

v	0	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1
5,56 x 45 mm	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
6,5 x 39 mm	0,081	0,127	0,173	0,219	0,265	0,311	0,357	0,404	0,450	0,496	0,542
7,62 x 39 mm	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000



Дијаграм 3 – Зависност алтернатива од параметра V

На основу табеле 11 и дијаграма 3 закључује се да алтернатива 1, калибар 5,56 x 45 mm има довољну предност а и довољно чврсту позицију у односу на алтернативу 2, калибар 6,5 x 39 mm који се разматра као калибар за будућност у наоружању Војске Србије.

На основу добијених резултата можемо закључити да је алтернатива 1 прво-рангирана, односно да је ранг следећи: A1→A2→A3.

Сценарији рангирања

Како би се проверило да ли је A1 заиста оптимално решење, извршена је упоредна анализа претходно добијених резултат са резултатима добијеним кроз три сценарија тако што је вршена промена вредности тежине коефицијената критеријума (пондера). Примењене математичке операције су идентичне као у претходном рангирању.

Сценарио 1: Сви критеријуми су подједнако важни

У сценарију 1 тежине коефицијената су исте за свих седам критеријума, тј. сви су подједнаке важности. Почетна матрица одлучивања приказана је у табели 12.

Табела 12 – Почетна матрица одлучивања са тежинама критеријума

	маса метка (g)	почетна брзина (m/s)	кинетичка енергија на 400 m (J)	пречник слике погодака на 400 m (cm)	број пушака на употреби у наведеним калибрима у јединицама ВС (ком.)	капацитет оквира (ком.)	цена метка (дин.)
	min	max	max	min	max	max	min
5,56 x 45 mm	12,22	960	783	32	7500	30	45
6,5 x 39 mm	16,69	811	1162	17	10	20	50
7,62 x 39 mm	17,3	760	693	44	100000	30	36
пондери	1	1	1	1	1	1	1

Вредности Q дате су у табели 13.

Табела 13 – Тежински нормализована табела одлучивања са компромисним вредностима

	маса метка (g)	почетна брзина (m/s)	кинетичка енергија на 400 m (J)	пречник слике погодака на 400 m (cm)	број пушака на употреби у наведеним калибрима у јединицама ВС (ком.)	капацитет оквира (ком.)	цена метка (дин.)	Sj	Rj	Q
	min	max	max	max	max	max	max			
5,56 x 45 mm	0,143	0,143	0,027	0,063	0,011	0,143	0,051	0,581	0,011	1
6,5 x 39 mm	0,017	0,036	0,143	0,143	0,000	0,000	0,000	0,339	0	0
7,62 x 39 mm	0,000	0,000	0,000	0,000	0,143	0,143	0,143	0,429	0	0,246

Испитивање довољне предности и довољно чврсте позиције:

Прва алтернатива, према изразу (7), има довољну предност у односу на трећу алтернативу за $v = 0,5$ јер је $Q_1 - Q_3 = 1 - 0,246 = 0,754 \geq DQ = 0,5$.

Пошто алтернатива 1 има довољну предност у односу на алтернативу 3, променом вредности v проверава се да ли има и довољно чврсту позицију.

У табели 14, приказани су резултати у зависности од промене v .

Табела 14 – Испитивање довољне чврсте позиције

v	0	0,1	0,5	0,7	1
5,56 x 45 mm	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
6,5 x 39 mm	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
7,62 x 39 mm	0,122	0,147	0,246	0,295	0,369

Из табеле 14 се закључује да алтернатива 1, калибар 5,56 x 45 mm има довољну предност а и довољно чврсту позицију у односу на алтернативу 3, калибар 7,62 x 39 mm.

На основу добијених резултата можемо закључити да је алтернатива 1 прворангирана, односно да је ранг у случају сценарија 1 следећи: $A1 \rightarrow A3 \rightarrow A2$.

Сценарио 2: Логистички критеријум битнији у односу на технички

У сценарију 2 тежински коефицијенти који се односе на логистику имају предност у односу на техничке карактеристике метка. Почетна матрица одлучивања приказана је у табели 15.

Табела 15 – Почетна матрица одлучивања са тежинама критеријума

	маса метка (g)	почетна брзина (m/s)	кинетичка енергија на 400 m (J)	пречник слике погодака на 400 m (cm)	број пушака на употреби у наведеним калибрима у јединицама ВС (ком.)	капацитет оквира (ком.)	цена метка (дин.)
	min	max	max	min	max	max	min
5,56 x 45 mm	12,22	960	783	32	7500	30	45
6,5 x 39 mm	16,69	811	1162	17	10	20	50
7,62 x 39 mm	17,3	760	693	44	100000	30	36
пондери	1	1	1	1	6	6	6

Вредности Q дате су у табели 16.

Табела 16 – Тежински нормализована табела одлучивања са компромисним вредностима

	маса метка (g)	почетна брзина (m/s)	кинетичка енергија на 400 m (J)	пречник слике погодака на 400 m (cm)	број пушака на употреби у наведеним калибрима у јединицама ВС (ком.)	капацитет оквира (ком.)	цена метка (дин.)			
	min	max	max	max	max	max	max	Sj	Rj	Q
5,56 x 45 mm	0,045	0,045	0,009	0,020	0,020	0,273	0,097	0,510	0,009	0,783
6,5 x 39 mm	0,005	0,012	0,045	0,045	0,000	0,000	0,000	0,108	0	0
7,62 x 39 mm	0,000	0,000	0,000	0,000	0,273	0,273	0,273	0,818	0	0,948

Испитивање довољне предности и довољно чврсте позиције:

Трећа алтернатива, према изразу (7), нема довољну предност у односу на прву алтернативу за $v = 0,5$ јер је $Q_3 - Q_1 = 0,948 - 0,783 = 0,165 \leq DQ = 0,5$.

Ако алтернатива А3 нема довољну предност у односу на А1, доносиоцу одлуке ће у случају сценарија 2 бити предложена оба решења.¹⁹

¹⁹ Оприцовић С., "Вишекритеријумска оптимизација система у грађевинарству", Грађевински факултет, Београд, Београд, 1998.

Сценарио 3: Техничке карактеристике битнији у односу на логистички критеријум

У сценарију 3 тежински коефицијенти који се односе на на техничке карактеристике метка имају предност у односу логистику. Почетна матрица одлучивања приказана је у табели 17.

Табела 17 – Почетна матрица одлучивања са тежинама критеријума

	маса метка (g)	почетна брзина (m/s)	кинетичка енергија на 400 m (J)	пречник слике погодака на 400 m (cm)	број пушака на употреби у наведеним калибрима у јединицама ВС (ком.)	капацитет оквира (ком.)	цена метка (дин.)
	min	max	max	min	max	max	min
5,56 x 45 mm	12,22	960	783	32	7500	30	45
6,5 x 39 mm	16,69	811	1162	17	10	20	50
7,62 x 39 mm	17,3	760	693	44	100000	30	36
пондери	6	6	6	6	1	1	1

Вредности Q дате су у табели 18.

Табела 18 – Тежински нормализована табела одлучивања са компромисним вредностима

	маса метка (g)	почетна брзина (m/s)	кинетичка енергија на 400 m (J)	пречник слике погодака на 400 m (cm)	број пушака на употреби у наведеним калибрима у јединицама ВС (ком.)	капацитет оквира (ком.)	цена метка (дин.)			
	min	max	max	max	max	max	max	Sj	Rj	Q
5,56 x 45 mm	0,222	0,222	0,043	0,099	0,003	0,037	0,013	0,639	0,003	0,727
6,5 x 39 mm	0,027	0,057	0,222	0,222	0,000	0,000	0,000	0,528	0	0,895
7,62 x 39 mm	0,000	0,000	0,000	0,000	0,037	0,037	0,037	0,111	0	0,000

Испитивање довољне предности и довољно чврсте позиције:

Друга алтернатива, према изразу (7), нема довољну предност у односу на прву алтернативу за $v = 0,5$ јер је $Q_2 - Q_1 = 0,895 - 0,727 = 0,168 \leq DQ = 0,5$.

Ако алтернатива А2 нема довољну предност у односу на А1, доносиоцу одлуке ће у случају сценарија 3 бити предложена оба решења.²⁰

Анализа резултата

Поређење резултата добијених приликом промена вредности тежина стратегије -v у сценаријима 1,2 и 3, приказани су у табели 18:

Табела 18 – Поређење резултата

Алтернативе	Сц.1	Сц.2	Сц.3	Ранг
A ₁	1	2	2	1
A ₂	3	3	1	3
A ₃	2	1	3	2

На основу табеле 18, уочава се да је алтернатива 1 (калибар 5,56 mm) задржала прво место на ранг листи а да су алтернативе 2 и 3 промениле места у односу на почетно рангирање где су експерти одређивали вредности тежинских коефицијената.

Закључак

Промена калибра захтева промену оружја, нову опрему, обуку, као и низ других процедуралних радњи и поступака који подразумевају потпун и ефикасан процес увођења оружја у оперативну употребу. Кад год је могуће треба настојати да развој муниције не подразумева нужно и промену калибра. У том смислу се првенствено тежи ка усавршавању муниције у постојећем калибру.

Научна заснованост спроведеног поступка одлучивања, применом ИКОР методе код избора најоптималнијег калибра за потребе Војске Србије, у знатној мери смањује ризик од нежељених последица лошег избора тј. лоше одлуке. Традиционално доношење одлука са једним критеријумом више није могуће.

На основу добијених резултата може се закључити да је задржавање калибра 5,56 mm у наоружању Војске Србије тренутно најбоље решење. Наведени калибар доминира у већини критеријумима и као такав претставља најбољи избор.

²⁰ Оприцовић С., "Вишекритеријумска оптимизација система у грађевинарству", Грађевински факултет, Београд, Београд, 1998.

Прихватањем предложеног решења, доносиоц одлуке избегава субјективност у одлучивању, а своју одлуку појачава снагом аргументације заснованог на примени ИКОР методе.

У раду је претстављен један од приступа, заснованог на примени ИКОР методе, којим се управо та неизвесност и непредвидљивост приликом одлучивања смањује на минимум при чему се омогућава правилан и објективан избор између понуђених алтернатива.

Будућа истраживања из ове области биће усмерена на примени других метода или ИКОР методе са другим методама вишекритеријумског одлучивања како би се умањили недостаци примењене методе, а са циљем постизања што реалнијег и ефикаснијег модела одлучивања.

Литература

[1] Ali Shemshadi, Hossein Shirazi, Mehran Toreihi, M.J. Tarokh, "A fuzzy VIKOR method for supplier selection based on entropy measure for objective weighting", An International Journal - Expert Systems with Applications, 2011.

[2] Богданов Ј., "Познавање убојних средстава – први део", Медија центар Одбрана, Београд, 2015.

[3] Бартон В. Дин, "Операциона истраживања у истраживањима и развоју", Савремена администрација, Београд, 1973.

[4] J. R. San Cristóbal, "Multi-criteria decision-making in the selection of a renewable energy project in Spain: The VIKOR method", The Official Journal of WREN – The World Renewable Energy Network, 2010.

[5] Косијер М., Ивић М., Марковић М., Белошевић И., "Вишекритеријско одлучивање у планирању и пројектирању трасе жељезничке пруге", Часопис Грађевинар. Загреб, 2012.

[6] Николић И., Боровић С., "Вишекритеријумска оптимизација, методе, примене у логистици, софтвер", Центар војних школа Војске Југославије, Београд, 1996.

[7] Оприцовић С., "Вишекритеријумска оптимизација", Научна књига, Београд, 1986.

[8] Оприцовић С., "Вишекритеријумска оптимизација система у грађевинарству", Грађевински факултет, Београд, Београд, 1998.

[9] Памучар Д., "Операциона истраживања, Детерминистичке методе и модели", РАБЕК, Европски центар за операциона истраживања, Београд, 2016.

[10] "Теорија гађања пешадијским наоружањем", Генералштаб ЈНА – Управа пешадије, Београд, 1984.

[11] Чупић М., Тумала Р., Сукновић М., "Одлучивање: формални приступ", Факултет организационих наука, Београд, 2001.

[12] Чупић М., Сукновић М., "Одлучивање", Факултет организационих наука, Београд, 2010.

Интернет странице:

[13] <http://www.dupuyinstitute.org/blog/tag/operations-research-office-oro/> приступљено 04.03.2019.

[14] <http://www.prvipartizan.com/sr/blank.php>, приступљено 20.03.2019.

[15] <http://www.kalibar.rs/code/navigate.php?Id=108&editionId=26&articleId=104>, приступљено 02.04.2019.

[16] <http://oruzjeonline.com/2018/09/16/srpska-puska-m17-grendel/>, приступљено 02.04.2019