

ПРИМЕНА МЕНАЏМЕНТА РИЗИКОМ У РЕАЛИЗАЦИЈИ НАСТАВНО-ОБРАЗОВНОГ ПРОЦЕСА У ВОЈНОЈ АКАДЕМИЈИ

Ненад В. Ковачевић

Универзитет одбране у Београду, Војна академија

Никола И. Ђорђевић

Војска Србије, 204. ваздухопловна бригада, Београд

Митар П. Ковач

Универзитет „Едуконс“, Факултет за пројектни и иновациони менаџмент, Београд

У раду је представљен приступ примени менаџмента ризиком за потребе реализације наставе у Војној академији. Приказана је анализа ризика за временски период од почетка 2014. закључно са крајем 2017. године, са аспекта повређивања кадета Војне академије приликом реализације садржаја наставно-образовног процеса. Приликом обраде података и решавања проблема коришћене су методе вишекритеријумске анализе. Добијени резултати указују на временски период у којем је ризик од повређивања кадета приликом реализације наставе био највећи, односно резултати омогућују подизање квалитета третирања ризика, у крајњем омогућују одабир адекватних превентивних мера за безбедан и здрав рад.

Кључне речи: *менаџмент ризиком, наставно-образовни процес, вишекритеријумска анализа*

Увод

Војна академија (у даљем тексту ВА) Универзитета одбране је једна од научно-образовних институција са најдужом традицијом постојања у Републици Србији. Почети ВА се везују за 18. март 1850. године¹ и оснивање *Мале артилеријске школе* чији је први управитељ био генерал Александер Франтишек Зах (у српском народу познатији као Фрања Зах). Војна академија данас представља модерну високошколску установу у којој су развијени сви нивои школовања, али и каријерног усавршавања за различите категорије лица, и то: студенте, слушаоце, кадете, ученике, професионална војна лица и друштвено-политичке раднике.

¹ Наведени датум се у Министарству одбране и Војсци Србије обележава као војни празник – Дан Војне академије.

Кадетска бригада је најмасовнија, а свакако и најпознатија целина (јединица) ВА, која је превасходно намењена војнотручној обуци кадета ВА. Како се кадети током школовања у ВА оспособљавају за почетне официрске дужности (свих родова и служби, односно профила) у Војсци Србије (у даљем тексту ВС) и Министарству одбране (у даљем тексту МО) изложени су различитим опасностима од повређивања при реализацији садржаја наставно-образовног процеса. Овде је битно истаћи да су поред кадета и остали учесници наставно-образовног процеса у ВА (наставници, командни кадар) такође изложени одређеним опасностима од повређивања, али за потребе овог рада фокусираћемо се само на кадете ВА.

Менаџмент ризиком је једна од најмодернијих специјализованих менаџмент дисциплина. Почеци ове дисциплине се везују за крај 60-их година прошлог века и њено појављивање у оквиру планирања као једне од процесних функција стратегијског менаџмента, који се заправо као дисциплина развио управо из стратегијског планирања. У почетку се сегменти менаџмента ризиком користе као једна од техника предвиђања и то искључиво у комерцијалне сврхе. Међутим временом овај концепт менаџмента заузима своје место и у процесу доношења војних одлука. Менаџмент ризиком је заправо процес који инкорпорира следеће фазе: (1) анализа ризика; (2) процена ризика и (3) поступање са ризиком.

За потребе овог рада применили смо један од приступа менаџмента ризиком, у контексту анализе ризика, односно процене ризика – квантификације и рангирања ризика у реализацији наставно-образовног процеса у ВА. Наиме, урађена је анализа ризика од повређивања кадета ВА за период од 01.01.2014. године до 31.12.2017. године применом метода вишекритеријумске анализе (вишеатрибутивног одлучивања). За анализу су коришћене следеће методе вишекритеријумске анализе: Multi-Attributive Border Approximation area Comparison (у даљем тексту MABAC), Simple Additive Weighting (у даљем тексту SAW) и Technique for Order of Preference by Similarity to Ideal Solution (у даљем тексту TOPSIS). Као предпроцесор методу, односно као методу за одређивање вредности вектора тежинских коефицијената користили смо методу Analytic Hierarchical Process (у даљем тексту АНП).

Потом је урађена вишеслојна компаративна анализа свих добијених резултата кроз „анализу осетљивости“, а све у циљу добијања „стабилнијег решења“ које нам приказује која је година била са највећим ризиком у погледу повређивања кадета са аспекта тежине и врсте повреда. Добијени резултати имају вишеструк значај и намену, према следећем: (1) чине основу предвиђања даљег тренда повређивања кадета; (2) представљају базу за процену ризика од повређивања током наставно-образовног процеса у ВА и (3) имају могућност даље обраде у односу на различите критеријуме, атрибуте и методе.

Рад се састоји из четири питања која свеобухватно презентују један приступ примени менаџмента ризиком за потребе унапређења реализације наставно-образовног процеса у ВА са аспекта подизања нивоа безбедности и здравља свих учесника у овом процесу. У првом питању тежиште је дато на појмовном објашњењу менаџмента ризиком, односно дата је анализа менаџмента ризиком као једне од дисциплина менаџмента са аспекта примене у војном и цивилном сектору друштва. Вишекритеријумско и вишеатрибутивно одлучивање (у даљем тексту ВАО) су објашњени у другом питању. Примена одређених метода ВАО са разрадом сценарија

за вредности вектора тежинских коефицијената добијених применом АНР методе обрађено у трећем питању. Анализа осетљивости добијених резултата са становишта конзистентности решења услед промене вредности вектора тежинских коефицијената, промене врсте нормализације вредности почетне матрице одлучивања и промене типа функције критеријума презентовано је у четвртном питању.

Менаџмент ризиком као специјализована менаџмент дисциплина

Када посматрамо менаџмент у научном контексту треба запазити да се ради о веома прогресивној науци која перманентно добија нове специјализоване научне дисциплине. У савременом менаџменту издваја се неколико дисциплина, и то: (1) стратегијски менаџмент, (2) пројектни менаџмент, (3) управљање променама, (4) управљање знањем, (5) управљање иновацијама, (6) управљање ризиком (*risk management*), (7) *total quality management*, (8) управљање иновацијама и (9) организација која учи. Заједнички именитељ за све наведене дисциплине јесу функције (подпроцеси) менаџмента, који се обликују у складу са организацијом, односно спецификумом окружења у којем се одређена дисциплина остварује, али у начелу ради се о: (1) планирању-предвиђању, (2) организовању, (3) кадрованоу, (4) вођењу и (5) контроли.²

Временска одредница за настанак модерног менаџмента је 1990. година и овај период у еволуцији менаџмента и данас је актуелан. У теорији менаџмента овај период се назива и „*управљање у Новом друштву*“ према књизи истоименог назива од једног од најпознатијих теоретичара менаџмента, али и теорије организације, Питера Ф. Дракера. Карактеристика овог периода је на развијању нових приступа и концепата у менаџменту. Менаџмент ризиком представља један од нових приступа у модерном менаџменту чији убрзани развој и свестрана примена траје и данас.

Синтагма „управљање ризиком“ или „менаџмент ризиком“, нема једну, универзалну и опште прихваћену дефиницију, првенствено због чињенице да је ризик мултидисциплинаран појам чије значење није исто у свим сферама људске делатности. Међутим основа управљања ризиком налази се у перманентној људској потреби да трага за методама, техника, средствима и алатима како би се постојећих ризик смањило на ниво „прихватљивог“, односно на ниво ризика чије постојање не угрожава реализацију активности у оквиру одређеног процеса. Менаџмент ризиком заправо представља парадигму³ савременог друштва за управљање са неизвесношћу реализације одређеног процеса, односно са предвиђањем резултата, али и тежине последица настанка нежељених (ризичних) догађаја.

Различита промишљања о управљању ризиком заправо леже у различитом тумачењу ризика који се објашњава многобројним аспектима његове појаве и неадекватним коришћењем у реалној економској и безбедносној пракси и управљању. Ризик, као појава, садржи одређене елементе који одређују његову суштину: (1) из-

² Јовановић, П., *Менаџмент-теорија и пракса*, Факултет организационих наука, Београд, 2005.

³ грч. *paradigma* – пример за углед, образац, узорак, узор.

бор алтернатива; (2) могућност одступања од захтеваног циља ради којег је вршен избор алтернативе; (3) вероватноћа постизања жељеног циља (резултата); (4) непостојање уверења у достизање постављеног циља; и (5) могућност материјалних, људских, еколошких и других губитака, повезаних са реализацијом изабране алтернативе у условима неизвесности.⁴

Може се рећи да ризик подразумева две основне компоненте: (1) нежељени губитак или последицу и (2) неизвесност у одигравању последица. Следствено томе ризик дефинишемо као могућност реализације нежељене последице неког догађаја. Узрочни догађај може бити једноставан или нека комбинација већег броја резултата. Последице могу имати утицаја на појединца, групу, посао, институцију или на друштво као целину. Међутим како последице јединствено зависе од одигравања резултата, ризик можемо проценити, а последично и управљати њиме, додељивањем вероватноће одигравања тих резултата.⁵

Доносилац одлуке (у даљем тексту ДО) треба систематски истраживати све факторе који утичу на резултате при додели вероватноћа. У већини реалних проблема ти фактори подразумевају неизвесност, те се требају третирати као случајне променљиве којима треба додељивати расподеле вероватноћа. Те вероватноће ће описати ризике и обезбедиће ефективан алат за евалуацију процеса. Наведена целокупна анализа се уобичајено *анализом ризика* и повезана је са нежељеним резултатима и последицама. Анализа ризика пружа логички оквир који му омогућава избор најбоље акције.⁶

Процес идентификовања, квантификације, рангирања и смањења ризика и мониторинга и вредновања ризика назива се управљање ризиком, овај процес заправо се састоји из три дела: (1) анализа ризика (*risk analysis*); (2) процена ризика (*risk assessment*) и (3) поступање са ризиком (*risk treatment*). Процена ризика инкорпорира следеће активности: (а) квантификација или вредновање ризика (*risk evaluation*); (б) рангирање ризика; (в) одређивање мера за смањење „неприхватљиво“ ризика, док поступање са ризиком обухвата: (а) примену мера за смањење „неприхватљиво“ ризика; (б) мониторинг примене мера; (в) квантификација ризика након примене мера за смањење „неприхватљиво“ ризика и (г) поступање са преосталим ризиком (*risk residual*).

Управљање ризиком обухвата процес идентификације ризика, анализе ризика и планирање реакције. Под овим се подразумева и израда плана управљања ризиком, квантификација ризика, рангирање ризика, развој стратегије и плана превентивних и реактивних акција, као и контрола извођења превиђених акција.⁷

У војноорганизационим системима примена менаџмента ризиком примарно се огледа у процесу доношења војних одлука превасходно са аспекта идентификовања опасности и контроле ризика приликом ангажовања јединица за потребе реализације додељених мисија и задатака. Активности, задаци и мисије Војске захтевају од команданта да преузме разумне ризике и да делује одлучно. Команда је дужна:

⁴ Савић, С., Станковић М., *Теорија система и ризика*, Академска мисао, Београд, 2012, стр. 269.

⁵ Чупић, М., Сукновић, М., *Одлучивање*, Факултет организационих наука, Београд, 2010, стр. 129.

⁶ Hertz, D., B., *Risk Analysis in Capital Investment*, Harvard Business Review, Vol. 46., 1968.

⁷ Петровић, Д., и други, *Менаџмент и организација*, Факултет организационих наука, Београд, 2011, стр. 467.

(1) да идентификује ризике, (2) донесе одлуку како третирати ризике, (3) који су ефекти прихваћеног ризика, (4) како успоставити мониторинг и контролу третмана ризика и (5) да предочи команданту последице прихватања ризика и доношења најцелисходније одлуке.

„Управљање ризиком представља процес идентификације проблема, захтева за информацијама, дефинисање акција везаних за одређивање оцену, избор, имплементацију, праћење и модификацију активности преузетих да редукују ризик на прихватљив ниво. Управљање ризиком одвија се кроз пет корака: (1) идентификовање опасности; (2) процена опасности; (3) развој контроле ризика и доношење одлуке; (4) имплементација контроле спровођења одлуке и (5) мониторинг и вредновање. Кораци 1 и 2 су „процена ризика“, а кораци од 3 до 5 су управљачке функције.“⁸

У ВС менаџмент ризиком са становишта примене у процесу доношења војних одлука имплементиран је кроз Упутство за оперативно планирање и рад команди у ВС (у даљем тексту Упутство), и то у 7. кораку, 2. фазе модела процеса оперативног планирања, где у тачкама од 343 до 345. стоји: „Основни принципи који обезбеђују основу за спровођење процеса управљања ризиком су:

– Интегрисање управљања ризиком у планирање, припрему и извршење мисије—штаб—команда непрестано идентификује опасности и процењује ризике, развија мере за контролу ризика, одређује ниво преосталог ризика ради вредновања варијанти употребе и интегрише контролне мере у штабне процене, ОПЛАН, ОПНАР и мисију.

– Доношење одлука о ризику на одговарајућем нивоу командовања – командант у својим смерницама наводи смернице за ризике, у којима дефинише колики ризик је спреман да прихвати или додели. Потчињени команданти траже одобрење претпостављеног за прихватање ризика који могу да угрозе идеју претпостављеног команданта.

– Прихватање непотребног ризика – команданти прихватају ризике само ако њихове користи превазилазе могуће губитке. Команданти одлучују да ли ће прихватити преостали ризик да би извршили мисију.“⁹

„Прихватање ризика обухвата идентификовање и процену претњи, разматрање ризика, одређивање индикатора и праћење и вредновање. Идентификују се све претње по снаге и испуњење мисије за тренутну и будуће ситуације. Свака идентификована претња се процењује како би се утврдили могући губици засновани на вероватноћи и озбиљности претње. За сваку претњу се развија једна или више могућности које ће уклонити или умањити ризик претње. Одређују се потребне информације које ће обезбедити назнаке да ризик више није прихватљив. Током извршења мисије прати се статус индикатора и, по потреби, се примењују додатне могућности. Након операције, вреднује се делотворност сваке могућности за уклањање или умањење ризика. За могућности које нису биле делотворне се одређује узрок, и шта је неопходно урадити када се следећи пут идентификује претња.“¹⁰

⁸ FM 5-19, Headquarters Department of Army, Washington, 2006, pp. 3.

⁹ Упутство за оперативно планирање и рад команди у Војсци Србије (привремено), ГШ ВС, Београд, 2017, стр. 84.

¹⁰ Исто.

Из наведеног видимо да је менаџмент ризиком у процесу доношења војних одлука у ВС додирнут само у сегментима, превасходно јер се није посветила пажња процени ризика, односно није објашњена процедура процене ризика која је есенцијална за менаџмент ризиком. Наиме, у Упутству је кроз тачку 346., дат само табеларни приказ матрице, као једног генеричког модела на основу којег би требало извршити квантификацију и рангирање ризика и његову даљу имплементацију у процес доношења одлуке.

Процена ризика представља систематски процес који описује природу, веродостојност и интензитет ризика везаног за ситуацију, акцију или загађују материју или догађај који укључује присуство неодређености. Може бити квалитативна, квантитативна или најчешће, у пракси комбинована. Процена ризика може се описати постављајући следећа питања и проналазећи одговоре на њих: Шта може да крене како не треба? Које су шансе да се то догоди? Како се то може догодити? Шта су последице?¹¹

Тежиште у раду је дато управо на процени ризика у реализацији наставно-образовног процеса у ВА посматрано кроз призму анализе повреда кадета, односно одређења године школовања са највећим ризиком по повређивање кадета. У раду дајемо само почетне елементе процене ризика, јер не радимо квантификацију и рангирање ризика.

Вишекритеријумско и вишеатрибутивно одлучивање

Одлучивање је избор једне, из скупа могућих алтернатива (акција), при чему у скупу морају постојати минимум две алтернативе. Избор најцелисходније алтернативе може се направити користећи:

– *технике одлучивања*, односно употреба скупа метода (процедура) кључних за решавање стручних проблема (дијагностичке технике, линеарно програмирање, симулационе технике и слично);

– *правила одлучивања*, која се дефинишу као тестови просуђивања и/или промишљања и

– *вештине одлучивања*, које представљају способност ефективне експлоатације нечијег знања у решавању проблема.¹²

Овде је битно истаћи и да избор појединих одлука врши ДО. У теорији одлучивања свако ко ради у пословном окружењу, конкретно у оном делу за који сноси пуну одговорност је ДО. То може бити појединац (од извршиоца на свом радном месту до топ менаџера, односно директора) или група људи (тим, колегијум, борд, скуп експерата).

Деведесетих година 20. века, нагло долази до развоја посебне врсте индивидуалног одлучивања, а то је вишекритеријумско одлучивање (у даљем тексту ВКО). Иначе ВКО се односи на случај када се доношење одлука врши у присуству већег броја конфликтних критеријума (ово је најчешћи случај код ВКО). Предност ВКО у односу на класичне методе оптимизације се огледа превасходно у чињеници да се помоћу ВКО повећава реалност проблема који се решавају (класичне методе оптимизирају решења само по једном критеријуму).

¹¹ Каровић, С., *Кризни менаџмент*, Медија центар „Одбрана“, Београд, 2015, стр. 263.

¹² Чулић, М., Сукновић, М., *Одлучивање*, Факултет организационих наука, Београд, 2010, стр. 240.

Вишекритеријумско одлучивање

Присуство већег броја критеријума има и своју негативну страну која се огледа у сложености математичких модела (у даљем тексту ММ) одлучивања. Лепеза проблема ВКО је изузетно широка, али и поред тога ови проблеми имају и неке заједничке карактеристике: (1) већи број критеријума, односно атрибута, које треба креирати ДО; (2) конфликт међу критеријумима, као далеко најчешћи случај код реалних проблема; (3) несамерљиве (неупоредиве) јединице мере, јер по правилу, сваки критеријум, односно атрибут има различите јединице мере; (4) пројектовање или избор - решења ове врсте проблема (код ВКО) су или пројектовање најбоље акције (алтернативе) или избор најбоље акције из скупа претходно дефинисаних коначних акција.¹³

Следствено последњој карактеристици, проблеми ВКО могу се класификовати у две велике групе, и то: (1) ВАО, односно вишекритеријумска анализа (у даљем тексту ВКА) – назив који је последњих година најчешће у употреби; (2) вишециљно одлучивање (у даљем тексту ВЦО). Дистинкције особина наведених група приказане су у Табели 1.¹⁴

Табела 1 – Дистинкције између ВАО и ВЦО

	ВАО	ВЦО
КРИТЕРИЈУМ (дефинисан)	АТРИБУТИМА	ЦИЉЕВИМА
ЦИЉ	ИМПЛИЦИТАН (лоше дефинисан)	ЕКСПЛИЦИТАН
АТРИБУТ	ЕКСПЛИЦИТАН	ИМПЛИЦИТАН
ОГРАНИЧЕЊА	НЕАКТИВНА (укључена у атрибуте)	АКТИВНА
АКЦИЈЕ (алтернативе)	КОНАЧАН БРОЈ (дискретне)	БЕСКОНАЧАН БРОЈ (континуалне)
ИНТЕРАКЦИЈА СА ДОНОСИОЦЕМ ОДЛУКЕ	НИЈЕ ИЗРАЗИТА	ИЗРАЗИТА
ПРИМЕНА	ИЗБОР/ЕВАЛУАЦИЈА	ПРОЈЕКТОВАЊЕ

Вишеатрибутивно одлучивање

Карактеристичност ВАО се огледа у потреби избора најприхватљивије алтернативе a^* из скупа алтернатива представљених на основу дефинисаних критеријума. Општи ММ ВАО гласи:

$$\max [f_1(x), f_2(x), \dots, f_n(x)], n \geq 2$$

$$x \in A = [a_1, a_2, \dots, a_m] \quad (1)$$

¹³ Hwang, C.L., Yoon, K., *Multiple Attribute Decision Making, A State of the Art Survey*, Springer-Verlag, Berlin, 1981.

¹⁴ Чулић, М., Сукновић, М., *Исто*, стр. 243.

где је:

n – број критеријума,

m – број алтернатива (акција за избор)

A – познати коначни скуп алтернатива

Атрибут представља меру достизања сваког критеријума по дефинисаној алтернативи, односно сваки атрибут зависи од критеријума и од алтернативе. Сходно томе атрибут је дводимензионалног карактера и представљен је са x_{ij} , $x_{ij} = f_j(a_i)$; $i = \overline{1, m}$; $j = \overline{1, n}$. Из наведене релације можемо видети да свака вредност атрибута зависи од j -тог критеријума и од i -те алтернативе. Устаљен начин приказивања ММ ВАО је у виду матрице, која се у ВАО назива *матрицом одлучивања*, и следећег је изгледа:

$$O = \begin{matrix} & f_1 & f_2 & \dots & f_n \\ a_1 & x_{11} & x_{12} & \dots & x_{1n} \\ a_2 & x_{21} & x_{22} & \dots & x_{2n} \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ a_m & x_{m1} & x_{m2} & \dots & x_{mn} \end{matrix} \quad (2)$$

где су:

$f_{1,2,n}$ – критеријуми колоне матрице одлучивања,

$a_{1,2,m}$ – алтернативе врсте матрице одлучивања.

Реалност и живост проблематике ВАО условила је брз и континуалан развој метода из ове области. Због тога се већ данас располаже са једним већим скупом метода, које су у стању да већину реалних проблема ВАО мање или више успешно решавају. Методе ВАО су подељене у три велике групе, и то:

1. према типу информације о атрибуту или акцији:

– метода доминације;

– MAXIMIN метода;

– MAXIMAX метода.

2. према карактеристикама потребних информација:

– коњуктивна метода;

– дисјуктивна метода;

– лексикографска метода;

– метода Једноставних адитивних тежина;

– метода Хијерархијских адитивних тежина;

– метода хијерархијске размене.

3. према исказу о преференци од стране доносиоца одлуке за сваку акцију – метода линеарног додељивања ранга.¹⁵

¹⁵ Чупић, М., *Увод у теорију одлучивања*, Научна књига, Београд, 1987.

Експоненцијални развој науке је условио појаву нових метода за решавање проблематике из домена вишекритеријумског одлучивања. Овде наводимо само неке од метода: АНР, MOORA, SAW, SPW, COPRAS, VIKOR, IKOR, ELECTRE, TOPSIS, PROMETHEE, MABAC, MARICA и друге. С обзиром да развој науке прати и развој технике и електронике, односно информационих технологија скоро све наведене методе имају развијене софтверске платформе у форми система за подршку одлучивању, те је самим тим ДО олакшан приступ и рад са методама ВАО.

Посматрани проблем - анализа повреда кадета ВА у току наставно-образовног процеса сагледаћемо кроз примену следећих метода: MABAC, SAW и TOPSIS. Као предпроцесор методу, односно методу за одређивање вредности вектора тежинских коефицијената (у даљем тексту ВТК) користимо АНР методу. Након тога извршићемо компаративну анализу добијених резултата и то кроз две фазе:

– 1. фаза – анализа осетљивости добијених резултата кроз промену вредности вектора тежинских коефицијената, промену мерне скале и промену јединице мере атрибута и

– 2. фаза – компаративна анализа је заправо резултат добијених вредности кроз нормализацију вредности матрице одлучивања; користимо четири врсте нормализације: проста, адитивна (збирна), линеарна и векторска.

Примена метода вишеатрибутивног одлучивања у процени ризика

У овом делу рада приказаћемо примену метода SAW, MABAC, TOPSIS и АНР ради одређења године са највећим ризиком по повређивање кадета. Овде приказујемо све повреде кадета током једне календарске године, али посебно издвајамо повреде које су настале током реализације садржаја наставно-образовног процеса. Анализа повређивања је урађена за период од 01.01.2014. до 31.12.2017. године. Сходно томе, радимо избор између 2014, 2015, 2016. и 2017. године као алтернативе са највећим ризиком у погледу повређивања кадета.

Критеријуми повреда су следећи:

- K_1 – укупан број повреда током године;
- K_2 – број повреда насталих током реализације наставе у ВА (посматрано обједињено по локацијама – учионички простор, кабинети, вежбаљихта, стрелишта, спортски терени);
- K_3 – тежина повреде (огреботина-посекотина, угануће-ишчашење, лака, тешка или повреда са смртним исходом);
- K_4 – врста повреде (индивидуална, мала група 2 до 3 кадета, средња група 4 до 6 кадета, групна повреда 7 до 10 кадета и велика група 10 и више повређених кадета);
- K_5 – повреде одређеног дела тела (повреде: руку, ногу, трупа, кичме и главе);¹⁶

¹⁶ Ковачевић, Н., Димитријевић, Н., *Анализа повреда кадета Војне академије применом вишеатрибутивног одлучивања*, Ризик и безбедносни инжењеринг 2017, Копеонок, 09-11.01.

Након одређења критеријума формирамо почетну матрицу одлучивања:

	K ₁	K ₂	K ₃	K ₄	K ₅
2014	58	29	Огреботине+ уганућа	Индив.+мала група	Повреде руку+трупа
2015	64	17	Огреботина+уганућа +тешка повреда	Индив.+мала+ средња група	Повреде главе+ногу
2016	75	20	Уганућа+ тешка +лака повреда	Индив.+мала група	Повреде главе+руку+ногу
2017	68	34	Огреботина+уганућа +тешка повреда	Индив.+мала група	Повреде руку+ногу+трупа

Приликом одређења тежине и врсте повреде, као и повреда делова узете су вредности сходно броју повреда током одређене године. У циљу квантификације квалитативних атрибута (врста и тежина повреде и повреде одређених делова тела) формирамо вредносну интервал скалу, као што је то приказано у Табелама 2, 3. и 4.

Табела 2 – Квантификација тежине повреде

Квалитативна оцена	Огреботина, посекотина	Угануће, ишчашење	Лака	Тешка	Повреде са смртним исходом	Тип критериј.
Квантитативна оцена	1	3	5	7	9	max
	9	7	5	3	1	min

Табела 3 – Квантификација врсте повреда

Квалитативна оцена	Индивидуална повреда	Мала група (2-3)	Средња група (4- 6)	Групна (7-10)	Велика група ≥11	Тип критериј.
Квантитативна оцена	1	3	5	7	9	max
	9	7	5	3	1	min

Табела 4 – Квантификација повреда одређеног дела тела

Квалитативна оцена	Повреде руку	Повреде ногу	Повреде трупа	Повреде кичме	Повреде главе	Тип критериј.
Квантитативна оцена	1	3	5	7	9	max
	9	7	5	3	1	min

Након извршене квантификације квалитативних атрибута формирамо квантификовану матрицу одлучивања, овде је битно истаћи да смо у циљу добијања што квалитетнијег и стабилнијег решења квалитативне атрибуте квантификовали по формули:

$$x_{ij} = \sum_i^m x_k * r_t ; j = \overline{1, n}$$

где је:

- x_k = вредности атрибута (број одређене повреде у току године)
- r_t = вредност сходно одређеној табели квантификације.

Пример: вредност атрибута $x_{13} = 12 \cdot 1 + 17 \cdot 3 = 63$; односно током 2014. године било је 12 огреботина и 17 уганућа током реализације наставно-образовног процеса.

		$\max f_1$	$\max f_2$	$\max f_3$	$\max f_4$	$\max f_5$
O =	2014	58	29	63	37	65
	2015	64	17	61	25	63
	2016	75	20	74	28	46
	2017	68	34	78	40	76

Након формирања матрице одлучивања, одређујемо вредности ВТК помоћу АНР методе и добијене вредности користимо у свим метода. Овде је битно истаћи да услед обимности рада нећемо дати методолошко објашњење коришћених метода, као ни сам поступак прорачуна, већ само коначне резултате.

Најпре се попуњава почетна матрица:

одређивање ВТК	укупан број повреда	повреде на настави	тежина повреде	врста повреде	повреде одређ. дела
укупан број повреда	1	1/2	1/7	1/3	1/9
повреде на настави	2	1	1/5	1/3	1/7
тежина повреде	7	5	1	3	3
врста повреде	3	3	1/3	1	1/3
повреде одређ. дела	9	7	1/3	3	1

Затим се врши нормализација матрице процене:

одређивање ВТК	укупан број повреда	повреде на настави	тежина повреде	врста повреде	повреде одређ. дела
укупан број повреда	1	0.5000	0.1429	0.3333	0.1111
повреде на настави	2	1	0.2000	0.3333	0.1429
тежина повреде	7	5	1	3	3
врста повреде	3	3	0.3333	1	0.3333
повреде одређ. дела	9	7	0.3333	3	1
Σ	22.0000	16.5000	2.0095	7.6666	4.5873

Потом рачунамо просечну вредност за сваки ред и добијене вредности представљају заправо вредности ВТК:

одређивање ВТК	укупан број повреда	повреде на настави	тежина повреде	врста повреде	повреде одређ. дела	AVERAGE
укупан број повреда	0.0455	0.0303	0.0711	0.0434	0.0242	0.0429
повреде на настави	0.0909	0.0606	0.0995	0.0434	0.0311	0.0652
тежина повреде	0.3181	0.3030	0.4976	0.3913	0.6539	0.4328
врста повреде	0.1363	0.1818	0.1658	0.1304	0.0726	0.1374
повреде одређ. дела	0.4090	0.4242	0.1658	0.3913	0.2180	0.3217

ВТК износе: $T = [0.0429 \quad 0.0652 \quad 0.4328 \quad 0.1374 \quad 0.3217]$

Примена SAW методе за анализу повреда кадета Војне академије

Методу **SAW** примењујемо на већ постојећу матрицу одлучивања O :

	година	max f_1	max f_2	max f_3	max f_4	max f_5
$O =$	2014	58	29	63	37	65
	2015	64	17	61	25	63
	2016	75	20	74	28	46
	2017	68	34	78	40	76

1. *корак*: Израчунавање нормализоване матрице:

	max f_1	max f_2	max f_3	max f_4	max f_5
$N =$	0,4358	0,5596	0,4541	0,5592	0,5125
	0,4809	0,3280	0,4397	0,3778	0,4967
	0,5636	0,3859	0,5334	0,4232	0,3627
	0,5110	0,6560	0,5622	0,6045	0,5992

2. *корак*: Множење нормализоване матрице са вредностима ВТК:

	0,0187	0,0365	0,1965	0,0768	0,1649
$T =$	0,0206	0,0214	0,1903	0,0519	0,1598
	0,0242	0,0252	0,2309	0,0581	0,1167
	0,0219	0,0428	0,2433	0,0831	0,1928

3. *корак*: После нормализације за сваку алтернативу се израчунава укупна вредност у односу на све критеријуме:

$$S_1 = 0,0187 + 0,0365 + 0,1965 + 0,0768 + 0,1649 = 0,4934$$

$$S_2 = 0,0206 + 0,0214 + 0,1903 + 0,0519 + 0,1598 = 0,4440$$

$$S_3 = 0,0242 + 0,0252 + 0,2309 + 0,0581 + 0,1167 = 0,4551$$

$$S_4 = 0,0219 + 0,0428 + 0,2433 + 0,0831 + 0,1928 = 0,5839$$

Коначан ранг алтернатива за *сценарио број 1* гласи: $A_4 > A_1 > A_3 > A_2$

Примена TOPSIS методе за анализу повреда кадета Војне академије

Методу **TOPSIS** примењујемо на већ постојећу матрицу одлучивања O :

	година	max f_1	max f_2	max f_3	max f_4	max f_5
$O =$	2014	58	29	63	37	65
	2015	64	17	61	25	63
	2016	75	20	74	28	46
	2017	68	34	78	40	76

1. *корак* Нормализовање матрице одлучивања:

	max f_1	max f_2	max f_3	max f_4	max f_5
$N =$	0,4358	0,5596	0,4541	0,5592	0,5125
	0,4809	0,3280	0,4397	0,3778	0,4967
	0,5636	0,3859	0,5334	0,4232	0,3627
	0,5110	0,6560	0,5622	0,6045	0,5992

2. *корак* Тежинско нормализовање матрице перформансе:

$T =$	0,0187	0,0365	0,1965	0,0768	0,1649
	0,0206	0,0214	0,1903	0,0519	0,1598
	0,0242	0,0252	0,2309	0,0581	0,1167
	0,0219	0,0428	0,2433	0,0831	0,1928

3. *корак* Одређивање идеалних и негативно-идеалних решења:

– идеално решење:

$$A^* = \{0,0242 \quad 0,0428 \quad 0,2433 \quad 0,0831 \quad 0,1928\}$$

– негативно идеално решење:

$$A^- = \{0,0187 \quad 0,0214 \quad 0,1903 \quad 0,0519 \quad 0,1167\}$$

4. *корак* Одређивање растојања алтернатива од идеалних решења:

Алтернатива	Удаљеност од идеалног решења	
	S_i^*	S_i^-
A_1	0,0555	0,0567
A_2	0,0731	0,0431
A_3	0,0829	0,0416
A_4	0,0023	0,1002

5. *корак* Одређивање релативне близине алтернатива идеалном решењу:

$$A_1 = \frac{0,0555}{0,0555 + 0,0567} = 0,5053$$

по истој аналогiji добијамо:

$$A_2 = 0,3709 \quad A_3 = 0,3341 \quad A_4 = 0,9776$$

6. *корак* Рангирање алтернатива:

Коначан ранг алтернатива за сценарио број 1 гласи: $A_4 > A_1 > A_2 > A_3$

Примена МАВАС методе за анализу повреда кадета Војне академије

За примену ове методе користимо већ формирану матрицу одлучивања:

		max f_1	max f_2	max f_3	max f_4	max f_5
O =	2014	58	29	63	37	65
	2015	64	17	61	25	63
	2016	75	20	74	28	46
	2017	68	34	78	40	76

Применом наведене релације добијамо нормализовану матрицу N:

		max f_1	max f_2	max f_3	max f_4	Max f_5
N =		0,0000	0,7058	0,1176	0,8000	0,6334
		0,3529	0,0000	0,0000	0,0000	0,5667
		1,0000	0,1764	0,7647	0,2000	0,0000
		0,5882	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000

Затим рачунамо отежану нормализовану матрицу одлучивања V која добија следећи облик:

	$\max f_1$	$\max f_2$	$\max f_3$	$\max f_4$	$\max f_5$
$V =$	0,0429	0,1112	0,4836	0,2473	0,5254
	0,0580	0,0652	0,4328	0,1374	0,5040
	0,0858	0,0767	0,7637	0,1649	0,3217
	0,0681	0,1304	0,8656	0,2748	0,6434

Приступамо одређивању матрице граничних апроксимативних области (G):

	K_1	K_2	K_3	K_4	K_5
$G =$	0,0617	0,0922	0,6099	0,1980	0,4838

Након чега вршимо прорачун елемената матрице удаљености алтернатива од ГАО (Q):

	-0,0188	+0,0190	-0,1263	+0,0493	+0,0416
$Q =$	-0,0037	-0,0270	-0,1771	-0,0606	+0,0202
	+0,0241	-0,0155	+0,1538	-0,0331	-0,1621
	+0,0064	+0,0382	+0,2557	+0,0768	+0,1596

Рангирање алтернатива: сумирањем елемената матрице по редовима добијамо коначне вредности критеријумских функција алтернатива:

$$S_1 = -0,0188 + 0,0190 - 0,1263 + 0,0493 + 0,0416 = -0,0352$$

по истој аналогiji добијамо:

$$S_2 = -0,2482 \quad S_3 = -0,0328 \quad S_4 = 0,5367$$

Коначан ранг алтернатива за сценарио број 1 гласи: $A_4 > A_3 > A_1 > A_2$

Анализа осетљивости добијених резултата

У овом делу рада испитаћемо осетљивост добијених резултата на промену вредности ВТК, начин формулације критеријума и на промену типа функције нормализацијом елемената почетне матрице одлучивања. За сваки вид промене израђујемо посебне сценарије на основу којих можемо компарирати добијена решења.

Утицај промене вредности ВТК

Узимајући у обзир резултате из претходног дела рада, развијамо укупно седам сценарија у погледу промене вредности ВТК, како је и приказано у Табели број 5.

Табела 5 – Збирни приказ вредности ВТК зависно од сценарија

Критеријум	Сценарио број 1	Сценарио број 2	Сценарио број 3	Сценарио број 4	Сценарио број 5	Сценарио број 6	Сценарио број 7
	ВРЕДНОСТ КРИТЕРИЈУМА						
K ₁	0.0429	0,2000	0,8000	0,0500	0,0500	0,0500	0,0500
K ₂	0.0652	0,2000	0,0500	0,8000	0,0500	0,0500	0,0500
K ₃	0.4328	0,2000	0,0500	0,0500	0,8000	0,0500	0,0500
K ₄	0.1374	0,2000	0,0500	0,0500	0,0500	0,8000	0,0500
K ₅	0.3217	0,2000	0,0500	0,0500	0,0500	0,0500	0,8000

Утицај промене вредности ВТК на решења у методи SAW - у претходном делу рада добили смо ранг алтернатива за Сценарио број 1; сада добијамо резултате и за преосталих шест сценарија.

Сценарио број 2

	0,0872	0,1119	0,0908	0,1118	0,1025
T =	0,0962	0,0656	0,0879	0,0756	0,0993
	0,1127	0,0772	0,1067	0,0846	0,0725
	0,1022	0,1312	0,1124	0,1209	0,1198

$$S_1 = 0,0872 + 0,1119 + 0,0908 + 0,1118 + 0,1025 = 0,5042$$

по истој аналогiji добијамо:

$$S_2 = 0,4246$$

$$S_3 = 0,4537$$

$$S_4 = 0,5865$$

Коначан ранг алтернатива за сценарио број 2 гласи: $A_4 > A_1 > A_3 > A_2$

Сценарио број 3

	0,3486	0,0280	0,0227	0,0280	0,0256
T =	0,3847	0,0164	0,0220	0,0189	0,0248
	0,4509	0,0193	0,0267	0,0212	0,0181
	0,4088	0,0328	0,0281	0,0302	0,0300

$$S_1 = 0,3486 + 0,0280 + 0,0227 + 0,0280 + 0,0256 = 0,4529$$

по истој аналогiji добијамо:

$$S_2 = 0,4668$$

$$S_3 = 0,5362$$

$$S_4 = 0,5299$$

Коначан ранг алтернатива за сценарио број 3 гласи: $A_3 > A_4 > A_2 > A_1$

Сценарио број 4

	0,0218	0,4477	0,0227	0,0280	0,0256
T =	0,0240	0,2624	0,0220	0,0189	0,0248
	0,0282	0,3087	0,0267	0,0212	0,0181
	0,0256	0,5248	0,0281	0,0302	0,0300

$$S_1 = 0,0218 + 0,4477 + 0,0227 + 0,0280 + 0,0256 = 0,5458$$

по истој аналогији добијамо:

$$S_2 = 0,3521 \quad S_3 = 0,4029 \quad S_4 = 0,6387$$

Коначан ранг алтернатива за *сценарио број 4* гласи: $A_4 > A_1 > A_3 > A_2$

Сценарио број 5

	0,0218	0,0280	0,3633	0,0280	0,0256
T =	0,0240	0,0164	0,3518	0,0189	0,0248
	0,0282	0,0193	0,4267	0,0212	0,0181
	0,0256	0,0328	0,4498	0,0302	0,0300

$$S_1 = 0,0218 + 0,0280 + 0,3633 + 0,0280 + 0,0256 = 0,4667$$

по истој аналогији добијамо:

$$S_2 = 0,4359 \quad S_3 = 0,5135 \quad S_4 = 0,5684$$

Коначан ранг алтернатива за *сценарио број 5* гласи: $A_4 > A_3 > A_1 > A_2$

Сценарио број 6

	0,0218	0,0280	0,0227	0,4474	0,0256
T =	0,0240	0,0164	0,0220	0,3022	0,0248
	0,0282	0,0193	0,0267	0,3386	0,0181
	0,0256	0,0328	0,0281	0,4836	0,0300

$$S_1 = 0,0218 + 0,0280 + 0,0227 + 0,4474 + 0,0256 = 0,5455$$

по истој аналогији добијамо: $S_2 = 0,3894$ $S_3 = 0,4309$ $S_4 = 0,6001$

Коначан ранг алтернатива за *сценарио број 6* гласи: $A_4 > A_1 > A_3 > A_2$

Сценарио број 7

	0,0218	0,0280	0,0227	0,0280	0,4100
T =	0,0240	0,0164	0,0220	0,0189	0,3974
	0,0282	0,0193	0,0267	0,0212	0,2902
	0,0256	0,0328	0,0281	0,0302	0,4794

$$S_1 = 0,0218 + 0,0280 + 0,0227 + 0,0280 + 0,4100 = 0,5105$$

по истој аналогији добијамо:

$$S_2 = 0,4787 \quad S_3 = 0,3856 \quad S_4 = 0,5961$$

Коначан ранг алтернатива за *сценарио број 7* гласи: $A_4 > A_1 > A_2 > A_3$

Збирни приказ ранга алтернатива по сценаријима рачунат према методи SAW је дат у Табели 6.

Табела 6 – Збирни приказ резултата по методи SAW

Метода: SAW	Сценари о број 1	Сценари о број 2	Сценари о број 3	Сценари о број 4	Сценари о број 5	Сценари о број 6	Сценари о број 7
Алтернативе	РАНГ АЛТЕРНАТИВА						
A ₁	2	2	4	2	3	2	2
A ₂	4	4	3	4	4	4	3
A ₃	3	3	1	3	2	3	4
A ₄	1	1	2	1	1	1	1

Из збирног приказа видимо да метода SAW, независно о промени ВТК задржава конзистентност решења (86%), сходно томе година са највећим ризиком у погледу повређивања кадета ВА у току реализације наставе је 2017. година – алтернатива 4, а 2015. година – алтернатива 2 је година са најмањим ризиком. Метода је осетљива на промену вредности ВТК, али задржава приоритет у алтернативама (2017. и 2015. година).

Утицај промене вредности ВТК на решења у методи TOPSIS, по истој аналогiji као и за методу SAW, радимо и рангирање алтернатива за методу TOPSIS.

Сценарио број 2

	0,0872	0,1119	0,0908	0,1118	0,1025
T =	0,0962	0,0656	0,0879	0,0756	0,0993
	0,1127	0,0772	0,1067	0,0846	0,0725
	0,1022	0,1312	0,1124	0,1209	0,1198

Идеално решење:

$$A^* = \{0,1127, 0,1312, 0,1124, 0,1209, 0,1198\}$$

Негативно идеално решење:

$$A^- = \{0,0872, 0,0656, 0,0879, 0,0756, 0,0725\}$$

Алтернатива	Удаљеност од идеалног решења	
	S*	Si ⁻
A ₁	0,0433	0,0660
A ₂	0,0875	0,0283
A ₃	0,0806	0,0349
A ₄	0,0105	0,0970

$$A_1 = 0,6038 \quad A_2 = 0,2444 \quad A_3 = 0,3022 \quad A_4 = 0,9023$$

Конечан ранг алтернатива за сценарио број 2 гласи: $A_4 > A_1 > A_3 > A_2$

Сценарио број 3

	0,3486	0,0280	0,0227	0,0280	0,0256
T =	0,3847	0,0164	0,0220	0,0189	0,0248
	0,4509	0,0193	0,0267	0,0212	0,0181
	0,4088	0,0328	0,0281	0,0302	0,0300

Идеално решење:

$$A^* = \{0,4509 \quad 0,0328 \quad 0,0281 \quad 0,0302 \quad 0,0300\}$$

Негативно идеално решење:

$$A^- = \{0,3486 \quad 0,0164 \quad 0,0220 \quad 0,0189 \quad 0,0181\}$$

Алтернатива	Удаљеност од идеалног решења	
	S_i^*	S_i^-
A ₁	0,1027	0,0166
A ₂	0,0696	0,0367
A ₃	0,0202	0,1025
A ₄	0,0421	0,0648

$$A_1 = 0,1391 \quad A_2 = 0,3452 \quad A_3 = 0,8354 \quad A_4 = 0,6062$$

Конечан ранг алтернатива за сценарио број 3 гласи: $A_3 > A_4 > A_2 > A_1$

Сценарио број 4

	0,0218	0,4477	0,0227	0,0280	0,0256
T =	0,0240	0,2624	0,0220	0,0189	0,0248
	0,0282	0,3087	0,0267	0,0212	0,0181
	0,0256	0,5248	0,0281	0,0302	0,0300

Идеално решење:

$$A^* = \{0,0282 \quad 0,5248 \quad 0,0281 \quad 0,0302 \quad 0,0300\}$$

Негативно идеално решење:

$$A^- = \{0,0218 \quad 0,2624 \quad 0,0220 \quad 0,0189 \quad 0,0181\}$$

Алтернатива	Удаљеност од идеалног решења	
	S_i^*	S_i^-
A ₁	0,0777	0,1857
A ₂	0,2628	0,0071
A ₃	0,2166	0,0470
A ₄	0,0026	0,2630

$$A_1 = 0,7050 \quad A_2 = 0,0263 \quad A_3 = 0,1783 \quad A_4 = 0,9902$$

Конечан ранг алтернатива за сценарио број 4 гласи: $A_4 > A_1 > A_3 > A_2$

Сценарио број 5

	0,0218	0,0280	0,3633	0,0280	0,0256
T =	0,0240	0,0164	0,3518	0,0189	0,0248
	0,0282	0,0193	0,4267	0,0212	0,0181
	0,0256	0,0328	0,4498	0,0302	0,0300

Идеално решење:

$$A^* = \{0,0282 \quad 0,0328 \quad 0,4498 \quad 0,0302 \quad 0,0300\}$$

Негативно идеално решење:

$$A^- = \{0,0218 \quad 0,0164 \quad 0,3518 \quad 0,0189 \quad 0,0180\}$$

Алтернатива	Удаљеност од идеалног решења	
	S_i^*	S_i^-
A ₁	0,0870	0,0201
A ₂	0,1002	0,0071
A ₃	0,0306	0,0753
A ₄	0,0026	0,1008

$$A_1 = 0,1877 \quad A_2 = 0,0662 \quad A_3 = 0,7110 \quad A_4 = 0,9749$$

Конечан ранг алтернатива за сценарио број 5 гласи: $A_4 > A_3 > A_1 > A_2$

Сценарио број 6

	0,0218	0,0280	0,0227	0,4474	0,0256
T =	0,0240	0,0164	0,0220	0,3022	0,0248
	0,0282	0,0193	0,0267	0,3386	0,0181
	0,0256	0,0328	0,0281	0,4836	0,0300

Идеално решење:

$$A^* = \{0,0282 \quad 0,0328 \quad 0,0281 \quad 0,4836 \quad 0,0300\}$$

Негативно идеално решење:

$$A^- = \{0,0218 \quad 0,0164 \quad 0,0220 \quad 0,3022 \quad 0,0181\}$$

Алтернатива	Удаљеност од идеалног решења	
	S_i^*	S_i^-
A ₁	0,0377	0,1459
A ₂	0,1824	0,0071
A ₃	0,1461	0,0374
A ₄	0,0026	0,1827

$A_1 = 0,7947$ $A_2 = 0,0375$ $A_3 = 0,2038$ $A_4 = 0,9860$
 Коначан ранг алтернатива за сценарио број 6 гласи: $A_4 > A_1 > A_3 > A_2$

Сценарио број 7

	0,0218	0,0280	0,0227	0,0280	0,4100
T =	0,0240	0,0164	0,0220	0,0189	0,3974
	0,0282	0,0193	0,0267	0,0212	0,2902
	0,0256	0,0328	0,0281	0,0302	0,4794

Идеално решење:

$$A^* = \{0,0282 \ 0,0328 \ 0,0281 \ 0,0302 \ 0,4794\}$$

Негативно идеално решење:

$$A^- = \{0,0218 \ 0,0164 \ 0,0220 \ 0,0189 \ 0,2902\}$$

Алтернатива	Удаљеност од идеалног решења	
	S_i^*	S_i^-
A_1	0,0701	0,1207
A_2	0,0847	0,1072
A_3	0,1899	0,0088
A_4	0,0026	0,1904

$$A_1 = 0,6326 \quad A_2 = 0,5586 \quad A_3 = 0,0443 \quad A_4 = 0,9865$$

Коначан ранг алтернатива за сценарио број 7 гласи: $A_4 > A_1 > A_2 > A_3$

Збирни приказ ранга алтернатива рачунат према методи TOPSIS је дат у Табели 7.

Табела 7 – Збирни приказ резултата по методи TOPSIS

Метода: TOPSIS	Сценарио о број 1	Сценарио број 2	Сценарио број 3	Сценарио број 4	Сценарио број 5	Сценарио број 6	Сценарио број 7
Алтернативе	РАНГ АЛТЕРНАТИВА						
A_1	2	2	4	2	3	2	2
A_2	3	4	3	4	4	4	3
A_3	4	3	1	3	2	3	4
A_4	1	1	2	1	1	1	1

Из збирног приказа можемо закључити да метода TOPSIS, независно о промени ВТК задржава конзистентност решења (86%), и да фаворизује као најризичнију годину у погледу повређивања кадета ВА у току реализације наставе, 2017. годину – алтернатива 4, а да је најмање ризична 2015. година – алтернатива 2. Метода је осетљива на промену вредности ВТК, али задржава приоритет у алтернативама (2017. и 2015. година).

Утицај промене вредности ВТК на решења у методи MABAC, по истој аналогији као и за методе SAW и TOPSIS радимо и рангирање алтернатива за методу MABAC.

Сценарио број 2

	max f ₁	max f ₂	max f ₃	max f ₄	max f ₅
V =	0,2000	0,3412	0,2235	0,3600	0,3267
	0,2705	0,2000	0,2000	0,2000	0,3133
	0,4000	0,2353	0,3529	0,2400	0,2000
	0,3176	0,4000	0,4000	0,4000	0,4000
G =	K ₁ 0,2879	K ₂ 0,2831	K ₃ 0,2818	K ₄ 0,2883	K ₅ 0,3008
	-0,0879	+0,0581	-0,0583	+0,0717	+0,0259
Q =	-0,0174	-0,0831	-0,0818	-0,0883	+0,0125
	+0,1121	-0,0478	+0,0711	-0,0483	-0,1008
	+0,0297	+0,1169	+0,1182	+0,1117	+0,0992

$$S_1 = -0,0879 + 0,0581 - 0,0583 + 0,0717 + 0,0259 = +0,0095$$

по истој аналогiji добијамо:

$$S_2 = -0,2581$$

$$S_3 = -0,0137$$

$$S_4 = +0,4757$$

Коначан ранг алтернатива за сценарио број 2 гласи: $A_4 > A_1 > A_3 > A_2$

Сценарио број 3

	max f ₁	max f ₂	max f ₃	max f ₄	max f ₅
V =	0,8000	0,0853	0,0559	0,0900	0,0817
	1,0823	0,0500	0,0500	0,0500	0,0783
	1,6000	0,0588	0,0882	0,0600	0,0500
	1,2706	0,1000	0,1000	0,1000	0,1000
G =	K ₁ 0,1518	K ₂ 0,0708	K ₃ 0,0705	K ₄ 0,0721	K ₅ 0,0752
	-0,3518	+0,0145	-0,0146	+0,0179	+0,0065
Q =	-0,0695	-0,0208	-0,0205	-0,0221	+0,0031
	+0,4482	-0,0120	+0,0177	-0,0121	-0,0252
	+0,1188	+0,0292	+0,0295	+0,0279	+0,0248

$$S_1 = -0,3518 + 0,0145 - 0,0146 + 0,0179 + 0,0065 = -0,3275$$

по истој аналогји добијамо:

$$S_2 = -0,1298$$

$$S_3 = +0,4166$$

$$S_4 = +0,2302$$

Конечан ранг алтернатива за сценарио број 3 гласи: $A_3 > A_4 > A_2 > A_1$

Сценарио број 4

	max f_1	max f_2	max f_3	max f_4	max f_5
V =	0,0500	1,3646	0,0559	0,0900	0,0817
	0,0676	0,8000	0,0500	0,0500	0,0783
	0,1000	0,9411	0,0882	0,0600	0,0500
	0,0794	1,6000	0,1000	0,1000	0,1000
G =	K ₁	K ₂	K ₃	K ₄	K ₅
	0,0720	1,1323	0,0705	0,0721	0,0752
Q =	-0,0220	+0,2323	-0,0146	+0,0179	+0,0065
	-0,0043	-0,3323	-0,0205	-0,0221	+0,0031
	+0,0280	-0,1912	+0,0177	-0,0121	-0,0252
	+0,0074	+0,4677	+0,0295	+0,0279	+0,0248

$$S_1 = -0,0220 + 0,2323 - 0,0146 + 0,0179 + 0,0065 = +0,2201$$

по истој аналогји добијамо:

$$S_2 = -0,3762$$

$$S_3 = -0,1828$$

$$S_4 = +0,5573$$

Конечан ранг алтернатива за сценарио број 4 гласи: $A_4 > A_1 > A_3 > A_2$

Сценарио број 5

	max f_1	max f_2	max f_3	max f_4	max f_5
V =	0,0500	0,0853	0,8941	0,0900	0,0817
	0,0676	0,0500	0,8000	0,0500	0,0783
	0,1000	0,0588	1,4118	0,0600	0,0500
	0,0794	0,1000	1,6000	0,1000	0,1000
G =	K ₁	K ₂	K ₃	K ₄	K ₅
	0,0720	0,0708	1,1274	0,0721	0,0752
Q =	-0,0220	+0,0145	-0,2333	+0,0179	+0,0065
	-0,0044	-0,0208	-0,3274	-0,0221	+0,0031
	+0,0280	-0,0120	+0,2844	-0,0121	-0,0252
	+0,0074	+0,0292	+0,4726	+0,0279	+0,0248

$$S_1 = -0,0220 + 0,0145 - 0,2333 + 0,0179 + 0,0065 = -0,2164$$

по истој аналогји добијамо:

$$S_2 = -0,3716$$

$$S_3 = +0,2631$$

$$S_4 = +0,5619$$

Конечан ранг алтернатива за сценарио број 5 гласи: $A_4 > A_3 > A_1 > A_2$

Сценарио број 6

	max f_1	max f_2	max f_3	max f_4	max f_5
V =	0,0500	0,0853	0,0559	1,4400	0,0817
	0,0676	0,0500	0,0500	0,8000	0,0783
	0,1000	0,0588	0,0882	0,9600	0,0500
	0,0794	0,1000	0,1000	1,6000	0,1000
	K_1	K_2	K_3	K_4	K_5
G =	0,0720	0,0708	0,0705	1,1533	0,0752
	-0,0220	+0,0145	-0,0146	+0,2867	+0,0065
Q =	-0,0044	-0,0208	-0,0205	-0,3533	+0,0031
	+0,0280	-0,0120	+0,0177	-0,1933	-0,0252
	+0,0074	+0,0292	+0,0295	+0,4467	+0,0248

$$S_1 = -0,0220 + 0,0145 - 0,0146 + 0,2867 + 0,0065 = +0,2711$$

по истој аналогји добијамо:

$$S_2 = -0,3959$$

$$S_3 = -0,1848$$

$$S_4 = +0,5376$$

Конечан ранг алтернатива за сценарио број 6 гласи: $A_4 > A_1 > A_3 > A_2$

Сценарио број 7

	max f_1	max f_2	max f_3	max f_4	max f_5
V =	0,0500	0,0853	0,0559	0,0900	1,3067
	0,0676	0,0500	0,0500	0,0500	1,2534
	0,1000	0,0588	0,0882	0,0600	0,8000
	0,0794	0,1000	0,1000	0,1000	1,6000
	K_1	K_2	K_3	K_4	K_5
G =	0,0720	0,0708	0,0705	0,0721	1,2033
	-0,0220	+0,0145	-0,0146	+0,0179	+0,1034
Q =	-0,0044	-0,0208	-0,0205	-0,0221	+0,0501
	+0,0280	-0,0120	+0,0177	-0,0121	-0,4033
	+0,0074	+0,0292	+0,0295	+0,0279	+0,3967

$$S_1 = -0,0220 + 0,0145 - 0,0146 + 0,0179 + 0,1034 = +0,0992$$

по истој аналогији добијамо:

$$S_2 = -0,0177$$

$$S_3 = -0,3817$$

$$S_4 = +0,4907$$

Конечан ранг алтернатива за сценарио број 7 гласи: $A_4 > A_1 > A_2 > A_3$

Збирни приказ ранга алтернатива рачунат према методи МАВАС је дат у Табели 8.

Табела 8 – Збирни приказ резултата по методи МАВАС

Метода: МАВАС	Сценарио број 1	Сценарио број 2	Сценарио број 3	Сценарио број 4	Сценарио број 5	Сценарио број 6	Сценарио број 7
Алтернативе	РАНГ АЛТЕРНАТИВА						
A ₁	3	2	4	2	3	2	2
A ₂	4	4	3	4	4	4	3
A ₃	2	3	1	3	2	3	4
A ₄	1	1	2	1	1	1	1

Из збирног приказа можемо закључити да метода МАВАС, независно о промени ВТК задржава конзистентност решења (86%), и да фаворизује као најризичнију годину у погледу повређивања кадета ВА у току реализације наставе, 2017. годину – алтернатива 4, а да је најмање ризична 2015. година – алтернатива 2. Метода је осетљива на промену вредности ВТК, али задржава приоритет у алтернативама (2017. и 2015. година).

Анализом осетљивости – променом вредности ВТК, утврдили смо да све три методе (SAW, TOPSIS и МАВАС) фаворизују алтернативу 4. Заједничко решење за све три методе кроз посматране сценарије јесте да у више од 60% решења као последње рангирану сврставају алтернативу 2, сходно томе 2015. година је била најмање ризичан за повређивање кадета Ва током реализације наставно-образовног процеса.

Промена начина формулације критеријума и мерне скале критеријума

У другом делу испитивања анализе осетљивости добијених резултата најпре мењамо начин формулације критеријума. Овде развијамо четири сценарија, сходно променама критеријума, такође овде нећемо приказивати комплетан прорачун за сваку методу, јер је методологија идентична као и за претходне сценарије. На крају ћемо дати збирни приказ резултата за све методе у циљу сагледавања конзистентности резултата.

Сценарио број 1. Променићемо K_2 број повреда у току реализације наставе јер наведени критеријум је нормативно еквивалентан са осталим повредама кадета у току године и на идентичан начин може да опише све алтернативе, при томе остале критеријуме не мењамо, односно од укупног броја повреда у току године одузмемо број повреда насталих током реализације наставно-образовног процеса и на тај начин добијамо „нови“ критеријум K_2 . Испитивање вршимо идентичним редоследом као досада: МАВАС, SAW и TOPSIS метода. Збирни приказ резултата за Сценарио број 1 дат је у Табели 9.

Табела 9 – Збирни приказ резултата за промену критеријума K_2

Сценарио број 1	МAВАС	SAW	TOPSIS
Алтернативе	РАНГ АЛТЕРНАТИВА		
A ₁	3	2	2
A ₂	4	3	3
A ₃	2	4	4
A ₄	1	1	1

Из добијених резултата можемо увидети да примењене методе задржавају конзистентност раније добијених резултата. Све три методе фаворизују алтернативу 4.

Сценарио број 2. У сценарију број 2 мењамо критеријум K_3 док остали критеријуми остају исти као и у почетној матрици одлучивања O . Број и тежина повреда је исти, једино се мења интервал скала односно да бисмо квантитативно дефинисали критеријум K_3 узимамо вредности за тип функције \min из Табеле 2. Збирни приказ резултата за Сценарио број 2 дат је у Табели 10.

Табела 10 – Збирни приказ резултата за промену критеријума K_3

Сценарио број 2	МAВАС	SAW	TOPSIS
Алтернативе	РАНГ АЛТЕРНАТИВА		
A ₁	3	2	2
A ₂	4	3	3
A ₃	2	4	4
A ₄	1	1	1

Уколико извршимо промену критеријума K_3 све методе фаворизују алтернативу 4.

Сценарио број 3. У сценарију број 3 мењамо критеријум K_4 док остали критеријуми остају исти као и у почетној матрици одлучивања O . Број и врста повреда остају исти, једино се мења интервал скала, односно да бисмо квантитативно дефинисали критеријум K_4 узимамо вредности за тип функције \min из Табеле 3. Збирни приказ резултата за Сценарио број 3 дат је у Табели 11.

Табела 11 – Збирни приказ резултата за промену критеријума K_4

Сценарио број 3	МAВАС	SAW	TOPSIS
Алтернативе	РАНГ АЛТЕРНАТИВА		
A ₁	3	2	2
A ₂	4	3	3
A ₃	2	4	4
A ₄	1	1	1

Уколико извршимо промену критеријума K_4 све методе фаворизују алтернативу 4.

Сценарио број 4. У сценарију број 4 мењамо критеријум K_5 док остали критеријуми остају исти као и у почетној матрици одлучивања O . *Број и повреда одређеног дела тела остају исти*, једино се мења интервал скала, односно да бисмо квантитативно дефинисали критеријум K_5 узимамо вредности за тип функције \min из Табеле 4. Збирни приказ резултата за Сценарио број 4 дат је у Табели 12.

Табела 12 – Збирни приказ резултата за промену критеријума K_5

Сценарио број 4	МABAC	SAW	TOPSIS
Алтернативе	РАНГ АЛТЕРНАТИВА		
A_1	3	2	2
A_2	4	4	4
A_3	2	3	3
A_4	1	1	1

Уколико променимо критеријум K_5 видимо да је метода МABAC конзистентна у својим решењима, док код метода SAW и TOPSIS имамо одређена одступања.

На основу комплетне анализе осетљивости можемо видети су све методе конзистентне у својим решењима по питању најризичније године. Метода МABAC је стабилна и нема осцилација у погледу последње рангиране алтернативе, док код метода SAW и TOPSIS постоје варијације између алтернатива 2 и 3. Збирни приказ резултата за све сценарије приказан је у Табели 13.

Табела 13 – Збирни приказ резултата за промену критеријума

	Алтернативе	Сценарио број 1	Сценарио број 2	Сценарио број 3	Сценарио број 4
		РАНГ АЛТЕРНАТИВА			
Метода: МABAC	A_1	3	3	3	3
	A_2	4	4	4	4
	A_3	2	2	2	2
	A_4	1	1	1	1
Метода: SAW	A_1	2	2	2	2
	A_2	3	3	3	4
	A_3	4	4	4	3
	A_4	1	1	1	1
Метода: TOPSIS	A_1	2	2	2	2
	A_2	3	3	3	4
	A_3	4	4	4	3
	A_4	1	1	1	1

Промена типа функције нормализацијом елемената почетне матрице одлучивања

У овом делу рада приказаћемо примену различитих начина нормализације на по-сматрани проблем, односно на елементе почетне матрице одлучивања. Примењујемо четири врсте нормализације, и то: (1) просту, (2) линеаризовану, (3) векторску и (4) адитивну или збирну. Применом наведених начина нормализације на елементе матрице одлучивања добијамо четири нова сценарија за сваку методу, те самим тиме можемо извршити анализу конзистентности решења одређене методе у корелацији са начином нормализације. За вредности ВТК узимамо вредности добијене АНР методом.

У овом делу рада дефинишемо четири нова сценарија за сваку врсту нормализације и вршимо компаративну анализу добијених резултата. Сценарији су дефинисани на следећи начин:

- сценарио број 1 – проста нормализација,
- сценарио број 2 – линеаризована нормализација,
- сценарио број 3 – векторска нормализација и
- сценарио број 4 – адитивна нормализација.

Код методе МАВАС нећемо развијати Сценарио број 2, јер наведена метода у својој методологији већ садржи линеаризовану нормализацију елемената матрице одлучивања. Овде, такође нећемо приказивати комплетан прорачун добијених резултата, јер је методологија идентична као у другом поглављу. У Табели 14 дат је збирни резултата примене различитих начина нормализације у примени методе МАВАС.

Табела 14 – Збирни приказ резултата нормализације по методи МАВАС

Метода: МАВАС	Сценарио број 1	Сценарио број 3	Сценарио број 4
Алтернативе	РАНГ АЛТЕРНАТИВА		
A ₁	2	2	2
A ₂	4	4	4
A ₃	3	3	3
A ₄	1	1	1

Код SAW методе вршимо примену методе у свим сценаријима, а збирни приказ резултата примене је дат у Табели 15.

Табела 15 – Збирни приказ резултата нормализације по методи SAW

Метода: SAW	Сценарио број 1	Сценарио број 2	Сценарио број 3	Сценарио Број 4
Алтернативе	РАНГ АЛТЕРНАТИВА			
A ₁	2	3	2	2
A ₂	3	2	4	3
A ₃	4	1	3	4
A ₄	1	4	1	1

Збирни приказ резултата добијених применом различитих начина нормализације елемената матрице одлучивања, помоћу **TOPSIS** методе дат је у Табели 16.

Табела 16 – Збирни приказ резултата нормализације по методи TOPSIS

Метода: TOPSIS	Сценарио број 1	Сценарио број 2	Сценарио број 3	Сценарио Број 4
Алтернативе	РАНГ АЛТЕРНАТИВА			
A ₁	2	3	2	2
A ₂	3	2	3	3
A ₃	4	1	4	4
A ₄	1	4	1	1

Збирни приказ резултата добијених применом различитих начина нормализације елемената матрице одлучивања, помоћу све три методе дат је у Табели 17.

Табела 17 – Збирни приказ резултата нормализације по свих коришћених метода

	Алтернативе	Сценарио број 1	Сценарио број 2	Сценарио број 3	Сценарио број 4
		РАНГ АЛТЕРНАТИВА			
Метода: MABAC	A ₁	2	-	2	2
	A ₂	4	-	4	4
	A ₃	3	-	3	3
	A ₄	1	-	1	1
Метода: SAW	A ₁	2	3	2	2
	A ₂	3	2	4	3
	A ₃	4	1	3	4
	A ₄	1	4	1	1
Метода: TOPSIS	A ₁	2	3	2	2
	A ₂	3	2	3	3
	A ₃	4	1	4	4
	A ₄	1	4	1	1

Из приказане табеле можемо видети да су методе SAW и TOPSIS индентичне у својим резултатима, док одређена одступања имамо код MABAC методе. Резултати су идентични са резултатима добијеним код анализе осетљивости. Следствено томе, прворангирана је алтернатива 4, а последње рангирана алтернатива 3. У другом сценарију добијамо да је прворангирана алтернатива 3, а алтернатива 4 последње рангирана, што је потпуно супротно у односу на остале сценарије. До тога долази јер се почетне вредности матрице одлучивања приликом нормализације враћају на првобитни сценарио.

Закључак

Ризик од повређивања на раду је у последњих неколико година често предмет бројних расправа и дискусија, нарочито од почетка примене одредби Закона о безбедности и здрављу на раду. Ризик, као комбинација вероватноће и последица опасног догађаја свакако се може умањити или пак елиминисати искључиво правовременом и савесном применом превентивних мера за безбедан и здрав рад при коришћењу опреме за рад, које сваки појединац (небитно од категорије лица) треба да у свом раду перманентно примењује и да се истих придржава.¹⁷

На основу изнетог у раду, можемо закључити да је код ВАО тежиште дато на ДО, односно на његовој перцепцији у контексту одређивања вредносних скала квалитативних атрибута, односно њихове квантификације, следствено томе закључујемо да је коначно решење проблема условљено субјективизмом ДО. Ради превенције наведеног у пракси се најчешће користи метода испитивања, односно анкетирање или интервјуисање као технике наведене методе, увођењем већег броја експерата,¹⁸ у предмет истраживања, а потом се врши њихово оцењивање, а све у циљу добијања „реалнијих“, односно објективних вредности ВТК, јер како смо то могли видети и у овом раду управо ове вредности пресудно утичу на решење проблема. Због обимности наведеног поступка, у овом раду то нисмо применили, али би даља истраживања овог проблема свакако ишла и у том правцу.

Применом неколико метода из домена ВАО дошли смо до података који су предмет даље обраде у контексту процене ризика од повређивања, односно одређивања квантификације и рангирања ризика. Овде је битно истаћи да смо компаративном анализом резултата добијених применом метода ВАО дошли до „стабилног“ и „прецизног“ решења у виду одређења године са највећим ризиком у погледу повређивања кадета. Следствено томе, основа даљих анализа повреда кадета била би **2017. година** (алтернатива 4), која би то била и према вероватноћи настанка повреда (гледано са аспекта укупног броја повреда у години и повреда током реализације наставно-образовног процеса). Даље анализе повреда кадета кретале би се превасходно у правцима утврђивања:

– садржаја наставе (активности) у ВА са највећим ризиком, а сходно броју и врсти повреда;

– детаљније анализе повређивања сходно врстама и тежинама повреда и

– локација реализације наставе са највећим ризиком.

Резултати ових анализа допринели би посматрању целокупног контекста вероватноће настанка повреда као примарног дела (уз последице повреда) процене ризика од повређивања, како би смо могли квантификовати и рангирати ризик, а као крајњи резултати могли применити сет адекватних превентивних мера за безбедан и здрав рад којим би се ризик довео на ниво „прихватљивог“.

¹⁷ Ковачевић, Н., *Превентивне мере за безбедан и здрав рад при коришћењу амфибијског транспортера ПТС-М*, Војнотехнички гласник, 64/2, стр. 166-179.

¹⁸ Како смо навели у раду доносилац одлуке не мора нужно бити појединац, већ је чак и пожељно да то буде група људи или тим. У систему одбране углавном је случај да одлуку доноси појединац на предлог својих сарадника – официра специјалиста, али нажалост то све више представља раритет у пракси.

Менаџмент ризиком је дисциплина која се брзо развија и налази своју примену у различитим сферама друштвене делатности, жеља аутора рада је превасходно била да прикаже један сегмент примене ове дисциплине у систему одбране, и то на практичном, односно реалном примеру са стварним подацима, како би се свеобухватније могао схватити бенефит њене примене. Такође, аутори су желели да посебно истакну могућност примене менаџмента ризиком у систему одбране¹⁹, која би временом могла да се изграђује и еволуира у једну од *differentia specifica* менаџмента ризиком.

Литература

[1] Јовановић, П., *Менаџмент - теорија и пракса*, Факултет организационих наука, Београд, 2005

[2] Каровић, С., *Кризни менаџмент*, Медија центар „Одбрана“, Београд, 2015, стр. 263.

[3] Ковачевић, Н., *Превентивне мере за безбедан и здрав рад при коришћењу амфибијског транспортера ПТС-М*, Војнотехнички гласник, 64/2, стр. 166-179.

[4] Ковачевић, Н., Димитријевић, Н., *Анализа повреда кадета Војне академије применом вишеатрибутивног одлучивања*, Ризик и безбедносни инжењеринг 2017, Копаоник, 09-11.01.

[5] Петровић, Д., и други, *Менаџмент и организација*, Факултет организационих наука, Београд, 2011

[6] Савић, С., Станковић М., *Теорија система и ризика*, Академска мисао, Београд, 2012, стр. 269

[7] *Упутство за оперативно планирање и рад команди у Војсци Србије (привремено)*, ГШ ВС, Београд, 2017, стр. 84

[8] *FM 5-19*, Headquarters Department of Army, Washington, 2006, pp. 3

[9] Hertz, D.,B., *Risk Analysis in Capital Investment*, Harvard Business Review, Vol. 46., 1968

[10] Hwang, C.L., Yoon, K., *Multiple Attribute Decision Making, A State of the Art Survey*, Springer-Verlag, Berlin, 1981

[11] Чулић, М., *Увод у теорију одлучивања*, Научна књига, Београд, 1987

[12] Чулић, М., Сукновић, М., *Одлучивање*, Факултет организационих наука, Београд, 2010, стр. 129.

¹⁹ Могућност примене менаџмента ризиком изван процеса доношења војних одлука.