

UDC: 005.311.6:004

Info M str. 14-21

РАЗВОЈ СИСТЕМА ЗА ПОДРШКУ ОДЛУЧИВАЊУ У ПРОЦЕСУ ОБУКЕ ВОЈНИКА DEVELOPMENT OF A DECISION SUPPORT SYSTEM IN THE SOLDIER TRAINING PROCESS

Желько Јокић, Сандро Радовановић, Андрија Петровић, Борис Делибашић

РЕЗИМЕ: Овај рад представља систем за подршку у одлучивању примењен при обуци младих војника и кадета током прве две године Војне академије, са акцентом на вештине гађања коришћењем DIDEX методологије. За потребе развоја система, праћени су кадети у Војној академији који су учествовали у обуци путем симулатора који омогућава ефикасније усвајање вештина гађања кроз реалистичне сценарије. Истраживање је показало да кадети који су учествовали у обуци путем симулатора, посебно они који су вежбали два пута недељно, имају значајно боље резултате у гађању у поређењу са контролном групом и онима који су вежбали једном недељно. Међутим, просторни капацитет ограничавају употребу симулатора те је неопходно проценити којем полазнику треба понудити обуку путем симулатора. Развијени систем за подршку одлучивању показују да комбинација симулација и циљаног саветовања има потенцијал да значајно побољша резултате у гађању. Такође, развијени систем за подршку одлучивању заснованог на DIDEX методологији пружа персонализоване препоруке за обуку, усмерене на појединачне потребе стрелца.

КЉУЧНЕ РЕЧИ: Системи за подршку одлучивању, Симулација, Војна обука

ABSTRACT: This paper presents a decision support system applied to the training of young soldiers and cadets during the first two years at the Military Academy, with a focus on shooting skills using the DIDEX methodology. For the development of the system, cadets at the Military Academy were monitored while participating in training through simulators, which enable more effective acquisition of shooting skills through realistic scenarios. The research showed that cadets who participated in simulator training, particularly those who practiced twice a week, achieved significantly better shooting results compared to the control group and those who practiced once a week. However, spatial capacity limits the use of simulators, making it necessary to assess which trainees should be offered simulator-based training. The developed decision support system demonstrates that combining simulations with targeted counseling has the potential to significantly improve shooting performance. Furthermore, the decision support system, based on the DIDEX methodology, provides personalized training recommendations tailored to the individual needs of shooters.

KEY WORDS: Decision Support Systems, Simulation, Military Training

УВОД:

Обука у правилима гађања стрелачким наоружањем је најинтересантнији али уједно и најкомплекснији део обуке за сваког субјекта обучавања (војника, кадета) који се први пут среће са ватреним наоружањем. Свакако, овај део обуке представља изазов и за инструктора и за субјекта обучавања. Прво и основно, током обуке са војницима и кадетима мора бити обезбеђена потпуна безбедност свих учесника у наставном процесу, како субјекта обучавања тако и инструктора обуке. Да би се исто постигло морају се строго поштовати мере безбедности, сигурности и заштите, процедуре и правила, која могу бити комплексна и захтевна за примену, посебно у динамичном окружењу вежбалишта [12]. Поред тога, ма колико се трудили, стварне услове борбе тешко је симулирати у контролисаним условима, што ограничава могућности за реалистично усавршавање вештина гађања [7, 10]. Још један значајан изазов јесте обезбеђивање довољне количине муниције и одговарајућих ресурса, који су често скупи и тешко доступни, ограничавајући тиме фреквенцију и интензитет тренинга [12, 28].

С друге стране, варијабилност индивидуалних способности војника такође представља изазов у процесу обуке [6, 30, 13]. Различити војници имају различите физичке, менталне и техничке способности, што захтева што је могуће персонализованији приступ обуци како би сваки војник достигао жељени ниво обучености [30]. Овај индивидуализовани приступ захтева додатно време, ресурсе и

обучене инструкторе, који могу адекватно да одговоре на потребе сваког појединца. Уз све ово, психолошки аспекти гађања, укључујући управљање стресом и страхом, кључни су за успех обуке, али истовремено представљају један од најтежих аспеката за обучавање и усвајање знања [13].

Војна академија је за потребе наставе са кадетима из предмета Наоружање са наставом гађања опремљена симулатором који опонаша различите ситуације које могу да се сретну у реалним условима. Пре свега, симулатор поседује емпиријски утврђено ефективне модуле за гађање у статичне или покретне мете [7], гађање у различитим временским условима који утичу на балистику зрна [6], различитим сценаријима који се крећу од једноставних мета у једноставним околностима до комплексних сценарија у којима се могу наћи и цивили, таоци и друге нежељене мете [33, 31, 7]. Обука се врши са правим оружјем, пушкама и пиштољима, које је одређеним променама делова прилагођено за симулатор. Пошто се ради о правом оружју, тежина је идентична као и приликом гађања бојевом муницијом, а особине и понашање оружја, попут трзаја и звука пуцња су репликовани у најбољој мери.

У раду је фокус на развоју система за подршку одлучивању у процесу обуке војника. Систем за подршку, усмерен је на пружање индивидуалних препорука и савета о самој обуци, омогућава прецизније усклађивање обучавања са специфичним потребама и способностима сваког војника. Разумевање да не постоје два идентична војника, нити две идентичне трајекторије учења, основа је за развој овог сис-

тема [6, 30]. Сам систем за подршку одлучивању процеса обуке почива на два стуба, на подацима засновано учење модела подршке и израда персонализованих препорука за унапређење процеса обуке. Методологија која нам омогућава развој оваквог система је *DIDEX* (енг. *Data Induced Decision EXpert*) методологија [24] која учи хијерархију правила одлучивања од дна ка врху из података и као резултат даје персонализоване препоруке појединцима на које области да се фокусирају како би резултат обуке био бољи.

Остатак рада је организован у следећим целинама. У наредном поглављу биће описан преглед литературе који за задатак има да прикаже сазнања која постоје у области процеса обуке младих војника, као и идентификацију кључних компоненти које је потребно измерити како би се креирао добар модел персонализације обуке. У трећем поглављу биће описани подаци који су добијени мерењем физичких и интелектуалних особина полазника пре и после процеса обуке, те ће бити описана методологија израде система за подршку одлучивању у процесу обуке. Резултати истраживања ће бити приказани у четвртном поглављу. Напошетку, у последњем поглављу приказани су закључци истраживања и правци будућих истраживања.

ПРЕГЛЕД ЛИТЕРАТУРЕ:

Процес обуке војника је веома комплексна тема. Према [12], војна обука представља припрему појединаца и јединица за координисано и интегрисано деловање кроз вежбе на терену, у мору или у симулаторима, са циљем трансформације цивила у професионално војно особље. Обука у војсци је плански и организован процес стицања знања, вештина, навика, интелектуалних и моралних својстава припадника војске, јединица, команди и штабова, за извршавање индивидуалних и колективних задатака у миру, ванредној ситуацији и у рату [29]. Обука се дели на: индивидуалну, обуку послуга, посада и тимова, колективну и обуку команди [29]. Оно што разликује војну обуку од других облика обуке је нагласак на дисциплини, припреми за сваки могући сценарио и обуци колектива.

Имајући у виду да обука војника може бити не само физички, ментално и интелектуално веома захтевна, већ и са нежељеним исходима, обука заснована на симулацијама омогућава војсци да обезбеди неопходну обуку за своје снаге које могу развијати и одржавати стручност на нивоима који су исти или виши од тренутних, док истовремено у већој мери решавају економске, еколошке и безбедносне ризике [28, 5]. Додатно, обука путем симулација има и позитивне ефекте [27]. Прво, откривено је да већа визуелна имерзија изазива и веће осећаје присутности код полазника. Односно, употреба симулатора служи као бољи механизам за пренос знања у поређењу са преносом знања само путем речи. Друго, уочено је да постоји умерена веза између обуке путем симулација и перформанси полазника, тј. полазници који су обуку вршили путем симулација су у просеку имали боље резултате од других полазника.

Када се посматра процес обуке путем симулација, анализирано је доста фактора који се могу груписати у

различите категорије, попут физичке, техничке, тактичке, али и менталне и интелектуалне [33, 13, 17, 7, 28]. Међутим, у раду [13] идентификовано је да се фактори који утичу на ефикасност војне обуке у виртуелном окружењу могу поделити у три категорије. То су *мотивација полазника*, која подразумева индивидуални стил учења, преференције за коришћење технологије, као и индивидуалне карактеристике полазника, *мотивација наставника*, која обухвата начин и стил преноса знања, комуникација са полазницима, али и подршка у процесу обуке и на крају *могућности симулационог алата и садржај обуке*, који обухвата простор, звук, анимација, догађај, објекат, наратив, карактер и дизајн обуке. У принципу, сви фактори су управљиви у већој или мањој мери, међутим програм обуке је често ограничен детаљним упутствима, прописима и оперативним процедурама, које укључују сценарије и активности са ризиком од губитка здравља или живота, те се он најопрезније развија [13].

Дакле, емпиријски је потврђено да обука путем симулација има позитивне ефекте. Међутим, симулација као алат у обуци има неколико ограничења [13, 7, 5, 20]. Прво и најважније ограничење је чињеница да се симулација више фокусира на окружење за учење него на организационе аспекте и саме исходе обуке. Односно, из перспективе организације, често се изоставља управљање временом, људима, реализацијом обуке и ресурсима. Друго ограничење се тиче улоге наставника која је ограничена на факторе попут комуникације са полазницима. На крају, војна обука се изводи под строгим оперативним процедурама, које подразумевају ригидан приступ дизајну обуке, који наставници не могу лако да модификују. Поред наведеног, финансијски и временски аспекти овакве обуке могу бити веома велики. Наиме, могућности употребе симулатора су ограничене на инсталиране ситуације што може довести до претренираности полазника на постојеће вежбе и мањак моћи да стечено знање пренесу у реални систем [9]. Са друге стране, симулације су ограничене капацитетима, те није могуће све полазнике третирати на истоветан начин. Због тога је потребно развити систем који ће помоћи инструктору са препорукама шта појединац треба да ради како би постигао боље резултате обуке. На крају, симулатори имају потенцијал да постану део војне обуке, а начин на који људски инструктори уклапају вежбе засноване на симулацијама у шири контекст могу да служе као модел за системе интелигентног туторства [4].

Према доступној литератури, до сада није развијен систем за подршку одлучивању у домену обука полазника у војсци. Развијено је доста модела за помоћ у доношењу одређених одлука у војном домену, укључујући избор калибра пушке [16], тачности и прецизности оружја [23, 18], развоја новог оружја [32] и избор различитих локација за војне потребе [3]. Посебно су истакнуте вишекритеријумске методе одлучивања као што су АНР, TOPSIS и ELECTRE III.

Методологија истраживања:

У овом поглављу су описани подаци који су коришћени за истраживање, као и *DIDEX* методологија.

Опис података:

Како би се унапредио систем обуке и избегли проблеми наведени у претходном поглављу, спроведено је истраживање о употреби и ефективности симулације на Војној академији Универзитета одбране у Београду. Полазници су стратификовано и насумично подељени у односу на пол и почетне резултате у три категорије чиме је обезбеђена правилна узрочно-последична поставка истраживања [26]. Прва група је контролна група која подразумева да полазници нису вежбали гађање у симулатору. Другу групу чине полазници који су вежбали гађање у симулатору једном недељно, док трећу групу чине полазници који су вежбали гађање у симулатору два пута недељно. Испитивање обухвата 165 кадета Војне академије који су праћени током целе 2022. године. Односно, полазници су праћени током 11 недеља када им се бележио резултат гађања у реалном окружењу. Сви полазници су имали два контролна гађања који су се одиграли један пре обуке и други на средини обуке.

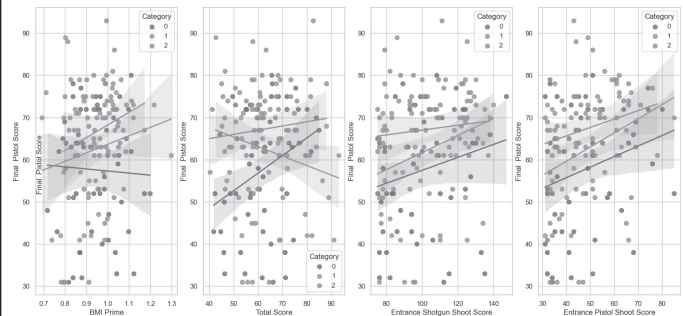
Подаци који су прикупљени за потребе истраживања су приказани у табели испод.

Табела 1. Опис података

Особина	Објашњење
Пол полазника	Изјашњени пол полазника. Могуће вредности су женски и мушки.
Модул полазника	Модул Војне академије који полазник похађа. Вредности су трансформисане у бинарне вредности тако да вредност 1 представља полазнике који током школовања имају обуку са оружјем, обратно 0.
Средња школа	Средња школа полазника. Вредности су трансформисане у бинарне вредности тако да вредност 1 представља полазнике који током школовања имају обуку са оружјем (Војна гимназија и Средња стручна војна школа), обратно 0.
Индекс телесне масе	Индекс телесне масе израчунат као однос тежине у килограмима и квадрата висине у метрима. Додатно, индекс је подељен са 25 ради лакшег резонувања и манипулације бројевима [11].
Укупан резултат на пријемном испиту	Остварени резултат на пријемном испиту за упис на Војну академију који укључује резултате на тесту из математике и тесту физичке провере.
Улазни резултат на гађању из пушке	Број кругова које је кандидат остварио на првом гађању из пушке (нула недеља обуке).
Улазни резултат на гађању из пиштоља	Број кругова које је кандидат остварио на првом гађању из пиштоља (нула недеља обуке).
Коначни резултат на гађању из пиштоља	Број кругова које је кандидат остварио на коначном гађању из пиштоља (након 11 недеља обуке).

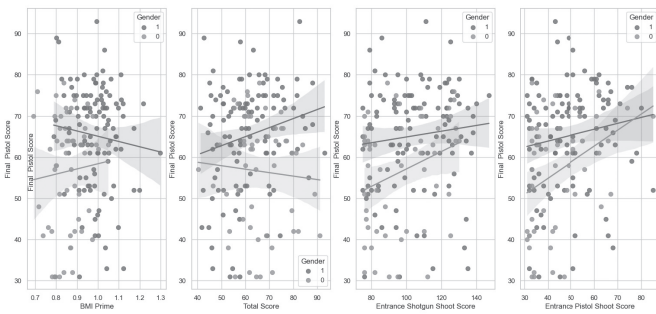
Посматрајући податке могу се извести интересантни закључци. Наиме, на слици 1 су приказани однос коначног резултата на гађању из пиштоља и 1) индекса телесне

масе, 2) укупног резултата на пријемном испиту, 3) улазног резултата на гађању из пушке и 4) улазног резултата на гађању из пиштоља. Тачке на слици представљају полазнике, а боја којој категорији припадају (плава боја одговара контролној групи, црвена боја полазницима који су имали обуку у симулатору једном недељно и зелена боја полазницима који су имали обуку у симулатору два пута недељно).



Слика 1. Однос коначног резултата на гађању из пиштоља и 1) индекса телесне масе, 2) укупног резултата на пријемном испиту, 3) улазног резултата на гађању из пушке и 4) улазног резултата на гађању из пиштоља у зависности од експерименталне групе

Може се приметити да су полазници који су имали обуку у симулатору два пута недељно имали бољи коначни резултат у поређењу са осталим полазницима (зелена линија је константно изнад других линија). Међутим, интересантан закључак се може уочити када су кандидати имали висок улазни резултат на гађању из пушке или улазни резултат на гађању из пиштоља, а имали су обуку у симулатору једном недељно (јачина раста линеарне функције на слици 1-3 и 1-4). Њихови резултати су веома добри и неретко надмашују остале полазнике. Следећи битан закључак из података се уочава посматрањем корелације по групама. Можемо приметити да индекс телесне масе има негативну корелацију са коначним резултатом само за контролну групу, док је код експерименталних група корелација позитивна. Односно, може се доћи до индикације да обука путем симулација побољшава резултате код полазника који су око жељене тежине или благо изнад. Међутим, изненађујуће је да полазници који су имали обуку у симулатору једном недељно имају негативну корелацију између укупног резултата на пријемном испиту и коначног резултата на гађању из пиштоља. Потенцијално објашњење је да постоји збуњујући фактор (енг. *confounding factor*) [15] који утиче истовремено и на коначни резултат и резултате на пријемном испиту, само за ту подгрупу људи. На слици 2 је дат потенцијални одговор. Наиме, пол полазника може да објасни да су жене у овом случају спустиле скор. Тачније, ови полазници су остварили добре резултате на тесту из математике, а добре резултате на тесту физичке спремности чиме им је укупан резултат био добар. Такође треба уочити да комбинација пола и индекса телесне масе има различити ефекат на коначни резултат. Наиме, мушкарци прекомерне тежине имају нижи резултат од других мушкараца.

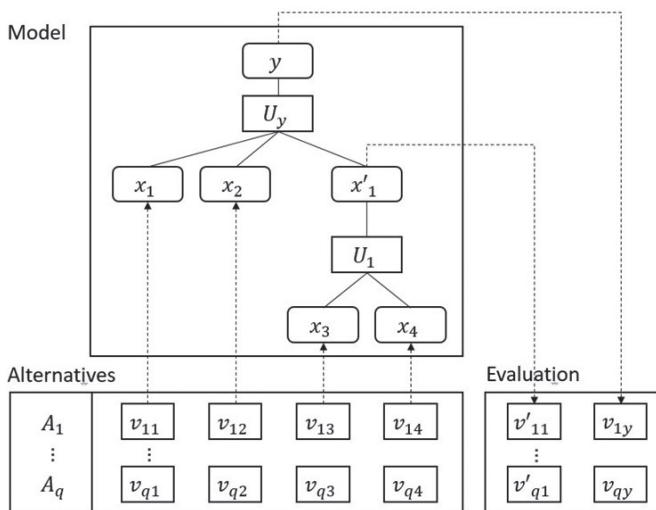


Слика 2. Однос коначног резултата на гађању из пиштоља и 1) индекса телесне масе, 2) укупног резултата на пријемном испиту, 3) улазног резултата на гађању из пушке и 4) улазног резултата на гађању из пиштоља у зависности од пола

Имајући у виду да постоје видљиве разлике у резултатима обуке, стварање система за подршку одлучивању који пружа персонализоване препоруке за унапређење обуке војника има основу у разумевању да не постоје два идентична војника, нити две идентичне трајекторије учења. Ове разлике захтевају приступ који може да препозна јединствене потребе појединца и омогућавајући инструктору да максимално искористи њихов потенцијал.

DEX МОДЕЛ ЗАСНОВАН НА ПОДАЦИМА:

За решавање идентификованог проблема одговарајућа је DEX методологија. DEX је квалитативни метод анализе одлучивања који је заснован на више, често супротстављеним, критеријума, а дизајниран је тако да аутоматизује процес доношења одлука и може да се користи као систем за подршку одлучивању [2]. Основни принципи DEX-а одржавају намерну једноставност, где су доносиоци одлука, односно у овом случају подаци, задужени за конструисање модела кроз хијерархијску декомпозицију [1]. У суштини, добијени модел примењује патерн „подели па владај“ приликом прављења модела и „сви као један“ у процесу доношења препорука.



Слика 3. Приказ DEX модела (преузето из [24])

Процес изградње DEX модела подразумева успостављање скупа улазних атрибута (на слици обележени као x_i), дефинисање циљног атрибута (y), прављење хијерархије између атрибута и правила одлучивања (U_i). У нашем истраживању, атрибути који су описани у табели 1 су атрибути које ћемо користити, с тим да су сви атрибути изузетно коначног резултата на гађању из пиштоља улазни атрибути, док је тај атрибут излазни.

Поступак одређивања хијерархије и одређивање правила одлучивања је научен из података коришћењем адаптације DEX методе која се зове DIDEX [24, 8]. DIDEX је дизајниран тако да развије DEX модел на основу података са идејом да задржи све особине доброг система за подршку одлучивању, а уведе и особину предиктивне моћи [24] и тиме обезбеди могућност да предвиди нове и до тада непредвиђене ситуације.

Прављење DEX модел DIDEX алгоритмом је вођена са четири критеријума које доносилац одлуке поставља (хијерархија параметри алгоритма). То су дубина хијерархије добијеног модела, укупан број правила одлучивања, баланс у правилима одлучивања (енг. support) и, на крају, тачност DEX модела.

Превише дубока хијерархија отежава корисницима модела да разумеју како је одлука донета. Са друге стране, превише плитка хијерархија модела можда неће адекватно ухватити специфичности проблема и неће решити проблем који је постављен. Број правила одлучивања утиче и на тачност и на једноставност модела. Баланс правила одлучивања у табели има за циљ да спречи претренирање модела тако што обесхрабрује правила која се примењују само на мали број случајева (у овом случају полазника). Тачност је кључна, али у многим апликацијама може се донекле жртвовати за разумљивост, омогућавајући доносиоцима одлука да објасне одлуке једноставним терминима. DIDEX алгоритам рекурзивно тражи најбољу комбинацију улазних атрибута које задовољавају све горе-поменуће особине. Односно, итеративно врши спајање улазних атрибута у нове концепте кроз учење правила одлучивања. Као резултат добија се DEX модел који је научен из података. За детаље око прављења хијерархије применом DIDEX алгоритма упућујемо заинтересованог читаоца на [24].

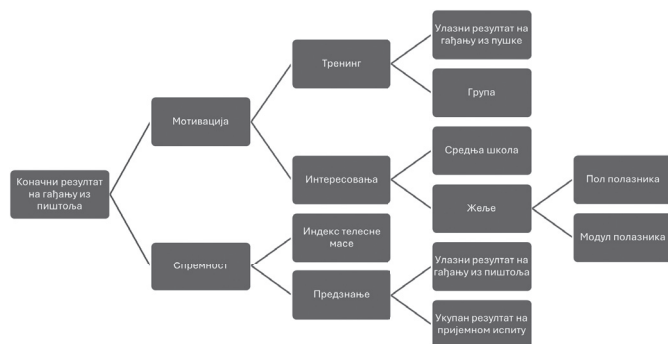
Када је успостављен DEX модел, односно изабрани су атрибути, научена је хијерархија и правила одлучивања, процес одређивања вредности циљног атрибута може да почне. Овај процес почиње од најнижег нивоа хијерархије (улазних атрибута) и уздиже се на врх хијерархије применом правила одлучивања. Конкретно, када се појави нови полазник, његове особине се агрегирају у изведене концепте користећи правила одлучивања, настављајући све док се не достигне циљни атрибут — у нашем случају, коначни резултат. Структурирана хијерархија и правила одлучивања воде овај процес, осигуравајући систематичну и подацима информисану вредност за тражену особину.

Битно је поново нагласити да је DEX модел квалитативан, што значи да су и улазни атрибути и излазни атрибут

категоричког типа. Због тога, спроведена је дискретизација података применом методе једнаких категорија. Овај приступ је предложен у [24] како би се обезбедило да свака категорија има подједнак број елемената, односно како би постојао баланс у правилима одлучивања. Дакле, атрибуту *Индекс телесне масе*, *Укупан резултат на пријемном испиту*, *Улазни резултат на гађању из пушке*, *Улазни резултат на гађању из пиштоља* и *Коначни резултат на гађању из пиштоља* биће трансформисани тако да имају три могуће вредности. То су *Ниска*, *Средња* и *Висока*. *Ниска* вредност сигнализира вредност која се налазила у 33,3% најнижих вредности, вредност *Средња* сигнализира вредност која је била у средњих 33,3%, док вредност *Висока* представља вредност која је била у најбољих 33,3%. Вреди напоменути да је *Индекс телесне масе* конвертован тако да је најгора вредност највећа (уочено у подацима), тако да су највећих 33,3% класификовани у категорију *Ниска*, а најнижих 33,3% у категорију *Висока*. Атрибуту *Пол полазника*, *Модул полазника* и *Средња школа* су трансформисани у бинарне податке, тако да вредност 0 представља *Ниску* вредност, а вредност 1 *Високу* вредност.

РЕЗУЛТАТИ ИСТРАЖИВАЊА:

Након спровођења *DIDEX* алгоритма добијен је модел приказан на слици 4. Дубина хијерархије је 5, што је у складу са препорукама које се налазе у [2]. Односно, модел није превише дубок што омогућава доносиоцима одлука да разумеју процес доношења одлуке. Називе изведених концепата су аутори самостално одредили и први који се појавио јесте *Жеље* полазника. Овај концепт настаје комбинацијом пола и модула полазника. Назван је жеље зато што представљају резултат размишљања полазника шта би желео да буде након завршетка средње школе и студија. Затим, изведен је концепт *Тренинг*. Овај концепт настаје спајањем улазних резултата на гађању из пушке и групе у којој је додељен. Изведен је и концепт *Интересовања* који спаја концепт *Жеља* и средњу школу полазника. Постоји и концепт *Предзнање* који се добија спајањем улазних резултата на гађању из пиштоља и резултата на пријемном испиту. Претпоследњи ниво чине *Мотивација* и *Спремност*.



Слика 4. Добијена хијерархија

За сваки изведени концепт и за излазни атрибут добијемо табелу правила одлучивања. Како имамо пет изведених

концепата и један циљни атрибут, број табела правила одлучивања износи шест. Зарад читљивости, приказујемо само табелу правила одлучивања за циљни атрибут.

Табела 2. Табела правила одлучивања за циљни атрибут

Мотивација	Спремност	Коначни резултат на гађању из пиштоља
<i>Ниска</i>	<i>Ниска</i>	<i>Ниска</i>
<i>Ниска</i>	<i>Средња</i>	<i>Средња</i>
<i>Ниска</i>	<i>Висока</i>	<i>Средња</i>
<i>Средња</i>	<i>Ниска</i>	<i>Средња</i>
<i>Средња</i>	<i>Средња</i>	<i>Средња</i>
<i>Средња</i>	<i>Висока</i>	<i>Висока</i>
<i>Висока</i>	<i>Ниска</i>	<i>Средња</i>
<i>Висока</i>	<i>Средња</i>	<i>Средња</i>
<i>Висока</i>	<i>Висока</i>	<i>Висока</i>

Правила одлучивања се читају у облику АКО-ТАДА правила, што значи да ће коначни резултат на гађању из пиштоља бити *низак* ако је мотивација *ниска* и ако је спремност *ниска*. Односно, коначни резултат на гађању из пиштоља ће бити *висок* ако су и мотивација и спремност *високи* или ако је мотивација *средње велика*, а спремност *висока*. Све остале комбинације воде ка томе да резултат који се остварује буде *средњи*.

Добијени *DEX* модел даје више од скупа правила која се могу користити за доношење препорука за нове случајеве. Као резултат можемо добити и значајност атрибута у коначном доношењу одлука. Табела значајности је приказана испод. Уколико је атрибут означен у курзиву, онда је реч о основном атрибуту који се налази скупу података, односно ако је атрибут није означен онда је реч о изведеном концепту. Локална значајност описује колико атрибут утиче на одређивање њему надређеног атрибута (нпр. *Пол* и *Модул* утичу 50% и 50% на одређивање *Интересовања*), док глобална значајност описује колико атрибут утичу на коначну одлуку (нпр. *Пол* и *Модул* утичу 7% и 7% на одређивање *Коначног резултата на гађању из пиштоља*).

Атрибут	Локална значајност	Глобална значајност
Мотивација	40	40
Тренинг	67	27
<i>Улазни резултат на гађању из пушке</i>	20	5
<i>Група</i>	80	21
Интересовања	33	13
<i>Пол полазника</i>	50	7
<i>Модул полазника</i>	50	7
Спремност	60	60
<i>Индекс телесне масе</i>	60	36
Предзнање	40	24
<i>Укупан резултат на пријемном испиту</i>	14	3
<i>Улазни резултат на гађању из пиштоља</i>	86	21

Од основних атрибута један од најбитнијих атрибута је *Група* (глобална значајност износи 21%) што сигнализира да је процес обуке у симулатору веома информативан за коначни резултат. Односно, полазници који су своју обуку засновали на симулацијама су развили своју стручност на нивоима који су виши од почетних што је закључак и других истраживања у овој области [28, 5]. Како је тестирање спроведено у реалном систему, могућност прилагођавањима вежбама које су доступне у симулатору није био ефекат ове обуке, већ су полазници стекли праве вештине. Односно, због веће визуелне имерзије развијен је већи осећај за простор и позорност полазника чиме су се прецизност и респонзивност повећале. Такође, подједнако битан фактор је *Улазни резултат на гађању из пиштоља*. Односно, полазници који су били иницијално успешни у гађању су остали успешни и на коначном тестирању.

Интересантан атрибут је *Индекс телесне масе* који носи значајност од 36%. Истраживања су показала да је степен спремности јако корелисан са перформансама у војним задацима. Тачније, девијација од „савршене“ спремности повећава могућност грешке и лоше извршених задатака [14, 22]. Иако постоје критике индекса телесне масе [19], оно што се може рећи јесте да је релативно добар показатељ физичке спремности појединца. У овом истраживању, мушкараци са већим индексом телесне тежине су имали слабије резултате од мушкараца који су близу „савршеног“ индекса телесне масе. Разлог томе је чињеница да је физички напорније спровести вежбу која је дужег трајања са већом телесном тежином [6, 22]. Обрнут закључак важи за жене, код којих постоје полазници са веома ниским индексом телесне тежине, а који су имали ниже резултате.

Интересантно је да *Пол* и *Модул* полазника самостално нису имали веће значајности на одређивање коначног резултата, а такође је интересантно да *Улазни резултат на гађању из пушке* и *Укупан резултат на пријемном испиту* нису утицали. Одсуство значајности за оба атрибута се може описати као постојање идентичне информације која се налази у атрибутима *Улазни резултат на гађању из пиштоља* и *Индекс телесне масе*, а да је DEX модел изабрао онај атрибут који је информативнији за коначну одлуку. Ово је једна од особина која је пожељна у системима за подршку одлучивању која тражи да се систем за подршку одлучивању направи од најмањег подкупа особина, али не мањем од тога [2].

На крају, добијени модел може да се користи као систем за персонализоване препоруке кроз +/- анализу. Ова анализа приказује могуће исходе за јединични померај атрибута за једну вредност на боље и за једну вредност на горе што представља моћан механизам за подршку одлучивању [8, 1] и један од основних механизма за анализу осетљивости решења у теорији одлучивања [21]. Ова анализа даје одговор на питање *шта је потребно полазник да промени како би остварио бољи резултат* и питање *на које факторе треба обратити пажњу како полазник не би покварио свој резултат*. Испод су приказана два фиктивна полазника како би се де-

монстрирала могућност +/- анализе. Уместо вредности ниска, средња и висока приказане су вредности 1, 2 и 3.

Attribute	-1	Петар Петровић	+1
Коначни резултат на гађању из пиштоља		2	
├─ Улазни резултат на гађању из пушке	[1		
├─ Група	2		
├─ Пол	1]
├─ Модул	1]
└─ Индекс телесне масе	1	3]
├─ Укупан резултат на пријемном испиту		3	
├─ Улазни резултат на гађању из пиштоља	[1]

Слика 5. Пример +/- анализе на фиктивном примеру мушкараца

На слици 5 је приказан мушкарац који има ниску вредност улазног резултата на гађању из пушке и пиштоља, а који је физички веома спреман. Овакав полазник ће бити у категорији Средњих резултата на коначном тестирању, а инструктор треба да води рачуна да овај полазник не поквари вредност индекса телесне масе јер ће лошија вредност физичке спремности покварити коначни резултат полазника на Ниску (поред вредности 3 у реду Индекс телесне масе у колони -1 стоји вредност 1). Нажалост, за овог полазника нема препорука које би поправиле његов коначни резултат на бољу вредност.

Слично томе, на слици 6 је приказана жена која има одличне вредности улазног резултата на гађању из пушке и пиштоља, која је средње физички спремна и предвиђено је да припада контролној групи. У овом случају се исплати инструктору да полазницу пребаци у групу која ће једном недељно вежбати у симулатору јер ће њени резултати из категорије Средњи прећи у категорију Добри (вредности 3 у колони +1 у реду Група). Међутим, инструктор би требало да обрати пажњу на индекс телесне масе, јер преласком у лошију категорију, полазница прелази у категорију Ниски коначни резултат.

Attribute	-1	Марија Марковић	+1
Коначни резултат на гађању из пиштоља		2	
├─ Улазни резултат на гађању из пушке		3	
├─ Група	[1		3
├─ Пол	[0		
├─ Модул	[0		
└─ Индекс телесне масе	1	2	
├─ Укупан резултат на пријемном испиту	[1		
├─ Улазни резултат на гађању из пиштоља		3]

Слика 6. Пример +/- анализе на фиктивном примеру жене

ЗАКЉУЧАК:

Истраживање представљено у овом раду бави се значајним изазовима и потенцијалним решењима у контексту обуке младих војника и кадета, са фокусом на усавршавање вештина гађања. Узимајући у обзир бројне изазове као што су безбедност током обуке, тежина симулације стварних борбених услова, доступност ресурса и разлике у индивидуалним способностима полазника, велика је потреба за развојем прецизнијих и ефикаснијих метода обуке. Имајући то у виду, примена симулација и развој система за подршку одлучивању, заснован на DIDEX методологији, показују се као елементи у обезбеђивању персонализованог приступа обуци.

Rezultati ovog istraživanja sugerišu da upotreba simulacija, uz upotrebu podataka, omogućava unapređenje obuke, što je nedvosmisleno pokazano boljim rezultatima kod polaznika koji su gađali na simulatoru. Osim toga, važnost personalizacije obuke, koja uzima u obzir individualne sposobnosti i potrebe polaznika, ističe se kao kritički faktor u optimizaciji procesa obučavanja.

Систем за подршку одлучивању, развијен коришћењем *DIDEX* методологије, показао је да квалитативна анализа одлучивања може да се ефикасно користи за унапређење обуке, омогућавајући инструкторима да прецизно идентификују области за унапређење и да у складу са тим пружају циљане савете и препоруке полазницима.

Као правци будућих истраживања предложени су додатна валидација модела у будућим годинама, проучавање дугорочних ефеката примене симулација у обуци војника и кадета војних академија, као и разматрање утицаја психолошких фактора на успех обуке. Са алгоритамске стране, *DIDEX* методологија може да се унапреди кроз паметније спајање атрибута у концепте који су не само предиктивно добри, већ и смислени са аспекта доносиоца одлуке. За такав подухват неопходно је поседовати изузетно знање о спољном свету на располагању, као што су велики језички модели [25].

ЛИТЕРАТУРА:

- [1] Bohanec, M. (2017). Multi-criteria DEX models: an overview and analysis. *SOR '17 Proceedings (Ljubljana: Slovenian Society Informatika, Section for Operational Research)*.
- [2] Bohanec, M. (2022). Dex (decision expert): A qualitative hierarchical multi-criteria method. In *Multiple Criteria Decision Making: Techniques, Analysis and Applications* (pp. 39-78). Singapore: Springer Nature Singapore.
- [3] Božanić, D. I., Pamučar, D. S., & Karović, S. M. (2016). Hibridni model fuzzy AHP-MABAC za rangiranje potencijalnih lokacija za izradu maskirnih vozova. *Beograd: Vojnotehnički glasnik*, 64(3), 705-729.
- [4] Bratt, E. O. (2009). Intelligent tutoring for ill-defined domains in military simulation-based training. *International Journal of Artificial Intelligence in Education*, 19(4), 337-356.
- [5] Bruzzone, A. G., & Massei, M. (2017). Simulation-based military training. *Guide to Simulation-Based Disciplines: Advancing Our Computational Future*, 315-361.
- [6] Cannon-Bowers, J. A., Salas, E., Tannenbaum, S. I., & Mathieu, J. E. (1995). Toward theoretically based principles of training effectiveness: A model and initial empirical investigation. *Military psychology*, 7(3), 141-164.
- [7] De Armas, C., Tori, R., & Netto, A. V. (2020). Use of virtual reality simulators for training programs in the areas of security and defense: a systematic review. *Multimedia Tools and Applications*, 79(5), 3495-3515.
- [8] Delibašić, B., Radovanović, S., and Vukanović, S. (2023) A Decision Support System for Internal Migration Policy-Making. *IPSI Transactions on Internet Research*, vol. 19(2), pp. 55-63.
- [9] Dietterich, T. (1995). Overfitting and undercomputing in machine learning. *ACM computing surveys (CSUR)*, 27(3), 326-327.
- [10] Fletcher, J. D. (2009). Education and training technology in the military. *Science*, 323(5910), 72-75.
- [11] Gadzik, J. (2006). "How much should I weigh?"--Quetelet's equation, upper weight limits, and BMI prime. *Connecticut medicine*, 70(2), 81-88.
- [12] Gagne, R. M. (1962). Military training and principles of learning. *American psychologist*, 17(2), 83.
- [13] Gawlik-Kobylińska, M., Maciejewski, P., Lebedź, J., & Wysokińska-Senkus, A. (2020, February). Factors affecting the effectiveness of military training in virtual reality environment. In *Proceedings of the 2020 9th International Conference on Educational and Information Technology* (pp. 144-148).
- [14] Hauschild, V., DeGroot, D., Hall, S., Deaver, K., Hauret, K., Grier, T., & Jones, B. (2014). Correlations between physical fitness tests and performance of military tasks: a systematic review and meta-analyses. *Aberdeen Proving Ground: Army Public Health Center (Provisional)*.
- [15] Hernán, M. A., & Robins, J. M. (2018). *Causal Inference*. CRC Press.
- [16] Jokic, Z., Delibasic, B., & Randjelovic, A. (2021). Selection of Rifle Caliber in Rearming Process of the Serbian Army. *Management: Journal of Sustainable Business and Management Solutions in Emerging Economies*.
- [17] Kim, S. Y. (2021). Effects of military training based on the virtual reality of army using AHP method. *Turkish Journal of Computer and Mathematics Education (TURCOMAT)*, 12(6), 551-556.
- [18] Kowalewski, J. (2021). Comparative Tests of Chosen Service Weapons and Their Simulators. *Part 1-5.56 mm Beryl Assault Rifle. Issues of Armament Technology*, 155(4), 7-21.
- [19] Kragelund, C., & Omland, T. (2005). A farewell to body-mass index?. *The Lancet*, 366(9497), 1589-1591.
- [20] Ocaña, M., Luna, A., Jeadá, V. Y., Carrillo, H. C., Alvear, F., & Rosales, M. (2023). Are vr and ar really viable in military education?: A position paper. In *Developments and Advances in Defense and Security: Proceedings of MICRADS 2022* (pp. 165-177). Singapore: Springer Nature Singapore.
- [21] Parmigiani, G., & Inoue, L. (2009). *Decision theory: Principles and approaches*. John Wiley & Sons.
- [22] Pihlainen, K. A. I., Santtila, M., Häkkinen, K., & Kyröläinen, H. (2018). Associations of physical fitness and body composition characteristics with simulated military task performance. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 32(4), 1089-1098.
- [23] Radovanović, M., Milić, A., & Petrovski, A. (2021). Analysis of accuracy and precision of shooting with home: Made automatic rifles using the AHP method. *Scientific Technical Review*, 71(1), 30-37.
- [24] Radovanović, S., Bohanec, M., & Delibašić, B. (2023). Extracting decision models for ski injury prediction from data. *International Transactions in Operational Research*, 30(6), 3429-3454.
- [25] Radovanović, S., Delibašić, B. & Vukanović, S. (2024) Combining LLM and DIDEX method to predict Internal Migrations in Serbia. In *Proceedings of ICDSST 2024* (to be published).
- [26] Spirtes, P. (2010). Introduction to causal inference. *Journal of Machine Learning Research*, 11(5).
- [27] Stevens, J. A., & Kincaid, J. P. (2015). The relationship between presence and performance in virtual simulation training. *Open Journal of Modelling and Simulation*, 3(2), 41-48.
- [28] Summers, J. E. (2012). Simulation-based military training: an engineering approach to better addressing competing environmental, fiscal, and security concerns. *Journal of the Washington Academy of Sciences*, 9-29.
- [29] Упутство за управљање обуком у Команди за обуку (2011). Београд: *МО ГШБС КЗО*, 9.
- [30] Vaara, J. P., Groeller, H., Drain, J., Kyröläinen, H., Pihlainen,

- K., Ojanen, T., ... & Nindl, B. C. (2022). Physical training considerations for optimizing performance in essential military tasks. *European Journal of Sport Science*, 22(1), 43-57.
- [31] Walsh, G., Andersen, N. S., Stoianov, N., & Jänicke, S. (2023). A survey of geospatial-temporal visualizations for military operations. In *International Joint Conference on Computer Vision, Imaging and Computer Graphics Theory and Applications* (pp. 115-129). SCITEPRESS Digital Library.
- [32] Woźniak, R. B., Zahor, M., Madej, P., Pawlak, J., & Piechota, N. (2021). Evolution of the MSBS Grot Assault Rifle from Version A0 to Version A2. *Problemy Mechatroniki: uzbrojenie, lotnictwo, inżynieria bezpieczeństwa*, 12.
- [33] Xie, B., Liu, H., Alghofaili, R., Zhang, Y., Jiang, Y., Lobo, F. D., ... & Yu, L. F. (2021). A review on virtual reality skill training applications. *Frontiers in Virtual Reality*, 2, 645153.



Željko Jokić, asistent, Univerzitet odbrane – Vojna akademija
Контакт: antras1209@gmail.com
Област интересовања: Тактика са системима наоружања, Теорија гађања, Теорија одлучивања, Системи за подршку одлучивању, Менаџмент



др Сандро Радовановић, доцент, Univerzitet у Београду – Факултет организационих наука
Контакт: sandro.radovanovic@fon.bg.ac.rs
Област интересовања: Машинско учење, Откривање законитости у подацима, Системи за подршку одлучивању, Теорија одлучивања



др Андрија Петровић, асистент са докторатом, Univerzitet у Београду – Факултет организационих наука
Контакт: andrija.petrovic@fon.bg.ac.rs
Област интересовања: Машинско учење, Дубоко учење, Велики језички модели, Операциона истраживања, Теорија одлучивања



др Борис Делибашић, редовни професор, Univerzitet у Београду – Факултет организационих наука
Контакт: boris.delibasic@fon.bg.ac.rs
Област интересовања: Системи за подршку одлучивању, Вишекритеријумско одлучивање, Пословна интелигенција, Машинско учење

