

НАНОТЕХНОЛОШКИ РАЗВОЈ АМЕРИЧКИХ ВОЈНИХ СПОСОБНОСТИ У 21. ВЕКУ*

Срђан Т. Кораћ¹

Достављен: 04.12.2024.

Језик рада: Српски

Кориговано: 27.02.2025.

Тип рада: прегледни рад

Прихваћен: 11.03.2025.

DOI број: 10.5937/vojdelo2404081K

Рад разматра јавно доступна научна достигнућа и техничко-технолошке иновације у области нанотехнологија у контексту осавремењивања војних способности САД. Полази се од претпоставке да је стварање софистицираних војних способности, лоцираних у дометима Четврте индустријске револуције, виталан гарант одрживе војне моћи у 21. веку, односно успешног глобалног пројектовања оружане силе као средства очувања светске хегемоније. Анализа је усредсређена на остварена и очекивана достигнућа са потенцијалом за војну примену, проистекла из јавно доступних основних и примењених нанотехнолошких научних и развојних пројеката обухваћених одбрамбеним буџетом, као и на достигнућа представљена у научној и стручној литератури. Достигнућа су сагледана у следећим пољима: напредни материјали, експлозиви и њихови детектори, нанодронов и нанороботи, микросателити и војник-киборг. Закључује се да будућа употребна вредност достигнућа нанотехнолошког развоја за војне сврхе може бити ограничена проблемима функционалног уклапања софистицираних решења у војностратејски, оперативни и тактички оквир, па технолошки „скок“ не мора нужно да се преточи у већу делотворност војних способности на бојишту.

Кључне речи: *нанотехнологије, наоружање, ратовање, одбрамбена политика, војска, Оружане снаге САД.*

Будућност ратовања није истоветна будућим технологијама,
али ратовање увек поседује технолошку димензију.

Колин Греј
(Gray, 2005: 98)

* Рад је настао у оквиру Плана научноистраживачке делатности за 2024. годину Института за политичке студије у Београду, који финансира Министарство просвете, науке и технолошког развоја Републике Србије.

¹ Институт за политичке студије, Београд, Република Србија, Е-mail: srdjan.korac@ips.ac.rs, <https://orcid.org/0000-0003-0722-6419>.

Будућност ратовања у огледалу технолошких „скокова“

Основна идеја водилца ратних вођа у подстицању војнотехнолошких „скокова“ била је проналазак нових борбених средстава и осмишљавање пратеће тактике како би се непријатељ победио уз најмање сопствене жртве (Creveld, 2000; Хауард, 1999). Убрзан научно-технолошки напредак и индустријализација отворили су у 19. и почетком 20. века ново поглавље у ратној историји у виду драматичних техничких побољшања: наоружање је постало далекометније, прецизније и разорније. Први светски рат је у једном научном часопису 1918. године са правом назван „ратом инжењера“ и зачетком процеса систематичног повезивања технологије, индустрије, науке и војног планирања (Mills & Mills, 2014: 3, 10, 12–20). Тај процес је одиграо пресудну улогу током Другог светског рата (Хауард, 1999: 165–190), а војна индустрија је у послератном периоду прерасла у нову грану привреде, те постала профитабилан извозник на светско тржиште и легитимни носилац економског раста. Улазак у информатичко доба подстакao је талас корених промена у војној организацији, стратешком размишљању и начину вођења рата, обухваћених синтагмом „револуција војних послова“ (*Revolution in Military Affairs*), и то са концептом мрежноцентричног ратовања (*network-centric warfare*) као окосницом целокупних реформи (Костић, 2008; Хаукрофт, 2008; Dahl, 2002). Увођење револуције војних послова у савремени канон војне мисли и праксе створило је уверење да је, у околностима несврсисходности употребе нуклеарног оружја и смањења значаја пуке бројчане надмоћи, потребно начинити квалитативан искорак у развоју конвенционалних војних способности, и то у виду овладавања напредним технологијама које се појављују на друштвеном хоризонту (Cohen, 1996; Dombrowski & Gholz, 2006: 5–6; Krepinevich & Watts, 2014: 193–226).

Императив преображаја ради прилагођавања брзини и природи спољних промена у окружењу стално је обележје сваке организације која жели да успешно остварује задате циљеве (Charan, 2022), па тако и савремених оружаних снага. Које се то промене глобалног окружења одвијају у раном 21. веку, а да захтевају брзу модернизацију америчке војске? Према проценама спољнополитичких одлучилаца из Вашингтона и оцена садржаних у научној и стручној литератури из области међународних односа, друга и трећа декада текућег века могле би да донесу крупне потресе у виду оспоравања међународних норми, постојаног урушавања демократског поретка и прекомпоновања међународног система (Janković & Mitić, 2024; Kostić, 2018: 397–407). Студија о основним трендовима који ће обликовати међународне сукобе око 2030. године и последицама по америчку спољну и одбрамбену политику, а коју је 2020. године израдила Корпорација RAND (*RAND Corporation*), иначе веома утицајна у вашингтонском естаблишменту, упозорава политичке одлучиоце на постепену али континуирану ерозију квантитативних и квалитативних елемената вишедеценијске војне надмоћи САД. Аутори студије напомињу да је континуирано смањење величине конвенционалних оружаних снага САД довело до постепеног губитка предности

над ривалима, првенствено над Кином, а посебно у погледу улагања у модернизацију војних капацитета (Cohen et al., 2020: 54–62). Због тога је, према оценама те студије, веома важно да САД одрже војну индустрију, смањену током протекле две деценије, на нивоу неопходном за несметан развој и производњу иновативних оружаних система заснованих на напредним технологијама (Cohen et al., 2020: 60–62).

Успешан исход дугорочног систематског увезивања програма научног истраживања и техничко-технолошког развоја у војне сврхе на универзитетима и у корпоративном свету видљив је управо у очувању америчке војнотехнолошке виталности и на почетку 21. века (Guzzetti, 2010; Dombrowski & Gholz, 2006). Америчка Стратегија националне безбедности од 2022. године (*The 2022 National Security Strategy*) препознаје технологију као средишњи чинилац геополитичког такмичења у међународној арили, те тиме и очувања и унапређења националне безбедности кроз одвраћање у виду војног преимућства заснованог на улагањима у иновације и напредне технологије Четврте индустријске револуције (NSS, 2022: 32–34). Због тога америчка Стратегија националне одбране (*The 2022 National Defense Strategy*), усвојена у октобру 2022. године, предвиђа ослањање на примену нових напредних технологија у процесу модернизације оружаних снага усмерене на стварање одвраћајућег и оперативног преимућства над непријатељским снагама, што би требало да буде остварено кроз садејство свих релевантних државних органа са предузетничким потенцијалом приватног сектора и креативним и иновативним потенцијалом научне заједнице (NDS, 2022: 17, 19). У настојању да што делотворније одговори на измењене оперативне изазове улагањем у војну индустрију и цивилни сектор привреде ради проналажења технолошких решења, Пентагон се опредељује за приступ брзог препознавања идеја које највише обећавају, експериментисања са прототиповима, израде и увођења коначне верзије производа у борбене операције (NDS, 2022: 19). И Стратегија за науку и технологију у подручју националне одбране (*National Defense Science and Technology Strategy 2023*) наглашава важност одржања технолошке надмоћи САД и чланица НАТО-а над другим великим силама (првенствено Кином) као виталних предуслова за остварење стратешких циљева националне безбедности (NDSTS, 2023: 3–4, 9). Слични приоритети се наводе и у Стратегији за модернизацију војске за 2019. годину (AMS 2019, 2018: 8–9), као оквиру који разрађује реформске циљеве орочене на 2035. годину.

Окосницу развоја америчких оружаних снага у 21. веку – дефинисаног документом Здружена визија 2020. (*Joint Vision 2020*) и трасираног документима Војска 2030. године (*Army of 2030*), Стратегија војске (*The Army Strategy*) и Визија војске за 2028. годину (*The Army Vision for 2028*) – чини средишња идеја тзв. западног начина ратовања, ослоњеног на максимализацију високотехнолошких способности ради минимизирања људских жртава – једнако цивилних и војних (Joint Vision 2020, 2000; The Army Strategy, 2018; The Army Vision for 2028, 2018; Army of 2030, 2022). Према наведеним документима, модернизација треба да учини америчку војску флексибилнијом, прилагодљивијом и агилнијом за брзо размештање трупа и вођење сложених борбених операција широм планете, и то у сукобима и високог и ниског интензитета. Студија о прилагођавању капацита-

тета, оперативне методологије и буџета америчких оружаних снага измењеној природи потенцијалних глобалних одбрамбених изазова очекиваних у периоду до 2035. године, под називом Окружење здруженог дејства 2035. године (*Joint Operating Environment 2035*), упозорава на велику вероватноћу од угрожавања америчких глобалних интереса услед постепеног успостављања технолошког паритета између САД и осталих (потенцијално непријатељских) великих сила (JOE 2035, 2016: 15). Налази студије препоручују преобликовање војске тако да буде способна да једнако делотворно одговори на иновативну непријатељску примену напредних и конвенционалних технологија, где год да је принуђена да пројектује оружану силу (JOE 2035, 2016: 15). Поред роботике, биологије, енергије и информационе технологије, документ препознаје нанотехнологије као области са високим степеном пројектованог позитивног утицаја основних истраживања на модернизацију војних капацитета, посебно у домену развоја метаматеријала, инжењерске модификације структурних одлика материјала на нано-нивоу и наносателита (JOE 2035, 2016: 16).

У наставку рада биће представљен преглед могућих праваца развоја и прилагођавања нанотехнологија у војне сврхе кроз анализу релевантних јавно доступних пројеката обухваћених одбрамбеним буџетом и пратеће научне и стручне литературе. Сједињене Државе су одабране као случај за анализу из три разлога. Прво, без обзира на домете кинеске, руске и иранске науке и технологије у служби одбрамбене политике у протекле две декаде (нпр. оснивање специјализованих владиних развојних организација и јачање сарадње између науке, привреде и војске у домену нанотехнологија), САД успевају да одрже водећу улогу у померању граница у нанотехнологијама (Dong et al., 2016; Del Monte, 2017: 194–203). Друго, реч је о војној сили која, као предводница НАТО-а, представља узор осталим земљама западног цивилизацијског круга у погледу стратешког, доктринарног и организационог уобличавања војске у 21. веку. Пентагон и национална министарства одбране земаља чланица тог војног савеза – превасходно Велике Британије, Француске и Немачке – размењују знања и спроводе заједничке пројекте у домену нанотехнологија и наоружања заснованог на тим технологијама (Del Monte, 2017: 200–201). Треће, званична документа о развојним правцима на пољу нанотехнологија и плановима за њену војну примену јавно су доступна.

Нанотехнолошки нормативно-институционални оквир развоја војних способности САД

Према деценију и по старим предвиђањима футуролога Џејмса Кантона (James Cantor), утицајног и у политичким круговима у својству вишедеценијског саветника Беле куће, производи засновани на нанотехнологијама имају улогу једног од четири покретача иновацијске привреде у глобалним размерама (Cantor, 2009: 104–105), са потенцијалом да покрену нову индустријску револуцију са свеобухватним последицама по начин конструисања и производње. Администрација америчког председника Била Клинтона је још 2000. године по-

кренула Националну иницијативу за нанотехнологију (*National Nanotechnology Initiative – NNI*), а Конгрес је, 2003. године, усвојио Закон о истраживању и развоју у области нанотехнологија у 21. веку (*21st Century Nanotechnology Research and Development Act*). Законом је установљен Национални нанотехнолошки програм (*National Nanotechnology Program*), који је у надлежности председника и Националног савета за науку и технологију како би се на државном нивоу осигурали делотворна координација успостављања потребне инфраструктуре, спровођења истраживачких пројеката и комерцијализације примењивих научних налаза и технолошких иновација (21stCNRDA, 2003). Закон је предвидео и дугорочна буџетска улагања неопходна за обезбеђење глобалног вођства САД у области нанотехнологија кроз унапређење продуктивности и конкурентности америчке индустрије, убрзање стварања *start-up* компанија, те подстицање интердисциплинарних истраживања и програма специјалистичког универзитетског и струковног образовања (21stCNRDA, 2003: 1923–1925). Текући Стратешки план националне нанотехнолошке иницијативе (*National Nanotechnology Initiative Strategic Plan*), усвојен 2021. године, поновио је приоритетне циљеве из претходних планова (NNISP, 2021).

Обим буџетских средстава намењених финансирању нанотехнолошких пројеката више владиних агенција вишеструко је увећан већ током првих неколико година примене тог закона (Andersson, 2008: 95). Износ буџетске линије од 2,16 милијарди долара, опредељене за Националну иницијативу за нанотехнологију за 2024. годину, највећи је до сада посматрајући појединачно, а за скоро две и по деценије у те сврхе је укупно издвојено 43 милијарде долара (NNIFY24, 2024: 5). Исти тренд се одигравао унутар Европске уније и у водећим азијским земљама. Стога не чуди што данас широм света постоји скоро четири хиљаде научних лабораторија и развојних центара, како у јавном тако и у приватном сектору, који спроводе истраживања у овој области (Nanowerk, 2024).

Језгро институционалног оквира за развој напредних војних способности чине четири водеће владине агенције унутар америчког сектора одбране са надлежностима у спровођењу трансдисциплинарних основних и примењених нанотехнолошких научних и развојних пројеката. То су:

- Истраживачка канцеларија копнених снага Војске САД (*Army Research Office*). Основана је 1951. године, као организациона јединица Истраживачке лабораторије за развој борбених способности при Команди Војске САД (*U.S. Army Combat Capabilities Development Command Army Research Laboratory*, DEVCOM ARL), са задатком да усмерава научна открића ка примени у развоју нових способности војске, подстиче проналажење решења за постојеће технолошке потребе војске и убрзава пренос резултата цивилних основних истраживања у војна примењена истраживања. Канцеларија врши одабир истраживачких и развојних пројеката чији су креатори научници и инжењери са престижних института и универзитета. Она их и финансира јер садрже потенцијал примене у војне сврхе у наредних 20 до 30 година (AROYR 2022, 2022: 5).
- Институт за нанотехнологије за војника (*Institute for Soldier Nanotechnologies*). Основан је 2002. године, као удружени подухват Пента-

гона и престижног Института за технологију Масачусетса (*Massachusetts Institute of Technology – MIT*), са задатком да применом нанотехнологија у области материјала, квантних наука, технологије енергије, електронике и фотоники унапреди заштиту, преживљавање и способности бораца, као и да дизајнира опрему и помоћне системе (ISN, 2024a).

- Институт за нанонауку Истраживачке лабораторије Морнарице САД (*Navy Research Laboratory's Institute for Nanoscience*). Основан је 2003. године са задатком да спроводи истраживања која повезују квантно и неуроморфно рачунарство, нанофотонику, нанобиотехнологију и технологију енергије (Institute for Nanoscience, 2024).
- Агенција за напредне одбрамбене истраживачке пројекте (*Defense Advanced Research Projects Agency, DARPA*). Основана је 1958. године са мисијом да, умрежавањем водећих научника-иноватора као појединаца, истраживачких центара са различитих универзитета и компанија, створи предуслове за преображај револуционарних концепата у производе који се могу практично применити за потребе националне безбедности (DARPA, 2024).

Поља текуће и потенцијалне војне примене нанотехнологија

Војна примена нанотехнологија требало би да доведе до вишег степена заштите људства у борбеним операцијама, веће убојитости оружја (нпр. експлозивних направа), веће издржљивости материјала и уређаја, конструкције микро-уређаја (нанодронов и наноробота) и стварања хибридног облика хемијско-биолошког наоружања. На плану унапређења перформанси борбених авиона, пловила и копнених возила, на самом почетку 21. века било је планирано да се истраживачкоразвојни и конструкторски напори у САД усмере на остварење својстава вишефункционалности, смањене тежине и олакшаног маневрисања, беспосадног даљинског вођења, смањене термалне, радарске и акустичне видљивости, оперативности засноване на сензорним и обавештајним подацима и њиховом бежичном преносу, оперативне прилагодљивости променљивим условима у окружењу, самопоправљивости, енергетске ефикасности, те непробојности за непријатељско ватрено дејство (Simonis & Schilthuisen, 2006: 25–32). Сврха наведених планираних активности Пентагона јесте да се борбени системи будућности учине самоодрживим, покретљивијим, флексибилнијим, издржљивијим, убојитијим, те комуникационо-информационо и логистички одрживијим (Simonis & Schilthuisen, 2006: 44).

Напредни материјали

Највидљивији искорак нанотехнологија на плану контроле структуре на атомском и молекуларном нивоу уочава се у области материјала, односно науке о материјалима. Због тога побољшање материјала виталних за наоружање, војну опрему и возила представља подручје примене нанотехнологија у развоју одбрамбених капацитета САД где се очекују практични резултати у кратком и средњем року. Реч је о последици растуће доминације над материјалима у виду способности научника и инжењера да вештачки подстакну електроне тако да манифестују квантна својства и омогуће употребљивим електрично, оптичко, магнетно и термодинамичко понашање чврстих материјала (Rogers et al., 2015: 89–124).

Истраживачка канцеларија Оружаних снага САД начинила је искорак у откривању електронских, оптоелектронских и топлотних својстава минерала перовскита, што би у скоријој будућности могло да има пресудну улогу у замени силицијума као носећег полупроводника у рачунарима (AROYR 2022, 2022: 61–63). Поред тога, могућности лабораторијског дизајнирања кристалне микроструктуре тог минерала указале су на његову одличну респонзивност у инфрацрвеном делу спектра, погодну за унапређење уређаја за ноћни вид и сензора. У оквиру напора усмерених на револуционисање микроелектронике и рачунарске технологије, Институт за нанонауку Истраживачке лабораторије Морнарице САД ради на увођењу фотонских интегрисаних кола, која функционишу по принципу довођења светлости директно на полупроводник, а чија би масовна производња подстакла нагли развој високофреквентне обраде радарских сигнала (NRL, 2024: 3). Институт развија и дизајн чипова као компоненти будућих неуроморфних процесора и настоји да открије начине како се независни силицијумски „неурони“ могу „научити“ да обављају конкретне функције по узору на учење неурона у људском мозгу (NRL, 2024: 5). Такође, Агенција за напредне одбрамбене истраживачке пројекте (DARPA) остварила је важне резултате у обједињавању најбољих својстава фотона и електрона у електронском колу, чиме је омогућен огроман помак у унапређењу војних способности позиционирања и навигације у окружењу без подршке GPS-а, тродимензионалног мапирања и комуникационих система велике брзине (EPIC, 2024). Агенција је, 2023. године, покренула истраживачки програм стварања вештачких квантних наноструктура (*Synthetic Quantum Nanostructures*, SynQuaNon), како би се дизајнирањем синтетичких метаматеријала отпорних на високе температуре рада наноелектронских уређаја, заснованих на суперпроводницима, решио проблем велике енергије која је потребна за хлађење тих уређаја и стабилизovala обрада информација на квантном нивоу прецизности (DARPA, 2023).

Угљеничне наноцеви и дијамантски премази и влакна имају већи однос чврстоће и тежине од челика, што омогућава лакши и отпорнији оклоп, као и делове за возила и ваздухоплове (Carafano & Gudgel, 2007). На пример, било које копнено возило било би на тај начин боље заштићено од непријатељских експлозивних направа и ватре из малокалибарског оружја. Манипулисање појединим материјалима на нанонивоу производи оптички ефекат негативног преламања

светлости, односно вештачки савија светлост под угловима и у правцима који су иначе немогући у природи (Carafano & Gudgel, 2007). Тај поступак би могао да допринесе дизајнирању камуфлаже која савија светлост, па би се могло видети како се нпр. војник или возило крећу. Основна идеја јесте да се копнена возила, ваздухоплови и војни бродови учине у исто време и лакшим и чвршћим, што би знатно смањило потрошњу горива и повећало брзину и опсег кретања (Hilton, 2022b). На плану унапређења енергетске вредности горива, ћелије са чврстим оксидом могу да произведу више енергије од конвенционалних горива, док наночестице додате гориву могу да омогуће млазним авионима, тенковима и бродовима веће брзине и шири оперативни домет (Hilton, 2023).

Када је реч о побољшању дизајна панцира, нанотехнологије ће направити помак у односу на садашње резултате које је дала примена синтетичког материјала сачињеног од мешавине параарамидних влакана познатог као кевлар, који је и даље релативно тежак (око 14 кг) и тиме незгодан за ношење у борбеним акцијама (Hilton, 2022b). Због тога су напори научника, технолога и произвођача синтетичких влакана усмерени на огледе који треба да укажу на оптималне правце конструисања ојачаних материјала спајањем традиционалних природних материјала са угљеничним наноматеријалима, како би се постигла својства веће еластичности приликом удара пројектила велике брзине и уједно мања тежина самог материјала (Hilton, 2022a). Угљеничне наноцеви су више од сто пута отпорније од челика уз додатно ојачање различитим легурама (Olabi & Grunwald, 2007), док је магнетореолошки флуид (*Magnetorheological Fluid*, MR Fluid) течност са својством промене вискозности са променом снаге магнетног поља. Променом магнетног поља магнетореолошки флуид може прећи од чврстог у течан и обратно, што омогућава конструисање панцира прилагодљивог променљивим условима борбене операције (Olabi & Grunwald, 2007).

Сврха панцира није само да спречи улазак метка или шрапнела у тело војника, него и пренос кинетичке енергије самог удара на ткиво, јер и он може, у појединим околностима, довести до смртог исхода. Недавно је развијен материјал који због својства високе ефикасности у апсорбовању механичке енергије, мерено по граму, може да осигура бољу заштиту људског организма од различитих врста удара (пада, експлозије, вибрације), тако што хидрофобна молекуларна структура у виду „нанокавеза“ прима удар, а затим долази до њеног спонтаног истискивања (Sun et al., 2021). Додатна предност тог материјала, који има својства течности, јесте и могућност поновног коришћења након удара, јер може да прими више удара, што је посебно погодно за војну примену у конструисању оклопа и заштите рањиве инфраструктуре. Реч је значајном кораку, имајући у виду својства садашњих материјала за апсорпцију механичке енергије који се ослањају на пластичне деформације, ћелијско извијање и вискоеластичну дисипацију, а могу да приме само један удар. Истраживачи америчког Националног института за стандарде и технологију (*National Institute of Standards and Technology*) и компаније *Columbia Engineering* успели су да пронађу начин да ојачају природне материјале применом наночестица силицијум-диоксида премазаног полимерним нитима (Chen et al., 2021). Та иновација створила је способност новог материјала да у много већој мери распрши енергију ослобођену

у тачки балистичког удара, што ће имати значајну улогу у дизајнирању заштитног слоја на сателитима и свемирским летелицама, који су изложени сталним ударима микрокрхотина које круже Земљином орбитом веома великом брзином. Синтетизовани премаз обезбедиће додатну чврстину традиционалним материјалима (стаклу, пластици, металу и кевлару) када су изложени непријатељском ватреном дејству.

Годинама уназад лабораторијски се испитују начини остварења радарске и сонарне невидљивости војних ваздухоплова, пловила и подморница. Како би се у целости спречили или бар ублажили учинци нових сензорних технологија за откривање, за визуелну камуфлажу и сузбијање термичких и радарских знакова развијени су маскарна боја, адитиви за боје, цераде, мреже и пене (Hilton, 2022b). Специфична електромагнетна, термичка, хромогена и механичка својства материјала ниске уочљивости, или тзв. стелт (*Stealth*) материјала, требало би да допринесу ометању сензора у детектовању објекта хватањем емитованог или рефлектованог електромагнетног зрачења са његове површине (Hilton, 2022b). Од истраживача и инжењера се очекује да развију заштитне превлаке које ће мењати карактеристике рефлексије, апсорпције и распршивања електромагнетног зрачења у видљивом, инфрацрвеном и микроталасном делу спектра.

У низу обећавајућих нанотехнолошких достигнућа са потенцијалном војном применом, посебно је значајно инжењерско манипулисање материјалима на нонивоу ради унапређења физичких својстава различитих површина, додавања нових својстава и проналажења њихових нових функција за практичну примену. На спољним површинама возила, ваздухоплова, пловила и оружја, тежиште истраживања и инжењерских иновација заснива се на развоју нанокерамике и металних легура, те посебних суперхидрофобних премаза са својствима непромочивости, спречавања корозије и залеђивања, те смањења трења (ISN, 2024b).

Експлозиви и њихово откривање

У погледу побољшања ефикасности експлозива, нанотехнологије би требало да доведу до прецизније контроле детонације експлозивних направа, а молекуларна структура експлозивног материјала би се лабораторијски преуредила тако да се дође до оптималне сразмере честица и смеше састојака, која би затим омогућила максимализацију ослобођене енергије приликом праска (Carafano & Gudgel, 2007). Такав исход представљао би огроман напредак имајући у виду да је веома тешко тестирати садашње експлозиве, поготово за специфичне борбене намене. Напредак у балистици који се односи на употребу наноматеријала омогућио би вишеструко разорнију снагу много мање количине експлозивне масе, која би била упакована у пројектиле мањих димензија (Hilton, 2023). Тиме би се добиле мање али много убојитије бомбе, ракете, бојеве главе и друге врсте експлозивних направа, једнако као и побољшана способност пробоја оклопа или бункера. Такође, постоје и очекивања да се у даљој будућности конструишу микронуклеарне бомбе, масе једног до два килограма, али са експлозивном снагом мереном у десетинама тона конвенционалног експлозива (Hilton, 2023). Контро-

ла величине наночестица у експлозиву омогућила би контролу брзине детонације и њеног распрострањања, а већ деценију уназад се ради на успостављању усмерене детонације на ћелијском нивоу као методе уклањања канцерогених ћелија у људском организму (Chaban, 2015). Механизам усмерене детонације заснован је на тачном навођењу нанобомбе у виду честице која „експлодира“, тако што ослобађа енергију подстицањем тренутне декомпозиције, односно раскида унутрашњих атомских веза.

Већ две деценије уназад спроводе се истраживања под окриљем Института за нанонауку Истраживачке лабораторије Морнарице САД ради обједињавања примене вештачке интелигенције и нанотехнологија у дизајнирању сензора за откривање експлозивних испарљивих органских једињења, по узору на оштро чуло мириса скакаваца (Hamisevicz, 2024). Замисао је да се створи својеврстан „електронски нос“ у виду преносивог уређаја са уграђеном вештачком интелигенцијом са дугачким низом хемијских сензора са наночестицама. Сензори би се користили за израду масовне датотеке трагова различитих експлозивних пара, узето у различитим концентрацијама, ради усавршавања ефикасности евалуације будућих детектора експлозива. Институт је дизајнирао и уређај за бесконтактно лоцирање и идентификовање низа токсичних хемикалија (NRL, 2024: 25). Институт за нанотехнологије за војника конструисао је хемијски сензор високе осетљивости за откривање експлозива на даљину, заснован на наноструктурираним појачавајућим флуоросцентним полимерима (ISN, 2024в), док би научна достигнућа Агенције за напредне одбрамбене истраживачке пројекте у пољу квантне физике требало да даље побољшају прецизност сензора (QSC, 2024).

Нанодронови и нанороботи

Почетком 21. века кренуло се са концептуализацијом нанодронова који би – заједно са интегрисаним микросистемом глобалног позиционирања (GPS), антеном, системом за контролу лета и сателитским комуникационим системом заснованим на интернету ствари (*Internet of Things*, IoT) – чинили ослонац операција извиђања и осматрања америчких оружаних снага. Даљи напредак у технологији беспилотних летелица отвара могућност за израду тзв. вештачких летећих инсеката, тј. нанолетелица (*Nano unmanned aerial vehicles* – NUAUV), које би могле да неопажено приђу непријатељском положају, нпр. некој згради, и прикупе обавештајне податке или ватрено дејствују. Такве беспилотне летелице имале би значајну улогу у сценаријима ратовања у градским срединама, јер би уз примену биомимичког дизајна биле мање упадљиве за непријатељске трупе. На пример, један од врло вероватних борбених сценарија предвиђа борбено ангажовање великог роја сићушних, и стога тешко оборивих нанодронова, који би здруженим дејством умножили разорну моћ уколико би били усмерени на неку концентрисану мету високе вредности, нпр. командни штаб, складиште муниције или горива (Hilton, 2022b). Преображај нанодронова у нанороботе биће могућ тек са развојем својства пуне аутономије, односно тек када ти војни уређаји буду имали уграђене способности опажања, вештачке интелигенције и самосталног

извршавања одабраних опција деловања (тзв. три основна начела роботике). Услед тога, још пре две деценије се схватило да ће примену наноробота у копненим и поморским операцијама омогућити тек повећање снаге процесора будућих квантних рачунара и меморијског капацитета наноелектронике, смањење тежине механичких структура и побољшање преносивих извора електричне енергије (Simonis & Schilthuisen, 2006: 58–59). Оперативна употреба нанороботских система условљена је могућношћу умрежавања са борцем и командом, који затим могу да у реалном времену анализирају податке које су прикупили нанороботи.

Основни проблем који конструктори и технолози морају да реше јесте како израдити довољно снажно, а у исто време минијатурно напајање, како би „летећи инсекти“ имали оперативно релевантан домет. Корак ка унапређењу јачине извора напајања у односу на његову тежину представља прототип преносивог генератора *Mesodyne LightCell*, заснован на употреби наноструктурираних геометрија фотонских кристала за модификацију нормалне густине стања фотона (ISN, 2024г). Од тог генератора се очекује да борбеним системима у којима је тежина критичан фактор омогући продужене операције, посебно војним роботима, беспилотним ваздухопловима и војницима на продуженим борбеним задацима (ISN, 2024г).

Микросателити

Сателити су данас скоро незаменљиви уређаји за обављање цивилних задатака у области даљинског прикупљања разноврсних података, телекомуникација, телевизијског емитовања и глобалног позиционирања, као и задатака прикупљања обавештајних података, осматрања и циљања у домену глобалног пројектовања америчке војне моћи. Остваривост претње онеспособљавања или уништавања сателита расте упоредо са развојем оружја са усмереном енергијом великог домета, тј. ласера или микроталаса велике снаге, и унапређења прецизности противсателитских пројектила. Због тога ће, захваљујући великом напретку у технологији микропроцесора, у блиској будућности класични сателити бити замењени микросателитима, јер ће бити много мањих димензија (у просеку 1 dm^3), а самим тим лакши и енергетски ефикаснији (Simonis & Schilthuisen, 2006: 63). Микросателити ће стога бити јефтинији за серијску производњу и позиционирање у Земљину орбиту у ројевима, јер ће постојати и могућност њиховог саједства међусобним бежичним повезивањем. Ројеви умрежених микросателита прецизније ће обављати задатке детаљног осматрања у високој резолуцији и прикупљања обавештајних података о непријатељским операцијама, а користиће се и за уништавање непријатељевих сателита (Simonis & Schilthuisen, 2006: 63). Микросателити ће моћи неопажено да се причврсте на велике сателите тако да могу да униште њихове важне делове или им ометају рад, док ће минијатурне димензије микросателита непријатељу отежати гађање.

Војник као биотичко-абиотички *interface*

Развој војне примене нанотехнологија усредсређен је и на оспособљавање америчког војника да буде врло убојит и самоодржив борбени ентитет, ојачан вештачком интелигенцијом и микросистемом за надзор телесних функција, те осигуран од балистичких, биолошких и хемијских непријатељских удара (Simonis & Schilthuizen, 2006: 41–51). Војник будућности замишљен је као својеврстан борбени биотичко-абиотички *interface*, који делотворно умрежава телесне функције са опремом. Реч је о концепту „бежичног војника“ (*wireless soldier*) опремљеног напредним техничким системом (*Body Area Network*) сачињеним од више умрежених уређаја – мобилног телефона, ручног часовника, „паметног“ шлема са визиром и миниекраном, малих слушалица, оружја и различитих сензора уграђених у униформу или само тело (бионички чипови). „Бежични војник“ био би умрежен са надлежном командом и у реалном времену би са претпостављеним заповедником и саборцима размењивао информације о извођењу додељеног борбеног задатка (Hilton, 2023). На тај начин, борац би у сваком тренутку могао да сагледа сопствени положај и распоред сабораца у променљивим и непредвидљивим условима вођења борбене операције (тзв. магла рата), као и сопствено физичко и ментално стање. Такође, војници би у реалном времену прикупљали релевантне податке са бојишта и слали их команди ради квалитетнијег одлучивања о даљем смеру борбене акције.

Стални проблем при дизајнирању војне униформе јесте како спречити да дође до утрнућа војникових екстремитета, а тиме и пада борбеног учинка. Недавна истраживања америчких хемичара са Универзитета Стенфорд показала су да сребрне нанонити уткане у памучни материјал могу да га загреју, ако се кроз њих проведе струја малог напона (Nano, 2017). Тренутно се експериментише са тканинама од полиестера и мешавине памука и најлона у које су уграђени нанонити и хидрогелови, како би материјал био погодан за униформу која би задржала топлоту и била удобна у екстремно хладним временским условима, те спречила продор зноја у остатак гардеробе (Nano, 2017). Напредне тканине омогућиле би тању, а тиме и лакшу униформу за зимске услове, а војник би могао сам да регулише њено загревање или би она имала аутоматизован контролни механизам телесне температуре који би хладио или загревао војника сходно временским условима (Hilton, 2022a). На тај начин војник би могао и сам да подешава телесну температуру како би се „утопио“ у температуру околног терена, те тиме избегао да његов положај лако открију непријатељеве термалне камере (Hilton, 2022a).

Будући амерички војник имаће униформу отпорну на све врсте непријатељских удара – метака, делића активираних експлозивних направа, биохемијских агенса итд. Нанотехнологија ће омогућити интегрисане сензоре на етикети и интегрисане мреже од нановлакна са капацитетом упијања, деактивације и деконтаминације хемијског и биолошког оружја, а у изгледу је и њихова примена за откривање радиоактивности (Hilton, 2023). Униформа ће имати способност прилагодљиве камуфлаже, тако што ће мењати dezen како би се уклопила у терен. Наноматеријали са својствима хромогености, односно промене боје при

примени спољашњих стимуланса, као што су светло, топлотно, електрично или магнетно поље, вероватно ће бити примењени за конструисање прилагодљиве камуфлаже. Војничке чизме садржаће плочице за идентификацију путем радио- фреквенције (*Radio frequency identification* – RFID) за контролу приступа, позиционирање и прикупљање и анализу различитих агенса са земље. Институт за нанонауку Истраживачке лабораторије Морнарице САД већ више од десет година развија нове материјале функционалним спајањем биолошких молекула са наночестицама, како би се даље отворио пут ка пробојима у прикупљању енергије за побољшање способности бораца (McKinney, 2014).

Већ две деценије разрађује се модел примене имплантата у виду убризгавања наномашина у тело војника као део система за динамичко праћење његових активности у борбеном дејству (Altman & Gubrud, 2004). Сваки војник био би означен идентификационом ознаком на основу наномашине убризгане у његово тело, а команда би 24 часа дневно могла да прати његово кретање и у реалном времену надгледа податке о стању телесних функција (нпр. излученог зноја, откуцаја срца, крвног притиска, нивоа шећера у крви и садржаја кисеоника), уносу хране и воде, брзини ходања и трчања и тежини повреда. Наредна генерација наноробота биће израђена од текстила и еластичних полимера, како би што удобније пријањали уз тело и покрете (Wood & Walsh, 2013). Све прикупљене податке о стању телесних функција, те податке о томе како војник управља болом и страхом, анализирали би вештачка интелигенција, како би надлежна команда доносила прецизније и брже одлуке.

Закључак

Увећање броја нанотехнолошких програма и пројеката под финансијским и институционалним окриљем државе и министарства одбране, до којег је дошло током претходне деценије и по, означило је захуктавање нове трке усмерене на стицање што бољег положаја у глобалној борби за војнотехнолошку надмоћ. Иако је тренутно скрајнута оживљавањем нуклеарне претње због ескалације рата у Украјини, велика је вероватноћа да ће та трка у перспективи преобликовати хоризонт ратовања у 21. веку. Разлог убрзавања нове „спирале“ наоружавања лежи у проценама да би отелотворење нанотехнолошких решења у ратовању, сходно садашњим визијама и иновацијским плановима, представљало тако велики искорак у осавремењивању војних способности да би држава која прва то успе да оствари могла скоро у потпуности да деградира војне потенцијале противника.

Анализа овог рада односи се на остварена и очекивана достигнућа основних и примењених нанотехнолошких научних и развојних пројеката са потенцијалом за војну примену у САД, и то у пољима напредних материјала, експлозива и њихових детектора, нанодронова и наноробота, микросателита и војника-киборга. Преглед садржине пројеката, постављених циљева и досадашњих резултата указује на то да конкретна војна примена већине нанотехнолошких достигнућа и даље остаје орочена на будућност – ближу или даљу. Додатно ограничење

односи се на чињеницу да највећи број остварених иновација пружа решење за веома специфичне проблеме. Исход досадашњих нанотехнолошких напора још увек је фрагментарне природе посматрано из перспективе политичког циља свеобухватне модернизације Оружаних снага САД. Следећи корак – међусобно повезивање учинака различитих нанотехнолошких решења које би кумулативно дало системски одговор на потребе унапређења војних способности – још увек није начињен. Медијски спиновано узбуђење око наводно оствареног дитета нанотехнологија у војној примени полако сплашава услед одсуства масовне производње наноматеријала са јединственим својствима и уређаја са знатно побољшаним перформансама.

Политички одлучиоци често се препуштају неутемељеном технооптимизму, јер он маркетиншким манипулацијама може лако да се претвори у звучна предизборна обећања. На пример, сам амерички концепт револуције војних послова претрпео је у међувремену озбиљне критике у академским и стручним круговима (видети Collins & Futter, 2015), па је током последње две деценије из званичне терминологије уклоњена реч „револуција” у корист синтагме „војни преображај”. Премда ће САД наставити да улажу у истраживања и развој, чини се да почетне наде и очекивања неће бити линеарно испуњени. Напротив, примена плодова технолошког напретка тесно је повезана са њиховом тржишном и употребном вредношћу, па је важно узети у обзир успоравајући чинилац у виду мањка техничког разумевања ограничења и њихових друштвених импликација. Продубљено истраживање офанзивних и дефанзивних могућности нанотехнолошких достигнућа САД било би веома корисно с аспекта домаће војне науке и планирања одбрамбене политике, као део аналитичког покушаја да се на време исправно протумаче и предвиде импликације, посебно у околностима када би за евентуално пројектовање тако напредне војне моћи било тешко пронаћи симетричан одговор.

Литература

- [1] [21stCNRDA] 21st Century Nanotechnology Research and Development Act (2003, December 3). 108th Congress (2003–2004). <https://www.congress.gov/bill/108th-congress/senate-bill/189/text>.
- [2] Altmann, J., Gubrud, M. (2004). Anticipating military nanotechnology. *IEEE Technology and Society Magazine* 23 (4): 33–40.
- [3] [AMS 2019] The 2019 Army Modernization Strategy (2018). U.S. Army. https://www.army.mil/e2/downloads/rv7/2019_army_modernization_strategy_final.pdf.
- [4] Andersson, K. (2008). *Transparency and Accountability in Science and Politics: The awareness principle*. Basingstoke & New York: Palgrave Macmillan.
- [5] Army of 2030 (2022, October 5). U.S. Army. <https://www.army.mil/article/260799>.
- [6] [AROYR 2022] Army Research Office Year in Review 2022 (2022). U.S. Army Combat Capabilities Development Command Army Research Laboratory (DEVCOM ARL). <https://arl.devcom.army.mil/wp-content/uploads/sites/3/2023/06/ARO-YEAR-IN-REVIEW-2022-WEB-FINAL.pdf>.

- [7] Carafano, J., Gudge, A. (2007). *Nanotechnology and National Security: Small Changes, Big Impact*. The Heritage Foundation. <https://www.heritage.org/defense/report/nanotechnology-and-national-security-small-changes-big-impact>.
- [8] Chaban, V. (2015). *Spotlight: Nanoscale Bombs*. Homeland Defense and Security Information Analysis Center (HDIAC), U.S. Department of Defense. <https://hdiac.org/articles/spotlight-nanoscale-bombs/>
- [9] Charan, R. (2022, September 19). What Defines a Successful Organization? *Harvard Business Review*. <https://hbr.org/2022/09/what-defines-a-successful-organization>.
- [10] Chen, S. H., Souna, A. J., Stranick, S. J., Jhalaria, M., Kumar, S. K., Soles, C. L., Chan, E. P. (2021). Controlling toughness of polymer-grafted nanoparticle composites for impact mitigation. *Soft Matter* 22: 256–261.
- [11] Cohen, E. A. (1996). A Revolution in Warfare. *Foreign Affairs* 75 (2): 37–54.
- [12] Cohen, R. S., Chandler, N., Efron, S., Frederick, B., Han, E., Klein, K., Morgan, F. E., Rhoades, A. L., Shatz, H. J., Shokh, Y. (2020). *The Future of Warfare in 2030: Project Overview and Conclusions*. Santa Monica: RAND Corporation.
- [13] Crevel, M. V. (2000). *The Art of War and Military Thought*. London: Cassell & Co.
- [14] Dahl, E. J. (2002). Network Centric Warfare and the Death of Operational Art. *Defence Studies* 2 (1): 1–24.
- [15] DARPA (2024). About DARPA. Defense Advanced Research Projects Agency. <https://www.darpa.mil/about-us/about-darpa>.
- [16] DARPA (2023). Embarking on Quest for New Quantum Materials. Defense Advanced Research Projects Agency. <https://www.darpa.mil/news-events/2023-08-09-a>.
- [17] Del Monte, L. A. (2017). *Nanoweapons: A growing threat to humanity*. Lincoln (NB): Potomac Books.
- [18] Dombrowski, P., Gholz, E. (2006). *Buying military transformation: technological innovation and the defense industry*. New York: Columbia University Press.
- [19] Dong, H., Gao, Y., Sinko, P. J., Wu, Z., Xu, J., Jia, L. (2016). The nanotechnology race between China and the United States. *Nano Today* 11 (1): 7–12.
- [20] [EPIC] Electronic & Photonic Integrated Circuit Program (2024). Defense Advanced Research Projects Agency (DARPA). https://www.darpa.mil/attachments/EPIC_Layout_final.pdf.
- [21] Gray, C. (2005). *Another Bloody Century: Future Warfare*. London: Weidenfeld & Nicolson.
- [22] Guzzetti, L. (2010). Global war and technoscience. Y: Alessandro Dal Lago, Salvatore Palidda (ured.), *Conflict, Security and the Reshaping of Society: The civilization of war* (стр. 84–100). Oxon & New York: Routledge.
- [23] Hamisevicz, M. (2024, March 6). NRL Researcher Awarded Grant to Study Nanotechnology Sensors. U.S. Naval Research Laboratory News. <https://www.nrl.navy.mil/Media/News/Article/3697803/nrl-researcher-awarded-grant-to-study-nanotechnology-sensors/>.

- [24] Hilton, S. (2023). Developing Nanotechnology in the Defence Industry. Nano Chemi Group Blog. <https://blog.nanochemigroup.cz/developing-nanotechnology-in-the-defence-industry/>.
- [25] Hilton, S. (2022a). The Soldier of Tomorrow will Rely on Nanotechnology with His Life. Nano Chemi Group Blog. <https://blog.nanochemigroup.cz/the-soldier-of-tomorrow-will-rely-on-nanotechnology-with-his-life/>.
- [26] Hilton, S. (2022b). Nanotechnology and the Military: How Tiny Materials Can Win Wars. Nano Chemi Group Blog. <https://blog.nanochemigroup.cz/nanotechnology-and-the-military-how-tiny-materials-can-win-wars/>.
- [27] Institute for Nanoscience (2024). U.S. Naval Research Laboratory. <https://www.nrl.navy.mil/nanoscience/>.
- [28] [ISN] Institute for Soldier Nanotechnologies (2024a). Strategic Research Areas. <https://isn.mit.edu/strategic-research-areas>.
- [29] [ISN] Institute for Soldier Nanotechnologies (2024b). Grain Boundary-Engineered Nanocrystalline Metal Alloys. <https://isn.mit.edu/grain-boundary-engineered-nanocrystalline-metal-alloys>.
- [30] [ISN] Institute for Soldier Nanotechnologies (2024c). Ultrasensitive Explosives Detection. <https://isn.mit.edu/ultrasensitive-explosives-detection>.
- [31] [ISN] Institute for Soldier Nanotechnologies (2024d). Photonic Crystals to Control Light Radiation. <https://isn.mit.edu/photonic-crystals-control-light-radiation>.
- [32] Janković, S., Mitić, A. (2024). Competing Visions of World Order: How China, the US, the EU and Russia Conceive the Transition to Multipolarity. U: Dušan Proroković, Paolo Sellari, Rich Misfud (ured.), *Global Security and International Relations after the Escalation of the Ukrainian Crisis*, 102–131. Belgrade, Rome, Clarksville: Institute of International Politics and Economics, University of Belgrade – Faculty of Security, Sapienza University, Austin Peay State University – Department of Political Science.
- [33] [JOE 2035] Joint Operating Environment 2035: The Joint Force in a Contested World (2016, July 14). Joint Chiefs of Staff, U.S Army. Washington, D.C. https://www.jcs.mil/Portals/36/Documents/Doctrine/concepts/joe_2035_july16.pdf.
- [34] Kanton, Dž. (2009). *Ekstremna budućnost*. Beograd: Clio.
- [35] Kostić, M. (2018). Čija hegemonija? – svet u uslovima takmičenja za novu globalnu vladavinu. *Međunarodni problemi* LXX (4): 391–411.
- [36] Krepinevich, A. F. & B. D. Watts (2014). *The Last Warrior: Andrew Marshall and the Shaping of American Defense Strategy*. New York: Basic Civitas Books.
- [37] McKinney, D. (2014, August 12). Dr. Igor Medintz Honored with 2013 Arthur S. Flemming Award. U.S. Naval Research Laboratory News. <https://www.nrl.navy.mil/Media/News/Article/2554573/dr-igor-medintz-honored-with-2013-arthur-s-flemming-award/>.
- [38] Mills, M. A., Mills, M. P. (2014). The Invention of the War Machine: Science, technology, and the First World War. *The New Atlantis – A Journal of Technology & Society* 42: 3–23.

- [39] [Nano] (2017, August 21). Nanotechnology could keep soldiers warm. *Nano – The Magazine for Small Science*. <https://nano-magazine.com/news/2017/8/21/nanotechnology-could-keep-soldiers-warm?rq=soldier>.
- [40] Nanowerk (2024). Nanotechnology Company & Research Labs Directory, 8 October. https://www.nanowerk.com/nanotechnology/research/nanotechnology_links.php.
- [41] [NDS] National Defense Strategy (2022, October 27). U.S. Department of Defense. Washington, DC. <https://media.defense.gov/2022/Oct/27/2003103845/-1/-1/1/2022-NATIONAL-DEFENSE-STRATEGY-NPR-MDR.PDF>.
- [42] [NDSTS] National Defense Science and Technology Strategy 2023 (2023). U.S. Department of Defense. Washington, DC. <https://www.cto.mil/wp-content/uploads/2023/05/2023-NDSTS.pdf>.
- [43] Nichols, G. (2017). Nanotechnology & the New Arms Race. *HDIAC Journal – Journal of the Homeland Defense & Security Information Analysis Center* 4 (2): 18–23.
- [44] [NNIFY24] National Nanotechnology Initiative Supplement to the President's 2024 Budget (2024, March). Subcommittee on Nanoscale Science, Engineering, and Technology, Committee on Technology, National Science and Technology Council. https://www.nano.gov/sites/default/files/pub_resource/NNI-FY24-Budget-Supplement.pdf.
- [45] [NNISP] National Nanotechnology Initiative Strategic Plan (2021, October). A Report by the Subcommittee on Nanoscale Science, Engineering, and Technology, Committee on Technology, National Science and Technology Council. https://www.nano.gov/sites/default/files/pub_resource/NNI-2021-Strategic-Plan.pdf.
- [46] [NRL] 25 Technologies for the Next 25 Years (2023–2048) (2024, April). U.S. Naval Research Laboratory. https://www.nrl.navy.mil/Portals/38/PDF%20Files/25%20for%2025%20Booklet_FINAL.pdf?ver=1a5kY1mPKQ1JpzBllaWuew%3d%3d×tamp=1713356065667.
- [47] [NSS] National Security Strategy (2022, October 12). White House. Washington, DC. <https://www.whitehouse.gov/wp-content/uploads/2022/10/Biden-Harris-Administrations-National-Security-Strategy-10.2022.pdf>.
- [48] Olabi, A. G., Grunwald, A. (2007). Design and application of magneto-rheological fluid. *Materials & Design* 28 (10): 2658–2664.
- [49] Rogers, B., Adams, J., Pennathur, S. (2015). *Nanotechnology: Understanding Small Systems* [Third Edition]. Boca Raton (FL): CRC Press.
- [50] [QSC] (2024). Quantum Sensing and Computing. Defense Advanced Research Projects Agency (DARPA). <https://www.darpa.mil/attachments/QuantumSensingLayout2.pdf>.
- [51] Simonis, F., Schilthuisen, S. (2006). *Nanotechnology: Innovation opportunities for tomorrow's defence*. Amsterdam: TNO (Nederlandse organisatie voor toegepast-natuurwetenschappelijk onderzoek), Future Technology Center.
- [52] Sun, Y., Rogge, S. M. J., Lamaire, A., Vandenbrande, S., Wieme, J., Siviour, C. R., Van Speybroeck, V., Tan, J. (2021). High-rate nanofluidic energy absorption in porous zeolitic frameworks. *Nature Materials* 20: 1015–1023.

[53] The Army Strategy (2018). U.S. Army. https://www.army.mil/e2/downloads/rv7/the_army_strategy_2018.pdf.

[54] The Army Vision for 2028 (2018). U.S. Army. https://www.army.mil/e2/downloads/rv7/vision/the_army_vision.pdf?_st.

[55] Wood, R., Walsh, C. (2013). Smaller, Softer, Safer, Smarter Robots. *Science – Translational Medicine* 5 (210). DOI: 10.1126/scitranslmed.3006949

[56] Костић, М. (2008). Мрежноцентрично ратовање у теорији и пракси ОС САД. *Војно дело* LX (2): 175–199.

[57] Хауард, М. (1999). *Рат у европској историји*. Београд: СКЦ.

[58] Хаукрофт, Џ. (2008). Мрежноцентрично ратовање у Ираку 2003. године – искуства и поуке. *Војно дело* LX (4): 78–94.

Резиме

Рад разматра јавно доступне резултате истраживања и технолошке иновације у области нанотехнологија у контексту модернизације војних способности САД ради делотворног одржавања њихове глобалне надмоћи која се све чешће оспорава. Полази се од претпоставке да је развој софистицираних војних способности, лоцираних у дометима Четврте индустријске револуције, кључна компонента за изградњу одрживе војне моћи у 21. веку, односно делотворне глобалне манифестације оружане силе широм света. Без обзира на достигнућа кинеске науке и технологије са потенцијалом за примену у војсци, аутор је одабрао Сједињене Америчке Државе за студију случаја због њихове доминантне улоге у померању граница нанотехнологије. Поред тога, Сједињене Америчке Државе као водећа сила НАТО, представљају узор другим националним војскама Запада у смислу стратешке, доктринарне и организацијске политике. Текуће и очекивано прекомпоновање глобалне моћи на почетку 21. века, убрзало је модернизацију војске САД кроз дизајнирање иновативног наоружања и других војних система заснованих на напредним технологијама Четврте индустријске револуције. Сва релевантна стратегијска документа препознају напредне технологије као централни фактор за надметање у међународној арени, указујући на нанотехнологију као област са високим степеном пројектованог позитивног утицаја основних истраживања на модернизацију војних капацитета. Главне владине агенције у сектору одбране САД надлежне за спровођење трансдисциплинарних основних и примењених научноистраживачких пројеката у области нанотехнологија су: 1) Истраживачка канцеларија Оружаних снага САД (Army Research Office) организациона јединица Истраживачке лабораторије за развој борбених способности при Команди Војске САД (U.S. Army Combat Capabilities Development Command Army Research Laboratory, DEVCOM ARL), 2) Институт за нанотехнологије за војника (Institute for Soldier Nanotechnologies), 3) Институт за нанонауку Истраживачке лабораторије Морнарице САД (Navy Research Laboratory's Institute for Nanoscience), и 4) Агенција за напредне одбрамбене истраживачке пројекте (Defense Advanced Research Projects Agency (DARPA)). Анализа је усредсређена

на остварена и очекивана достигнућа са потенцијалом за војну примену, произтекла из јавно доступних података о основним и примењеним нанотехнолошким научним и развојним пројектима обухваћеним одбрамбеним буџетом, као и на достигнућа представљена и стручној литератури. Анализа обухвата напредне материјале, експлозиве и њихове детекторе, нанодронове и нанороботе, микросателите и војнике-киборге. Међутим, очување способности делотворне манифестације војне силе на међународној сцени захтева успешну употребу новог наоружања, односно његову делотворну интеграцију у стратешко и доктринарно планирање као и у процес доношења одлука на бојишту. Процена будућег кумулативног утицаја анализираних нанотехнолошких достигнућа која се могу применити у војне сврхе зависи од много варијабли и тиме није поуздана за рационално доношење одлука као компонента војног планирања. Мање је вероватно да ће будућа успешна трансформација нанотехнолошких достигнућа у конкретне војне способности сама по себи решити проблем ерозије технолошке супериорности САД над изазивачима на глобалном нивоу. Упркос повећаној асиметрији на рачун других великих сила које изазивају положај САД и потенцијалних изазивача са глобалне периферије, сама нанотехнолошка надмоћ се тешко може постићи праволинијски, јер строги захтеви у погледу оперативне поузданости нових система наоружања могу бити жртвовани из војно-политичких мотива да се нова технологија брзо уведе у употребу. Аутор закључује да приликом процене будуће употребе садашњих и очекиваних достигнућа у војној нанотехнологији, „нано манију“ треба избегавати, будући да функционална интеграција софистицираних решења није линеарна нити једнозначна, односно, она сама по себи не води до веће делотворности војних способности на бојишту, нити до огромне предности над непријатељем.

Кључне речи: *нанотехнологије, наоружање, ратовање, одбрамбена политика, војска, Оружане снаге САД.*

© 2024 Аутор. Објавило *Војно дело* (<http://www.vojnodelo.mod.gov.rs>). Ово је чланак отвореног приступа и дистрибуира се у складу са лиценцом Creative Commons (<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>).



