

Концепт наоружане мобилне платформе

УДК 355.4:681.32

Др Радомир Јанковић, пуковник

У раду су представљени неки резултати оригиналног истраживања које је у току да би се подржали развој и употреба сложених војних система, као што су ратни брод, оклопно борбено возило, авион или наоружани хеликоптер. Такви системи имају неке заједничке особине, од којих су најважније: сопствени погон, људска посада, наоружање и потреба за значајном логистичком подршком. Аутор уводи нови концепт наоружане мобилне платформе (НМП) као апстракцију погодну за истраживање таквих сложених војних система. У истраживањима се користи методологија заснована на рачунарској симулацији мисије наоружане мобилне платформе. Мисија НМП јесте рачунарска представа динамичког сценарија у којем се, од поласка до повратка у базу, смењују маневри и преласци појединих деоница, појаве ванредних догађаја и одговарајуће реакције (дејства) НМП, уз постепено трошење ресурса који су додељени за мисију. У раду се, као показни пример примене концепта НМП, симулира планирана мисија наоружаног брода речне ратне флоте и ванредни догађаји – оштећења погонских мотора услед борбених дејстава.

У закључку је анализиран утицај увођења концепта НМП који се огледа у: истраживањима (у могућности процене перформанси, компаративне анализе алтернативних концепција и доношења одлука о даљем развоју сложених војних система); развоју (у одређивању техничких решења, процени поузданости и увођењу редунданси) и употреби (у командовању, обуци, процени успешности мисија, планирању и могућности безбедних и економичних експеримената с употребом НМП у екстремним условима), што може утицати и на доношење нових доктринарних решења о употреби таквих сложених система у рату.

Основни појмови

Наоружана мобилна платформа је концепт погодан за истраживање, развој и употребу сложених војних система. Многи такви системи (шема 1), на пример ратни брод, оклопно борбено возило, авион или наоружани хеликоптер, имају неке заједничке особине, од којих су најважније: сопствени погон, људска посада, наоружање и потреба за значајном логистичком подршком. Концепт НМП може да се користи и за разматрање других сличних система (изван војске) који имају сопствени погон, људску посаду, извршне органе, системе за управљање и логистичку подршку.

Да би се наоружана мобилна платформа могла истраживати као систем, треба прво одредити њену околину и подсистеме. Околину



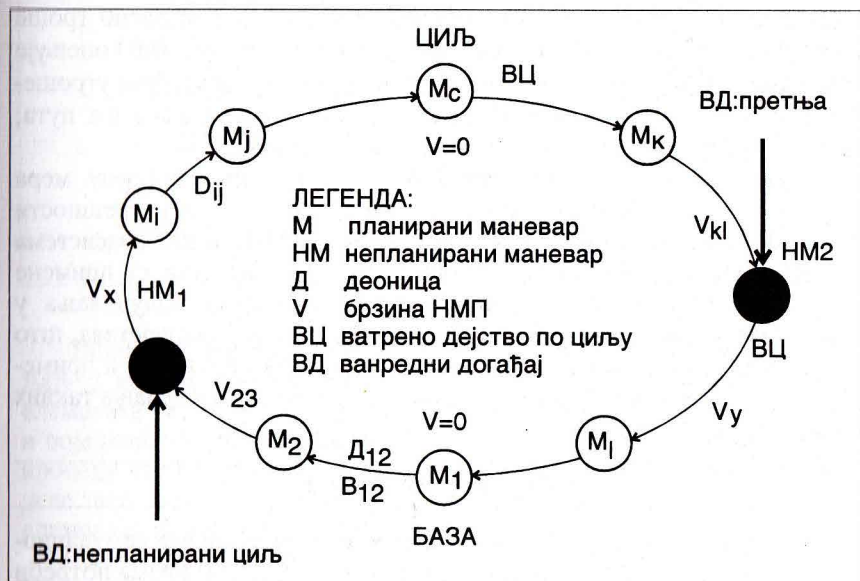
Концепт наоружане мобилне платформе



Пример НМП и њене околине: наоружани брод речне ратне флотиле

НМП (шема 2) као војног система, чине: непријатељ, сопствене снаге и простор (територија или акваторија по којој се НМП креће и ваздушни простор над њом). Подсистеми НМП од интереса за истраживање и/или развој најчешће су: погон, командно-информациони систем (КИС), оруђа и логистичка подршка.

Шема 3



Мисија НМП

Мисија НМП (шема 3) јесте пут који она треба да превали од базе до циља, и натраг до базе. Тај пут, који се може представити цикличким графиканом, састоји од више деоница D_{ij} , које НМП, у овом приступу, прелази константним брзинама V_{ij} . Свака деоница – грана графикана, омеђена је са два чвора, који се у овом случају називају маневрима (M_i и M_j). Маневар M_i јесте догађај на путу када се мења брзина наоружане мобилне платформе. Да би се поједноставио модел, узето је да су те промене дискретне, али да се за време маневра не преваљује никакво растојање.

Утицај непријатеља на мисију НМП представља се ванредним догађајима, који су, у основи, појаве различитих циљева, и/или претњи. Циљ је непријатељева јединица, систем или средство који се могу уништити или оштетити оруђима којима је опремљена наоружана мобилна платформа. Претња је она непријатељева јединица, систем или средство који својим дејством могу оштетити или уништити платформу. Већина претњи може истовремено да буде и циљ, и обратно, али је релативни однос интензитета та два својства различит од случаја до случаја. У оквиру планиране мисије, НМП треба да уништи један или

више циљева, што се своди на дејство неким од оруђа на НМП и на трошење одговарајућих ресурса додељених за мисију, као што су пројектили из борбеног комплекта (БК), уз оруђе, или време које троши командно-информациони систем.

Симулација мисије НМП јесте рачунарска представа динамичког сценарија, у којем се, од почетка до краја (од поласка до повратка у базу), смењују маневри и преласци деоница, појаве ванредних догађаја и одговарајуће реакције (дејства) НМП, у којима се постепено троше ресурси предвиђени за мисију. Степен успешности мисије НМП оцењује се мерама перформанси, као што су време њеног трајања, број утрошених пројектила по уништену циљу, ефикасност преваљивања пута, процент мисија које су повољно завршене, и слично.

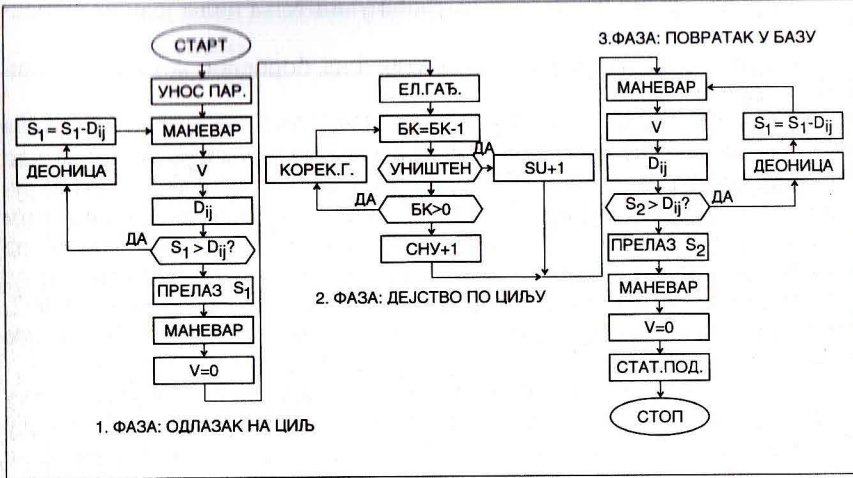
Циљ симулације мисије НМП јесте да се, кроз процену мера перформанси у различитим условима, дође до показатеља успешности техничких решења примењених током развоја НМП, њених подсистема и делова. Поред тога, што је такође веома значајно, циљ су примене симулатора мисије НМП за истраживање правилног одлучивања у погледу могућности употребе НМП у извођењу борбених дејстава, што је у домену командовања и обуке и/или логистичке подршке, а примењује се у области техничког одржавања и техничког снабдевања таквих сложених војних система.

Симулациони модел

У истраживању је усвојен модуларни приступ изградње симулационог модела, тако да се поједини његови делови (модули) према потреби усмеравања истраживања на различите аспекте развоја или употребе НМП, могу посебно развијати и користити. Основни модули су: симулатор планиране мисије, генератор ванредних догађаја и генератор извештаја.

Основу модела чини модул за симулацију планиране мисије, чији је алгоритам приказан на шеми 4. У том модулу се симулира прелазак укупног пута НМП у оквиру мисије, са свим планираним догађајима и активностима (преваљивање деоница, планирани маневри и дејства по планираним циљевима). У показном примеру који се разматра у овом раду, планирана је једноставна мисија НМП, која се састоји од три фазе: доласка на локацију циља, дејства оруђем по циљу и повратка у базу.

Преваљивање појединих деоница (D_{ij}), у фазама доласка на локацију циља и повратка у базу, представља се чистим временским кашњењем, које се добија из односа дужине деоница и брзине кретања наоружане мобилне платформе. Дужине појединих деоница и брзине на њима добијају се узорковањем функција расподеле тих случајних променљивих. Такве функције се одређују на основу интервјуисања експерата – чланова посада НМП, претходних знања о простору на којем се одвија симулирана мисија НМП и анализа доступних података о реално оствареним мисијама НМП или сличних система.



Алгоритам симулатора планиране мисије

Дејство оруђем по циљу обухвата: припремне радње које се обављају у командно-информационом систему и код посаде (одређивање елемената за гађање и подешавање оруђа, што обухвата и рад посаде и поједине техничке карактеристике самог оруђа), само дејство оруђа, процену учинка оруђа по циљу (у основи, узорковање функције расподеле вероватноће уништења циља једним пројектилом), корекцију елемената за гађање и понављање дејства по циљу.

Модел је имплементиран помоћу симулационог језика GPSS¹. Основна временска јединица у моделу је $T_0 = 1$ s. До ње се дошло после анализе динамички веома различитих процеса, који су у актуелном тренутку истраживања обухваћени моделом: целокупне мисије НМП, која траје више сати; преваљивања појединих деоница, која трају од неколико минута до неколико сати; активности у вези с појавама циљева и/или претњи, које су реда неколико секунди до неколико минута, и реакција људи, које су реда величине једне секунде.

У раду се симулира планирана мисија наоружаног брода речне ратне флотиле (РРФ)² и ванредни догађаји – оштећења погонских мотора услед борбених дејстава. Подсистеми такве НМП симулирају се на следећи начин:

– погон – два мотора, отказују у току мисије без могућности поправке; с оба исправна мотора НМП постиже потпуну, а с једним исправним мотором 70 одсто потпуне брзине; губитак оба мотора је фаталан (мисија је неуспешна, а НМП у принципу изгубљена);

¹ General Purpose Simulation System V user's manual, IBM, SH-20-851-1.

² Р. Јанковић, *Пристап симулацији мисије наоружане мобилне платформе*, Зборник радова XXIII југословенског симпозијума за операциона истраживања SYMOPIS '96, Златибор, 1996; Р. Јанковић, *Пристап информационој подршци командовања наоружаним бродовима Речне ратне флотиле*, „Војно дело“, бр. 3/1996, Београд, и Ј. Веселиновић, *Употреба снага у захвату унутрашњих пловних путева*, „Морнарички гласник“, бр. 2/1995, Београд.

- КИС – само одређивање елемента за гађање и корекцију ватре;
- оруђа – једно оруђе, вероватноћа уништења циља једним пројектилом је пет одсто;
- логистичка подршка – само величина борбеног комплета муниције уз оруђе.

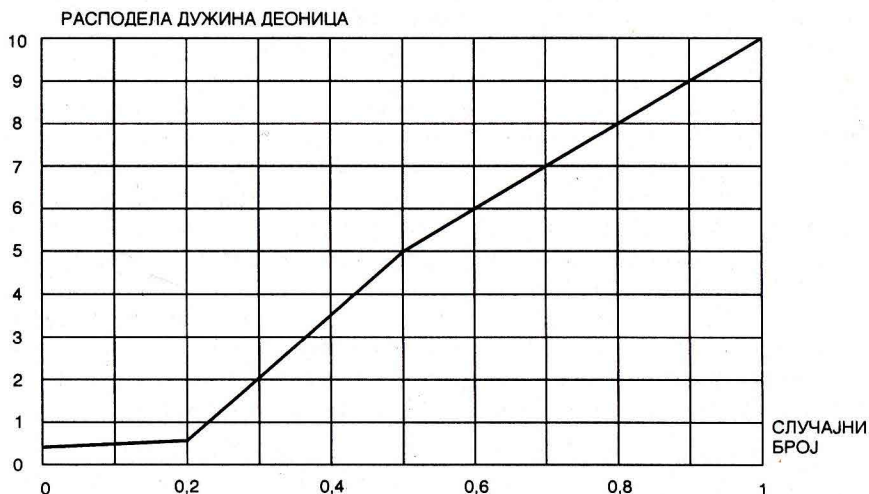
Специфичности речног брода као НМП³ су у томе што је пловни објекат, због релативно суженог маневарског простора по реци као унутрашњем пловном путу (УПП), истовремено сличан копненој наоружаној мобилној платформи. Мисије брода се одвијају по познатим путањама, различитим брзинама на појединим деоницама, зависно од тога да ли се пловидба одвија узводно или низводно. Примери расподела дужина деоница и брзина брода приказани су на дијаграмима 1 и 2. Приликом њиховог одређивања узете су у обзир типичне перформансе речних ратних бродова⁴ и брзина реке од 1 m/s.

У симулационом моделу мисије НМП ванредни догађаји (ВД) јесу они догађаји који нису планирани у оквиру мисије. Они се јављају независно од стања и активности НМП, али значајно утичу на даље понашање НМП, како у реалном систему, тако и у симулационом моделу.

Ванредни догађаји се генеришу у посебном модулу симулатора, независно један од другог, као и од стања и активности наоружане мобилне платформе. Они имају приоритет над свим другим активностима, па оне морају да се прекину, а НМП преусмери на предузимање нове активности – реакције на ванредни догађај. По окончању ванредног догађаја и одговарајуће активности, зависно од исхода, НМП настав-

Дијаграм 1

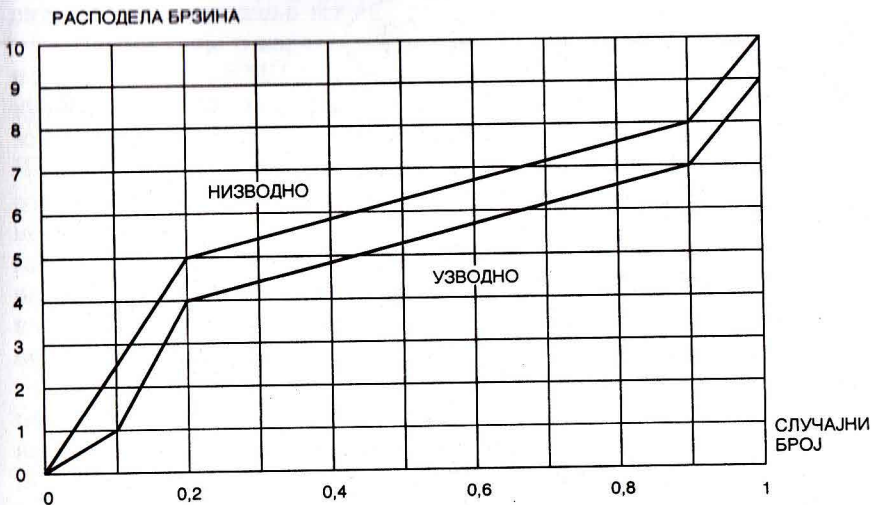
Расподела дужина деоница D_{ij}



³ Р. Јанковић, *Приступ информационој подршци командовања наоружаним бродовима Речне ратне флотиле*, исто.

⁴ *Janes's Fighting ships 1985-86*, Janes's Publishing Company Ltd, London, 1986.

Расподеле брзина НМП



ља прекинуту мисију или, у случају фаталног исхода, завршава мисију са до тада постигнутим резултатом. С обзиром на то да је реч о НМП као о војном систему, то често значи и њен губитак (уништење или делимично онеспособљавање НМП).

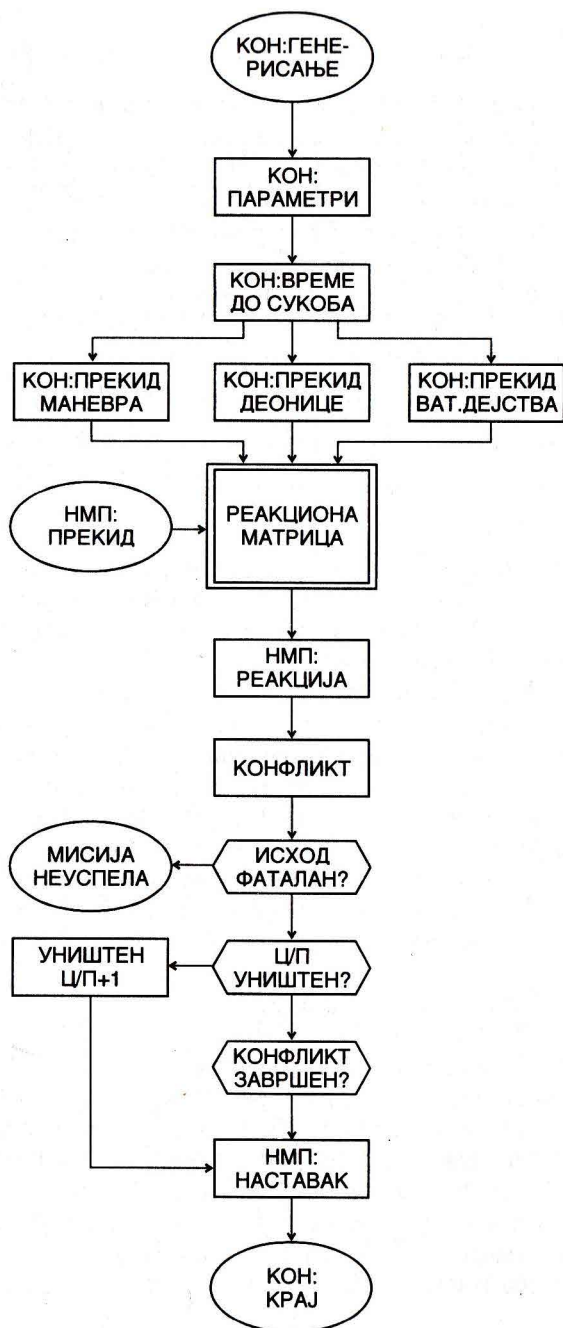
Алгоритамски опис механизма за представљање ванредних догађаја у симулационом моделу мисије наоружане мобилне платформе приказан је на шеми 5, а у њему учествују две трансакције симулационог језика GPSS⁵: КОН – независно генерисана трансакција која представља ванредни догађај, и НМП – трансакција која у моделу представља саму наоружану мобилну платформу. У симулационом моделу НМП може се налазити у једном од следећа три стања: изводи маневар, прелази деоницу и дејствује оруђем по планираном циљу. Та стања су у моделу означена GPSS ентитетима за опслуживање по једне трансакције (FACILITY),⁶ и то:

- FACILITY МАНЕВ за маневар;
- FACILITY ДНЦА за прелажење деонице;
- FACILITY ВЦИЛ за дејство оруђем.

С обзиром на то да се приликом независно генерисаног догађаја не зна у каквом се стању налази НМП, после одређивања врсте ВД (генерисањем случајних бројева и узорковањем одговарајућих GPSS функција), ВД прекида заузеће свих тих ентитета и назначава адресе, на којима се у програму – симулатору, налазе одговарајуће рутине за представљање реакција НМП на тај догађај. Будући да се у симулатору налази само једна НМП, она ће прекинути заузеће само једног од енти-

⁵ General Purpose Simulation System V user's manual, исто.

⁶ Исто.



Алгоритам механизма за симулирање ванредних догађаја (ВД)

тета за представљање њеног текућег стања у моделу и прећи ће на извођење рутине за реакцију на ванредни догађај. Прекиди заузећа осталих ентитета за означавање текућег стања НМП без икаквог су дејства.

Информације о карактеристикама ВД које носи трансакција КОН и о стању ресурса НМП које су у њеним параметрима уносе се у реакциону матрицу (РЕМ), која је један од најважнијих концепата како у модулу за симулацију ВД, тако и у симулационом моделу мисије НМП уопште. На основу тих информација и експертских правила одлучивања у командовању НМП, уграђених у реакциону матрицу, одређује се које ће од могућих реакција НМП бити примењене у симулираном ванредном догађају. Затим се прелази на симулацију самог ванредног догађаја. На шеми 5 приказан је алгоритам за симулирање конфликта, као посебне класе ВД, у којима за време мисије НМП долази до непланиране појаве противничких претњи и/или циљева. Тада настаје конфликт – сукоб интереса НМП, која тежи да оствари планирану мисију и противника који покушава да је у томе спречи. Уколико дође до сукоба, наведене активности реакције имају удела у крајњем исходу. Као и сваки други ванредни догађај, конфликт се може завршити фаталним исходом по НМП, и тада се њена мисија неуспешно завршава. Са друге стране, уколико се конфликт не заврши фатално по НМП, уклања се из симулације трансакција којом се симулира конфликт, а НМП наставља мисију тамо где је била прекинута конфликтом. Уколико се сукоб са претњом не заврши фатално по НМП, претња може бити уништена. Тада се бројач уништених претњи (циљева) повећава за један, трансакција КОН уклања се из симулатора, а НМП наставља симулирану мисију. Ако претња није уништена, сукоб се наставља до завршетка на један од наведених начина.

Системски параметри и мере перформанси

Системски параметри разматраног наоружаног брода РРФ као НМП јесу:

- М – број исправних погонских мотора (један или два);
- ВУ – вероватноћа уништења циља једним пројектилом из оруђа (у овом раду пет одсто);
- БК – величина борбеног комплекта (број пројектила) уз оруђе.

Карактеристика употребе НМП на реци је тежња да се мисија обави за што краће време, и то са што је могуће мање маневара. При томе, за уништење циљева треба утрошити што је могуће мање муниције. Зато су у примеру који се разматра одабране следеће мере перформанси:

а) *време трајања мисије* T_m , исказано изразом:

$$T_m = \sum_{ij} \frac{d_{ij}}{V_{ij}} + \sum m_k + \sum t_{vdc}, \quad (1)$$

где су d_{ij} дужине деоница, V_{ij} брзине на њима, m_k трајања маневара и t_{vdc} времена ватреног дејства по циљевима;

b) ефикасност пловидбе E_p [%], исказано изразом:

$$E_p = \frac{1}{T_m} \sum \frac{d_{ij}}{v_{ij}}, \quad (2)$$

где су d_{ij} дужине деоница, v_{ij} брзине на њима, а T_m укупно време мисије НМП,

с) утрошак муниције, U_p , дефинисан бројем утрошених пројектила до уништења свих планираних циљева;

d) успешност мисије U_m [%], исказано изразом:

$$U_m = \frac{N_{um}}{N_{uk}}, \quad (3)$$

где су N_{um} број мисија које су се завршиле уништењем планираних циљева, а N_{uk} укупан број симулираних мисија;

e) проценат мисија с тоталним исходом F_m [%] исказано изразом:

$$F_m = \frac{N_{jm}}{N_{uk}}, \quad (4)$$

где су N_{jm} број мисија које су се завршиле губитком НМП, а N_{uk} укупан број симулираних мисија.

Анализа резултата првих експеримената

Циљ експеримената у којима је симулирана једноставна мисија речног брода наоружаног једним оруђем, којим треба уништити један планирани циљ, био је, првенствено, да се провери исправност функционисања до сада реализованих софтверских модула симулатора и да се, на једноставним примерима, прикажу могућности примене таквих симулатора, односно утицај који увођење тих концепата може да има на истраживање, развој и употребу сложених војних система.

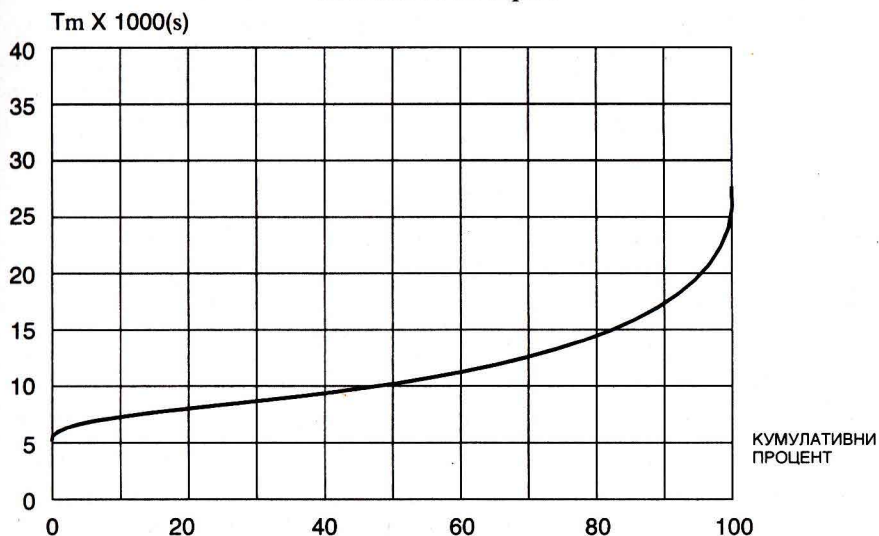
Укупна дужина пловидбе (у одласку и повратку) износи 20 km, а расподеле дужина појединих деоница и брзина НМП на њима с једним погонским мотором приказане су на дијаграмима 1 и 2. Уколико НМП прелази деоницу са оба погонска мотора, брзина се повећава за 48,5 одсто. То значи да, уколико НМП с оба мотора постиже потпуну брзину, отказ једног мотора условљава смањење брзине на 70 одсто, а отказ другог мотора чини фаталним исход мисије (губитак НМП).

На дијаграму 3 приказана је кумулативна расподела времена трајања мисије T_m , а на дијаграму 4 кумулативна расподела ефикасности пловидбе E_p . Подаци су добијени за узорак од 10.000 симулираних миси-

ја НМП с једним расположивим погонским мотором. Средња вредност T_m је 3 сата 10 минута и 58 секунди. Средња вредност E_p је 85,889 одсто.

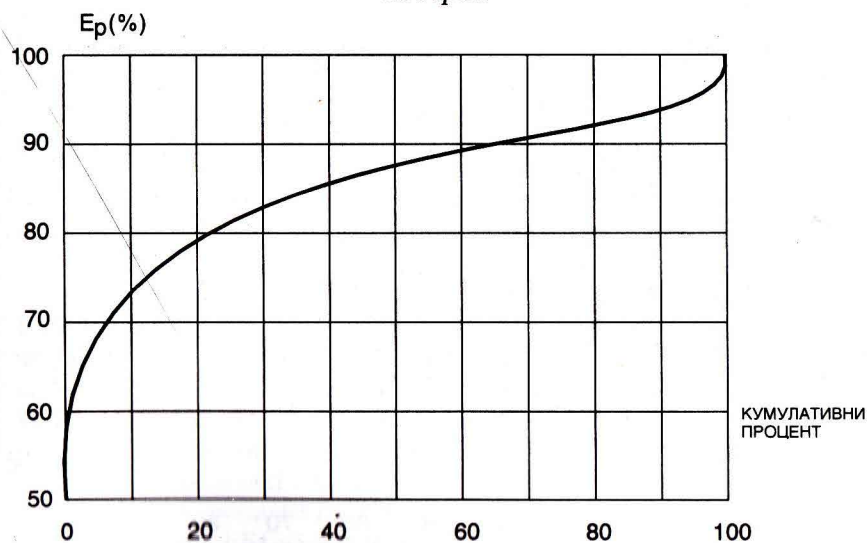
Дијаграм 3

Расподела времена трајања мисије са НМП са једним расположивим погонским мотором



Дијаграм 4

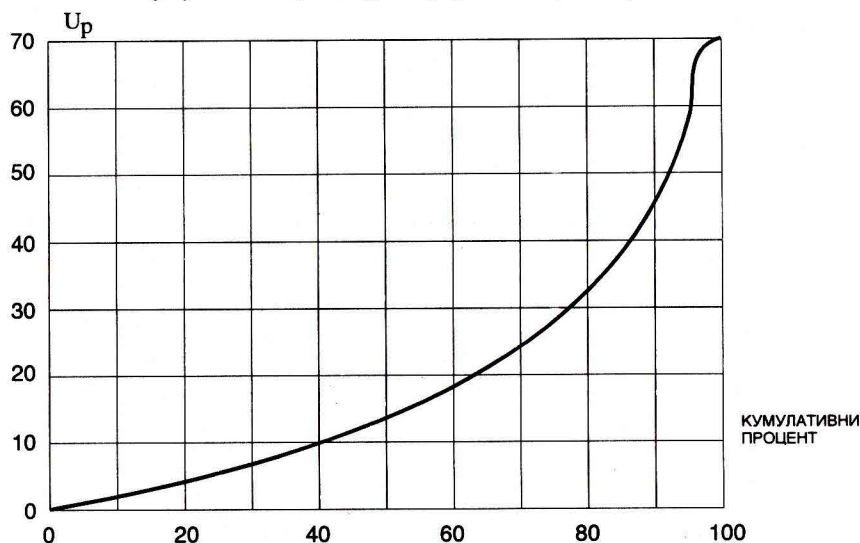
Расподела ефикасности мисије НМП са једним расположивим погонским мотором



Кумулативна расподела утрошка муниције U_p приказана је на дијаграму 5. Средња вредност U_p износи 19,501 утрошени пројектил по мисији, а у 90 одсто мисија утрошено је мање од 45 пројектила.

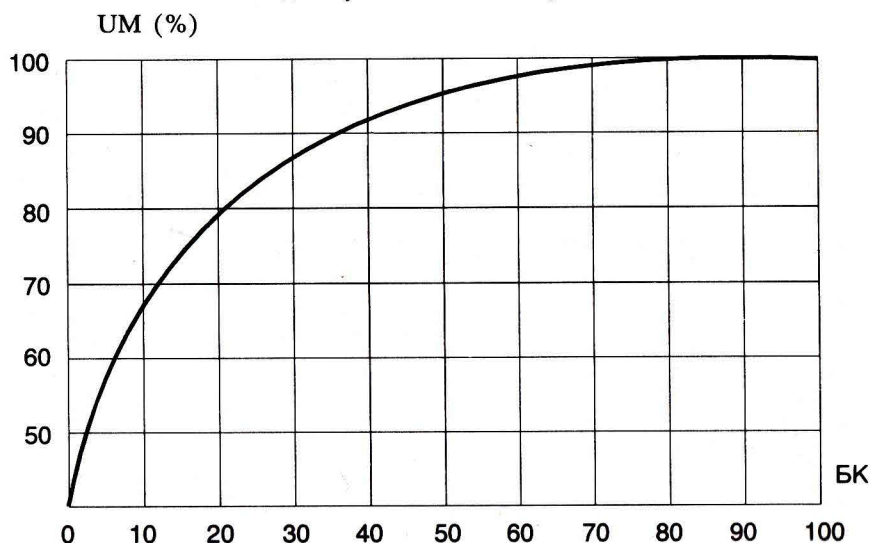
Дијаграм 5

Кумулативна расподела утрошка муниције НМП



Дијаграм 6

Расподела успешности мисија НМП



На дијаграму 6 приказана је зависност успешности мисија U_m од величине борбеног комплета (БК) за величину узорка од 10.000 симулираних мисија по експерименту. Види се да величина БК од 50 пројектила обезбеђује успешну мисију у 93 одсто случајева, па је 50 пројектила узето као рационално опредељење за величину БК за посматрану мисију.

Ванредни догађаји у току мисије јесу откази погонских мотора НМП услед борбених дејстава. При том, одабрано је средње време (T) појаве ВД од 3.600 s, а расподела међудолазног интервала је експоненцијална. План експеримената приказан је у табели 1.

Табела 1

План експеримената

Експеримент	М	T [с]
ЕКС-1	1	—
ЕКС-2	2	—
ЕКС-3	1	3600
ЕКС-4	2	3600

Циљ таквог плана експеримената јесте да се испита утицај системског параметра М (број мотора у подсистему ПОГОН НМП) на време трајања мисије у случајевима када мотори отказују и када не отказују у току мисије наоружане мобилне платформе.

Резултати експеримената приказани су у табели 2 и на дијаграму 7. Симулирано је 10.000 мисија НМП по експерименту.

Табела 2

Мере перформанси

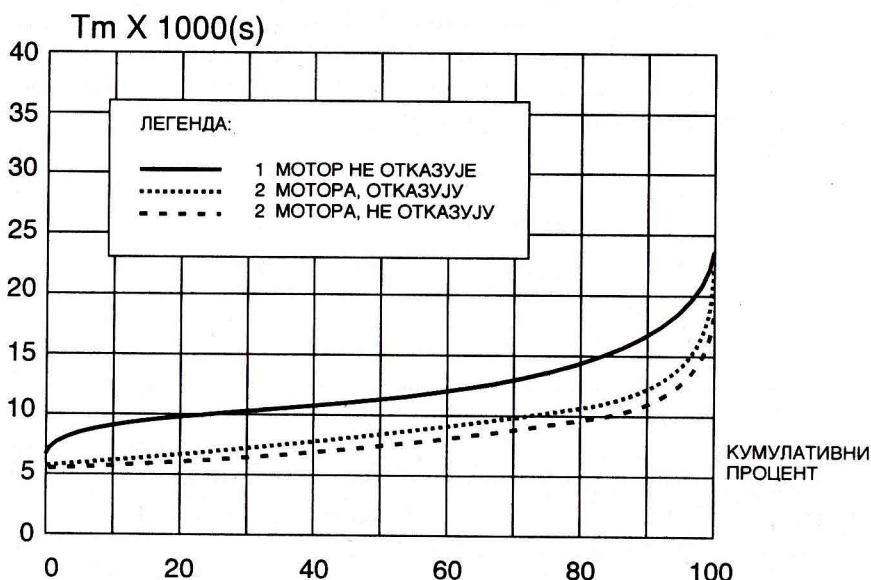
М.ПЕ РФ.	ЕКС-1	ЕКС-2	ЕКС-3	ЕКС-4
T_m [s]	10842	7867	10855	0068
S.DEV [s]	3674	2602	3760	2723
U_m [%]	99,2	99,2	95,5	98,9
F_m [%]	0,0	0,0	7,4	0,3

У експерименту с једним погонским мотором НМП који не отказује (ЕКС-1) средње време мисије (T_m), као и његова стандардна девијација, практично се поклапају с одговарајућим вредностима у експерименту са једним погонским мотором НМП који отказује у току мисије (ЕКС-3). Резултат тога су готово идентичне инверзне кумулативне криве расподеле T_m , па је на дијаграму 7 приказана само једна таква крива, којом су представљени резултати оба експеримента са једним погонским мотором наоружане мобилне платформе. То се објашњава чињеницом да су у експерименту ЕКС-3 у крајњу расподелу уврштене само мисије у

којима није дошло до отказа мотора, а с обзиром на то да су се оне одвијале истом брзином (један погонски мотор који није отказао) као у експерименту ЕКС-1, добијене криве се поклапају.

Дијаграм 7

Расподеле времена трајања мисија НМП



У експерименту ЕКС-2 брзина НМП већа је за 48,85 одсто због тога што погон НМП има два мотора који не отказују у току мисије, па је резултат најмања средња вредност T_m (7.867 s). У експерименту ЕКС-4 просечена брзина НМП већа је него у експериментима ЕКС-1 и ЕКС-3, али је мања него у ЕКС-2, а резултат је одговарајуће средње време мисије T_m (9.968 s) и облик кумулативне криве расподеле T_m . То је последица чињенице да је део успешних мисија обављен делом са два, а делом са једним погонским мотором (после ванредног догађаја – отказа једног мотора, НМП наставила је и до краја обавила мисију с преосталим мотором, или мањом брзином). Успешност мисија U_m иста је у експериментима ЕКС-1 и ЕКС-2 (99,2 одсто) јер се у тим експериментима променила само просечна брзина НМП, док су остали услови остали исти (погон не отказује, функција расподела дужина деоница и карактеристике оруђа су идентичне).

Успешност мисија у експериментима у којима долази до ванредних догађаја – отказивања погонских мотора, јесте мања, али је боља у ЕКС-4 (98,9 одсто) него у ЕКС-3 (95,5 одсто). Систем са два погонска мотора који отказују има, дакле, веће могућности да успешно обави мисију (уништи планирани циљ) од система с једним погонским мотором који отказује. Најзад, нема мисија с фаталним исходом у експериментима ЕКС-1 и ЕКС-2 јер нема ванредних догађаја – отказа погонских

мотора, који би могли да доведу до губитка наоружане мобилне платформе. С друге стране, НМП с два мотора који отказују (ЕКС-4) има изузетно много мањи проценат мисија с фаталним исходом ($F_m = 0,3$ одсто) од НМП с једним мотором који отказује (ЕКС-3, $F_m = 7,4$ одсто).

На основу наведених резултата може се закључити да је допринос од увођења два погонска мотора, поред очекиваног повећања брзине НМП, још значајнији јер знатно повећава њену поузданост, односно вероватноћу успешног окончања мисије уз очување саме наоружане мобилне платформе.

Истовремено, у експериментима су добијени резултати који потврђују успешност реализације механизма за симулирање једне врсте ванредних догађаја у мисији наоружане мобилне платформе.

*
* *

Неки резултати оригиналног истраживања у које је уведен концепт наоружане мобилне платформе јесу:

- усвојен је модуларни приступ у развоју симулационог модела мисије НМП, ради добијања флексибилног софтверског средства за истраживање, развој, планирање, експериментисање и обуку за употребу таквих система;

- развијен је симулатор мисије НМП, где је мисија посматрана као рачунарска имплементација динамичког сценарија у којем се смењују маневри НМП и преласци деоница пута у току мисије, појаве планираних и непланираних циљева и претњи и одговарајуће реакције (дејства) НМП уз постепен утрошак ресурса одређених за мисију;

- уведен је механизам за представљање ванредних догађаја у мисији наоружане мобилне платформе. Ванредни догађаји се генеришу из посебног модула симулатора, независно један од другог и од стања мисије платформе. Представљени су посебном трансакцијом у симулатору која прекида текуће стање и/или активности трансакције којом се симулира НМП и присиљава је да пређе на активност којом се симулира реакција НМП на ванредни догађај;

- анализирани су резултати експеримената који се односе на показни пример наоружаног брода речне ратне флотиле. Експерименти су изведени ради провере исправности функционисања симулационог модела и указивања, помоћу једноставнијих примера, на могућности примене и на утицај који наведени концепти могу имати на истраживање, развој и употребу разматране класе сложених војних система.

Постигнути резултати указују на велике могућности примене таквог концепта и софтверских симулатора:

- 1) у истраживањима сложених војних система утицај увођења концепта НМП огледа се у могућности претходне процене перформанси и компаративне анализе алтернативних концепција истраживаних систе-

ма, што је значајно за сагледавање изводљивости и доношење одлука о њиховом даљем развоју;

2) у току развоја, симулатори НМП могу послужити за детаљније одређивање техничких решења како система у целини, тако и њихових подсистема и делова, а посебно за процену поузданости, сагледавање ефеката функционисања система и доношење одлука о увођењу редунданси;

3) Концепт и симулатори наоружане мобилне платформе посебно су значајни у области употребе сложених војних система јер могу да послуже за обуку официра и посада, процену успешности мисија и њихово планирање, као и за безбедне и економичне експерименте са сложеним војним системима и њиховим посадама у екстремним условима. То може утицати и на доношење нових доктринарних решења о употреби таквих сложених војних система у рату.