

# SIMULACISKI MODEL ZA ODREDUVAWE NA ZONITE NA LANSIRAWE KAJ RAKETNITE SISTEMI ZA PROTIVVOZDU[NA ODBRANA

Sa{o Gelev<sup>1</sup>, Stoj~e Deskovski<sup>1</sup>, Zoran Gacovski<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Voena akademija "General Mihailo Apostolski" Skopje,  
Republika Makedonija

anasase@freemail.org.mk, stodes@mt.met.mk, zgacovski@yahoo.com

**Abstrakt:** Vo trudot se prezentira simulaciski model prikladen za odreduvawe na zonite na lansirawe kaj raketnite sistemi za protivvozdu{na odbrana (RS PVO). Problemot na ga|awe vozdu{ni celi pretstavuva dosta slo`ena zada~a koja vo konkretnite raketni sistemi za PVO ja re{ava sistemot za upravuvawe so ogot. Zavisno od stepenot na avtomatizacija na funkciite vo konkretniot sistem ~ovekot-operator vo sistemot vr{i razli~ni zada~i koi vo princip se sveduvaat na otkrivawe, identifikacija i sledewe na celta, opredeluvawe na po~etnite agli i vremeto na lansirawe za da se obezbedi uspe{no pogoduvawe i uni{tuvawe na celta. Za da se obezbedi pogoduvawe na celta vo definiranata zona na uni{tuvawe potrebno e lansiraweto na raketata da se vr{i za vreme koga celta se nao|a vo zonata na lansirawe. Zonata na lansirawe kako del od vozdu{niot prostor zavisi kako od takti~ko-tehni~kite karakteristiki na konkretniot raketni sistem taka i od parametrite na dvi`ewe na celta i ostanatite uslovi na ga|awe. Ocenkata (odreduvaweto) na granicite na zonata na lansirawe e slo`ena zada~a koja se re{ava vo SUO kaj site RS PVO pred da se donese odluka za lansirawe (ga|awe). Vo trudot e razraboten algoritam za odreduvawe na zonite na lansirawe koj {to e implementiran vo simulaciskiot model na sistemot. Simulaciskiot model e izveden vo MATLAB-SIMULINK, a prilo`enite rezultati se odnesuvaat na ga|awe na avion so hipoteti~ki RS PVO so mal dostrel.

**Klu~ni zborovi:** raketni sistem, protiv-vozdu{na odbrana, zona na lansirawe, zona na uni{tuvawe, sistem na upravuvawe so ogan, simulaciski model, samovodewe, vodewe i upravuvawe.

## 1. VOVED

Namenata na site raketni sistemi za protivvozdu{na odbrana e uni{tuvawe na celite vo vozdu{niot prostor. Ovaa zada~a RS PVO mo`e da ja izvr{i so ostvaruvawe na golem broj na faktori koi se od tehni~ka i od takti~ka priroda. Tehni~kite faktori zavisat od samiot sistem, dodeka takti~kite zavisat od pravilnata rabota i postapka na poslugata (strelecot) koja rakuva so sistemot. Kaj odredeni sistemi strelecot samostojno ja ceni situacijata i vrz osnova na procenitite parametri za celta donesuva odluka dali celta se nao|a vo prostornata zona koja obezbeduva preduslovi za pogoduvawe na celta, a so toa go odreduva i najpovolniot moment za lansirawe na protiv- avionskata raketa.

Donesuvaweto na ispravna odluka vo mnogu kratok period {to se nametnuva so borbenata situacija, mnogu ~esto e problem i za strelci koi se odli~no obu~eni. Zatoa postoi potreba na nekoj na~in da mu se sugerira na strelecot(poslugata) deka celta e vo zonata na lansirawe za da mo`e da lansira i da ja uni{ti.

## 2. SISTEMI ZA UPRAVUVAVE SO OGNOT

So razvojt na voenata tehnologija, a posebno so zgolemuvaweto na dale~inata i to~nosta na ga|awe so voenite sistemi, se pojavila mo`nost za ga|awe na protivnikot od zakloneti pozicii i upotreba na ogan na podvi`ni celi. Taka i po~nal razvojt na prvite uredi za upravuvawe.

Uredite za upravuvawe so ogot najgolem razvoj do`iveale so razvojt na raketnata tehnika. Prakti~nite sistemi za upravuvawe na site vrsti na raketno vooru`uvawe sodr`at kompjuteri i uredi koi se razmestuvaat na zemjata ili na podvi`niot objekt(raketata).

Vo zavisnost od zada~ite ko treba da gi re{avaat, uredite za upravuvawe mo`e da se podelat na dve golemi klasi:

-uredi za upravljanje so ogan ili so letot na posebni objekti na vooru`uvawe; i  
-informacisko- upraviva~ki sistemi nameneti za re{avawe na logi~ki zada~i na upravljanje so golemi edinici vo koi se obrabotuva golema koli~ina na informacii i se obezbeduva upravljanje so borbenite dejstvija na golemite edinici.

Ako go razleduvame prafaweto na upravljanje so ogot na poedine~en objekt na vooru`uvawe (orudie) mo`e da se izdvoime pove}e etapi.

Prva rabota koja mora da se napravi pri re{avawe na ovaada~a e otkrivawe na celta i predavawe na nejzinite grubi koordinati na uredite za to~no merewe na koordinatite. Otkrivawe na celta mo`e da se vr{i so posebni radarski sistemi, so vizuelno nabquduvawe na vozdu{niot prostor preku istureni nabquduva~i ili na bilo koj drug na~in, po {to sledi izvestuvawe na edinicite za nivno nasou~uvawe vo zadadena nasoka.

Vtora etapa e to~no merewe na koordinatite na celta i nivno voveduvawe vo kompjuterot na sistemot za upravljanje so ogot.

Tretata etapa se sostoi vo transformacija na koordinatite na celta. Dokolku kordinatite na celta {to gi imame dobieno ne se vo ist koordinaten sistem vo koj {to raboti kompjuterot na sistemot za upravljanje so ogot tie mora da se transformiraat.

Sledna etapa se sostoi vo odreduvawe na zakonot na promena na koordinatite na celta so vremeto i presmetuvawe na parametrite na negovoto dvi`ewe. Vo matemati~ka smisla ovaada~a se sveduva na diferencirawe, odnosno na odreduvawe na brzinata na promena na koordinatite ili nivni funkcii.

Petta etapa na re{avawe na upravljanjeto se sostoi vo odreduvawe na koordinatite na to~kata vo prostorot vo koja treba da nastane sredba na raketata i celta. Za re{avawe na ovaada~a ne e dovolno da se poznaat samo tekovnite kordinati na celta i parametrite na nejzinoto dvi`ewe koi se presmetuvaat do dadeniot moment na vremeto. Zatoa mora da se pojde od nekoja hipoteza za zakonot na dvi`ewe na celta za vreme na let na raketata do nea.

[estata etapa se sostoi vo odreduvawe na balisti~kite golemini koi se neophodni za naveduvawe na lansirniot ured po koordinatite na to~kata na sredba na raketata i celta. Ovie golemini se presmetuvaat za normalni uslovi na galawe. (Pod normalni slovi se podrazbira deka atmosferata e nepodvi`na odnosno nema veter, gustinata na vozduhot iznesuva 750 mm od `iviniot stolb, temperaturata na vozduhot e 15°C i raketata ima nominalni balisti~ki karakteristiki).

Realnite uslovi obi~no se razlikuvaat od normalnite i poradi toa mora da se zemaat vo predvid i meteorolo{kite i balisti~kite popravki zaradi otstupuvawe na realnite uslovi od normalnite uslovi.

Kaj raketnite sistemi koi se vodat do celta postojat u{te dve fazi.

Ovaada~a etapa se sostoi vo toa da se odreduva najracionalniot moment za lansirawe na raketata. Pri galawe so vodeni raketi verovatnosta na uni{tuvawe na celta so edna raketa e dosta golema, a cenata na sekoe lansirawe e mnogu visoka, i zatoa e potrebno da se re{avaada~ata na odreduvawe na najracionalniot moment na lansirawe na raketata. Momentot na lansirawe se odreduva od uslovite za obezbeduvawe na maksimalna verovatnost na uni{tuvawe na celta so edna ili so dve raketi.

Slednata etapa se odnesuva na re{avawe naada~ata na upravljanje so ogot na dale~inski vodenite raketi, a se sostoi vo presmetuvawe na komandite na vodewe koi treba da se predavaat na raketata zaradi obezbeduvawe na sredba so celta.

Eksplodzijata na boevata glava na raketata mo`e da se ostvari avtonomno so pomo{ na opredelena zapalka ili so ednokratka komanda koja se dava od zemjata spored podatocite od kompjuterot za upravljanje so ogot.

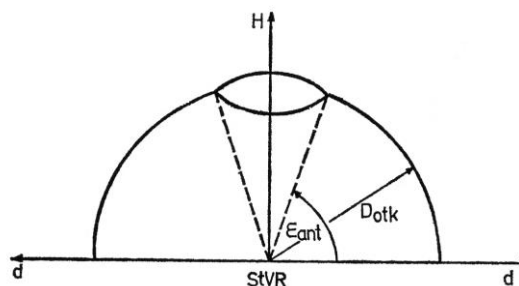
Od ova mo`e da zaklu~ime deka vo re{avawe naada~ata na upravljanje so ogan se upotrebuvaat sredstva za dale~insko otkrivawe na celite koi se galaat, kompjuteri koi obezbeduvaat selekcija i poka`uvawe na celite, radarski i opti~ki senzori za to~na pelengacija(odreduvawe na koordinatite) na celtakompjuteri za upravljanje komandni linii za dale~inski prenos i rabota na drugite elementi na sistemot. Sistemot za upravljanje so ogan zaedno so objektot koj treba da se upravuva(raketata) pretstavuva mnogu slo`en tehni~ki sistem o koj ~ovekot(poslugata) na sistemot ima stroo definiraniada~i.

### 3. ZONI KAJ RS PVO

Za da se odredat mo`nostite na raketnite sistemi za PVO za uni{tuvawe sredstva za napad od vozduh, potrebno e da se znaat karakteristikite na zonite na ogneniot sistem vo ~ii granici e mo`no galaawe i uni{tuvawe na celta. Kaj raketnite sistemi za PVO karakteristi~ni se slednite zoni: zona na nabquduvawe, zona na uni{tuvawe, zona na galaawe i zona na lansirawe.

#### 3.1 Zona na nabquduvawe

Zonata na nabquduvawe e ograni~en del na prostorot okolu stanicata za vodewe raketi vo koja e mo`no otkrivawe i sigurno sledewe celi vo vozduh.



Sl. 1 Zona na nabquduvawe

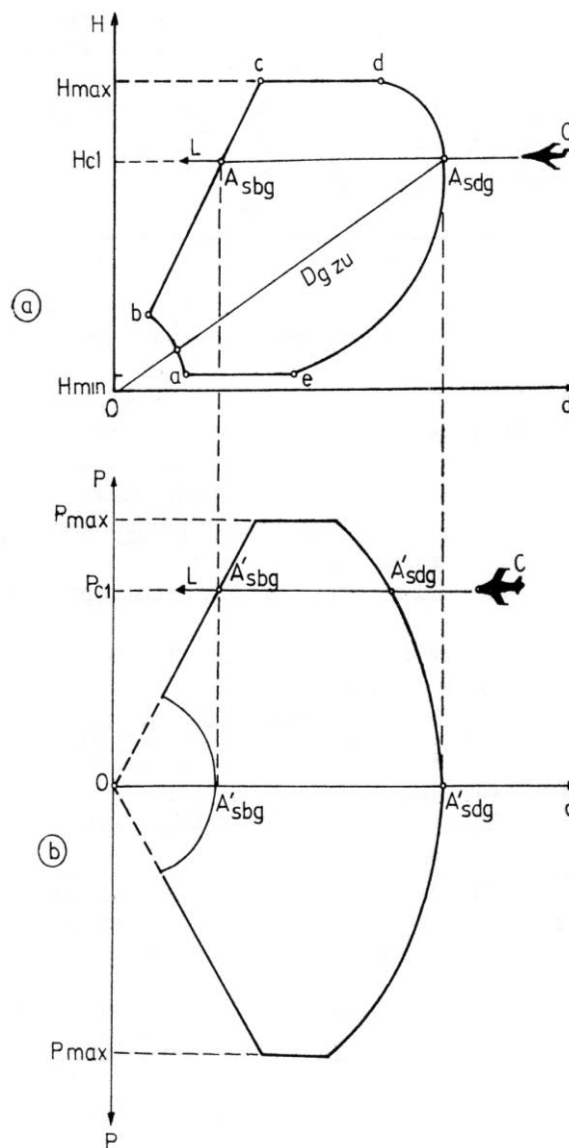
### 3.2 Zona na uni{tuvawe

Zona na uni{tuvawe e del od zonata na ga|awe vo koja se obezbeduva uni{tuvawe na celta za zadadena verojatnost. Ovaa zona se karakterizira so grani~nite mo`nosti na raketniot sistem za uni{tuvawe razli~ni celi vo odredeni uslovi i predstavuva edna od glavnite karakteristiki na borbenite mo`nosti na raketniot sistem za PVO.

Za poednostavna analiza i popregledno predstavuvawe na zonata na uni{tuvawe se koristi i nejziniot vertikalni i horizontalni presek. Na slika 2a e prikazan vertikalni presek na zonata na uni{tuvawe (za  $P_c = 0$ ), a na slika 2b i horizontalni presek na zonata na uni{tuvawe (za odredena visina na celta) pri ga|awe celi na kursevi na sredba.

Goleminata na zonata na uni{tuvawe se odreduva so:

- letno-tehni~kite karakteristiki i osetli-vosta na celta;
- uslovite za ga|awe i vidot na elektronskoto protivdejstvo;
- mo`nosta na raketniot sistem vo otkrivawe i sledewe na celta;
- letnite i konstrukcisko-balisti~kite karakteristiki na raketata;



Sl. 2 Zona na uni{tuvawe

- metodata na vodewe na raketata kon celta;
- dale~inata na priveduvawe na raketata na kinemati~kata pateka na primeniot metod na vodewe;
- odnosot na potrebnite i raspolo`ivite preopteretuvawa na raketata;
- to~nosta na vodewe na raketata na celta;
- karakteristikite na boevata glava na raketata i radio-zapalkata.

Osnovni parametri na zonata na uni{tuvawe se:

- dale~ina do podale~nata granica na zonata na uni{tuvawe ( $D_d$ );
- dale~inata do pobliskata granica na zonata na uni{tuvawe ( $D_b$ );
- gorna granica na zonata na uni{tuvawe;
- dolna granica na zonata na uni{tuvawe;
- dlabo~ina na zonata na uni{tuvawe ( $S_{zu}$ );
- dale~ina do to~kata na sredba ( $r_s$ ).

### 3.3 Zona na ga|awe

Zona na gaļawe se narekuva del od prostorot okolu raketniot sistem za PVO vo koj e mo`no uspe{no da se vodi raketata na celta. Ova zona se dobiva so vrtewe na vertikalniot presek na zonata na uni{tuvawe okolu ON oskata

### 3.4 Zona na lansirawe

Za da dojde do sredba na raketata so celta vo odredena to~ka vo zonata na uni{tuvawe, raketata mora da se lansira blagovremeno, pri {to se zemaat vo predvid brzinata na celta, negovite manevarski mo`nosti i vremeto na let na raketata do to~kata na sredba ( $A_S$ ). Spored ova, zona na lansirawe se narekuva del od prostorot okolu raketniot sistem za PVO vo koj se naoļa celta vo momentot koga raketata se lansira so takva presmetka da se obezbedi nejzina sredba so celta vo zonata na uni{tuvawe (slika 3).

Na Sl. 3a prika`an e vertikalni presek na zonata na lansirawe (za  $P_C = 0$ ), a na Sl. 3b horizontalniot presek na zonata na lansirawe (za odredena visina na celta) pri gaļawe celi na sredbeni kursevi koi ne izveduvaat manevar.

Za da se konstruira zonata na lansirawe za celi koi ne izveduvaat manevar, to~kite na sredba koi se naoļaat na granicata na zonata na uni{tuvawe mora da se pomrdnat po linija na dvi`ewe na celta na rastojanie koe celta go preletuva za vreme na dvi`ewe na raketata do to~kata na sredba ( $A_S$ ), odnosno za veli~ina na preteknuvawe koe se odreduva so pomo{ na formulata:

$$p = V_c \cdot (t_1 + t_R) \quad (1)$$

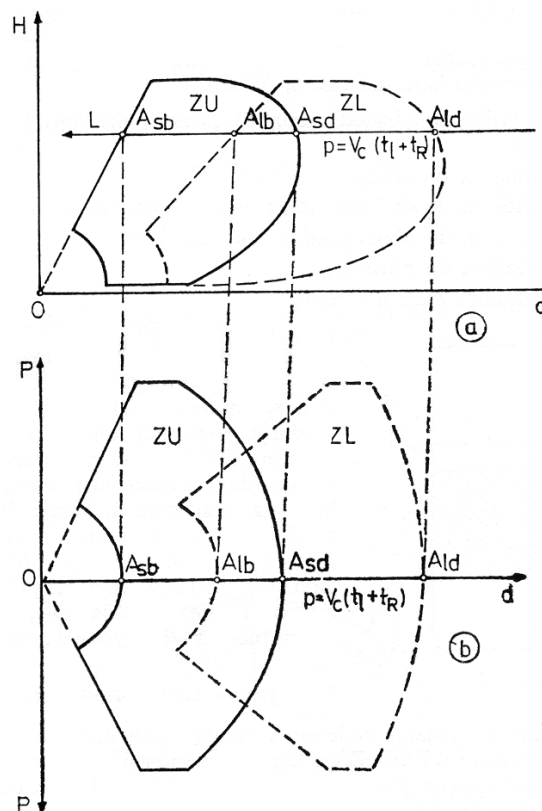
kade se:

-  $p$  - veli~ina na preteknuvawe od to~kata na lansirawe ( $A_{cl}$ ) do to~kata na sredba ( $A_S$ );

-  $V_c$  - brzina na celta;

-  $t_1$  - vreme na docnawe na lansiraweto od momentot koga se pritisne kop~eto za lansirawe do lansiraweto;

-  $t_R$  - vreme na let na raketata od momentot na lansirawe do to~kata na sredba ( $A_S$ );



Sl. 3 Zona na lansirawe

## 4. FAZI-PRAVILOV SISTEM ZA OPREDELUVawe NA ZONATA NA LANSIRawe

Vo ova poglavje }e bide opi{an fazi-pravilov sistem, {to vo zavisnost od vleznite parametri {to ja definiraat tekovната sostojba na celta (brzina i visina), na opkru`uvaweto i na samiot sistem, dobieni od sistemskite senzori, }e ima zada~a da ja odredi zonata na lansirawe na proektilot za konkretna cel, i na toj na~in na strelecot mu sugerira koga e najpovolen moment za ispaluvawe na proektilot.

Vo prodol`enie e dadena bazata na pravila, so koja go odreduvame pomestuvaweto na zonata na lansirawe vo odnos na zonata na uni{tuvawe, vo zavisnost od brzinata na celta  $V_c$  i nejzinata visina  $H_c$ .

IF  $V_c$  is 'fast' and  $H_c$  is 'low' THEN  
Pom is 'large'

IF  $V_c$  is 'fast' and  $H_c$  is 'high' THEN  
Pom is 'medium'

IF  $V_c$  is 'slow' and  $H_c$  is 'high' THEN  
Pom is 'small'

IF  $V_c$  is 'slow' and  $H_c$  is 'low' THEN  
Pom is 'medium'

IF  $V_c$  is 'medium' and  $H_c$  is 'low' THEN  
Pom is 'large'

IF  $V_c$  is 'medium' and  $H_c$  is 'high' THEN  
Pom is 'medium'

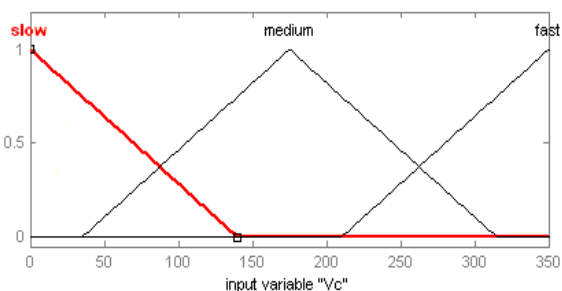
IF  $V_c$  is 'fast' and  $H_c$  is 'medium' THEN  
Pom is 'large'

IF  $V_c$  is 'medium' and  $H_c$  is 'medium' THEN  
Pom is 'medium'

IF  $V_c$  is 'slow' and  $H_c$  is 'medium' THEN

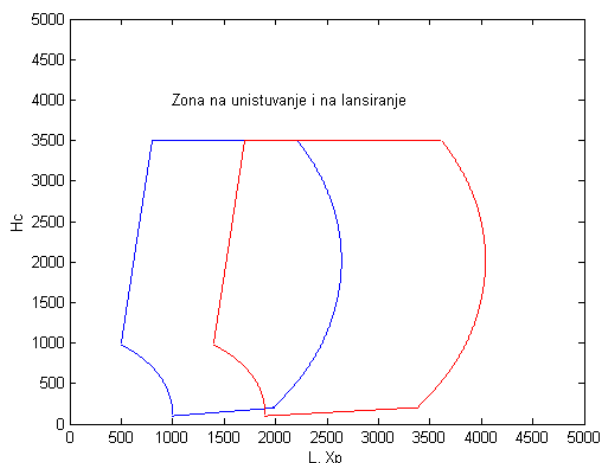
Pom is 'small'

Funkciite na pripadnost na varijablite brzina  $V_c$ , visina  $H_c$ , i pomestuvaweto  $Pom$ , se od triagolen oblik (Sl. 4), so lingvisti~ki vrednosti:  $V_c=\{\text{slow, medium, fast}\}$ ,  $H_c=\{\text{low, medium, high}\}$ ,  $Pom=\{\text{small, medum, large}\}$ , a cvrstite mno`evstva na nivnite vrednosti se vo slednite intervali:  $V_c=[0, 350 \text{ m/s}]$ ,  $H_c=[0, 3500\text{m}]$ ,  $Pom=[0, 1800\text{m}]$ .



Sl. 4 Funkcija na pripadnost na brzinata  $V_c$ .

Na Sl. 5 e prikāan simulaciskiot rezultat dobien so evaluacija na gorenavedenata baza na pravila so {to e dobiena zonata na lansirawe, preku prethodno definirana zona na uni{tuvawe.



Sl. 5 Dobivawe na zonata na lansirawe preku dadena zona na uni{tuvawe.

## 5. ZAKLU^OK

Vo ovoj trud e prezentiran simulaciski model prikladen za odreduvawe na zonite na lansirawe kaj raketnite sistemi za protivvozdu{na odbrana. Za taa cel, nie primenivme inteligen ten fazi-pravilov sistem vo procesot na upravuvawe so ognot kaj ovie borbeni sistemi. Kako predmet na razgleduvawe e zemen procesot na analiza na zonata na lansirawe kaj lesnite protiv-avionski raketni kompleti (PARK) za PVO i procesot na donesuvawe odluka za lansirawe na raketa vo momentot {to obezbeduva najgolema verojatnost za pogoduvawe na celta, kako klu~en faktor za efikasnost na sistemot. Zonata na lansirawe vo ovoj trud se odreduva vrz osnova na veje poznata zona na uni{tuvawe koja e prethodno odredena.

Vo trudot prvo se navedeni osnovnite poimi i parametri {to ja definiraat zonata na lansirawe kaj lesnite PARK. Ponatamu za site relevantni parametri na zonata na lansirawe odredeni se i definirani lingvisti~ki varijabli vo soodvetni domeni, kako i mno`estvo pravila i logika na zaklu~uvawe so baza na znaewe, {to go definiraat fazi-praviloviot sistem za odlu~uvawe. Vo trudot e prezentiran rezultat za zona na lansirawe za cel vo doalawe, no so analogna postapka se dobivaat i rezultatite za celi vo zaminuvawe.

Voveduvaweto na fazi-praviloviot sistem pretstavuva nov koncept vo rakuvaweto so raketnite sistemi za PVO. Fazi-logi~kiot pristap vnesuva ednostavnost vo dizajnot preku sistem na pravila koj ja povrzuva brzinata i visinata na celta so pomestuvaweto na zonata na lansirawe. Idnite naponi bi bile naso~eni kon hardverska implementacija na postaveniot sistem i negovo povrzuvawe so realen PARK PVO.

## 6. LITERATURA

1. Dimirovski, G.M. "Foundations of digital fuzzy-knowledge-base control" Institute of Automation and Systems Engineering at the Faculty of EE SS Cyril and Methodius University Skopje 1995.
2. Peresada. S.A. "Zenitnie raketnie kompleksi" Voennoe Izdatelstvo MO SSSR. Moskva 1973.
3. Zadeh, L.A. "The role of fuzzy logic in the managment of uncertainty in expert systems" Fuzzy Sets and Systems, 11: pp 199-221. Elsevier Science Publishers BM. North-Holland 1983.
4. Knezevic S. "Teorija gadjanja vodjenim raketama zemlja-vazduh" Vojno izdavacki zavod. Beograd 1980.
5. Mohenski D, Dimirovski G. i Deskovski S. "Fazi pravilov znanstven-bazen sistem za opredeluvawe na zonite na lansirawe kaj lesnite protiv-avionski lansirni kompleksi PVO. V nacionalna konferencija so me|unarodno u~estvo ETAI'2000 A-94-A99, Ohrid 2000.
6. Neupokoev. F.K. "Streqba Zanitnimi raketama", Voennoe Izdatelstvo MO SSSR. Moskva 1970.
7. Maqqin A.S. "Upravqawe vatrom raketnim sistemima PVO". Voennoe Izdatelstvo MO SSSR. Moskva 1978.
8. Berenji, H.R. "Fuzzy logic controllers" In R.R. Yager and L.A. Zadeh, editors. An Introduction to Fuzzy Logic Applications in Intelligent Systems, Kluwer Academic Publishers. 1991.

## SIMULATION MODEL FOR LAUNCHING ZONES DETERMINATION FOR ANTI-AIRCRAFT DEFENSE MISSILES

**Abstract:** In this paper we present simulation model suitable for determining of launching zones for anti-aircraft missile systems (AAMS). The problem of shooting the flying targets is very complex task, which in real missile systems for anti-aircraft defense is solved by the fire control system. Depend of the automation scale of the real system functions, the human-operator performs different tasks which emphasize: target

discovery, identification and following, determining the initial angles and launching time in order to provide successful hitting and target inhalation. In order to meet the target in the inhalation zone – the launching should be performed when the target is in launching zone. The launching zone as a part of the air space depends from the technical-tactical features of the missile system and from the target movement parameters and other conditions. The determination of the launching zones borders is complex task, which is solved with the fire control system, before the shooting decision. In the paper we have implemented algorithm for determination of launching zones, which is implemented in our simulation model. The simulation model is developed in MATLAB-SIMULINK, and the given results are for aircraft shooting with hypothetic missile systems with small range.

**Keywords:** missile system, anti-aircraft defense, launching zone, inhalation zone, fire control system, simulation model, homing-guidance and control.