<u>Program 2D a 3D vizualizace prostorů účinné</u> <u>působnosti obecných komplexů PLRV</u>



Ing. Jan Farlík, Univerzita obrany Brno, Fakulta vojenských technologií, Katedra systémů PVO Kontakt: <u>jan.farlik@gmail.com</u>, office: +420 973 442 511

1. Popis programu "Vizualizace PUP"

Program "Vizualizace PUP" je vytvořen v programovém jazyce Visual Basic (Microsoft Visual Basic 6.0) a graficky znázorňuje schopnosti obecných protiletadlových raketových komplexů (dále jen PLRK) středního a dalekého dosahu ničit cíle, které se ke komplexům přibližují, nebo se od nich vzdalují s určitými parametry letu. Prostory účinné působnosti jsou vypočítávány a zobrazovány na základě matematického modelu. Program je určen k demonstraci možností vizualizace schopností různých PLRK a v budoucnu by mohl být doplněn o skutečné charakteristiky soudobých PLRK.

V programu je možné volit mezi zobrazením prostoru účinné působnosti (PÚP) buď obecného PLRK středního nebo dalekého dosahu. K typickým představitelům PLRK středního dosahu patří např. komplexy HAWK, Rolland, SA-3, SA-2, apod. K představitelům komplexů dalekého dosahu patří např. systémy Patriot, S-200, S-300, apod.

Po spuštění programu se objeví úvodní obrazovka.

- Zahájit vizualizaci lze stiskem tlačítka START. Aplikace pak přejde do 2D režimu (viz dále).
- Nastudovat ovládání programu lze před samotným spuštěním vizualizace stiskem tlačítka NÁPOVĚDA. Tlačítko nápovědy je vždy k dispozici i při běhu programu. Při nejistotě, jak program ovládat tedy lze vždy získat potřebné informace zde.
- Aplikaci lze ukončit tlačítkem **KONEC.** Toto tlačítko je též vždy k dispozici.

2. Režim zobrazení 2D

2D režim zobrazení je režimem základním. Zde je možné studovat schopnosti obecného PLRK středního nebo dalekého dosahu z hlediska jeho schopností ničit cíl.

Zobrazení v režimu 2D zobrazuje vodorovný řez PÚP z pohledu kurzového (bočního) parametru cíle vzhledem k poloze PLRK a svislý řez z pohledu výšky letu cíle. V řezu jsou osy s měřítkem. Osy jsou orientovány následovně:

- Osa S osa je vodorovná s aktuálním kurzem cíle. Kladné hodnoty symbolizují dálku přibližujícího se cíle, záporné hodnoty pak dálku vzdalujícího se cíle od PLRK.
- Osa P osa je kolmá na kurs cíle (viz obr. 1) a symbolizuje kurs cíle vzhledem k PLRK. Záporné hodnoty osy P platí
- Osa H kolmá na osu S a P, kladné hodnoty symbolizují výšku letu cíle vzhledem k postavení PLRK

V 2D režimu se uživateli zobrazí obrazovka se dvěma řezy PÚP, a to svislým (pravý horní roh) a vodorovným (levý horní roh) řezem. Lze tak studovat schopnosti komplexu ničit cíl z pohledu výšky letu cíle a jeho kurzového (bočního) parametru vzhledem k poloze PLRK. U každého řezu je k dispozici červená čára (značka) s šipkou symbolizující nastavené letové parametry (výšku a kurzový parametr) cíle (nastavení těchto hodnot – viz dále).



Obrázek 1 - Obrazovka 2D režimu vizualizace PUP

Vizualizaci PÚP lze navolit pro PLRK vybraný z nabídky předdefinovaných komplexů. Konkrétní údaje charakterizující vybraný PLRK se zobrazují v kontextové nápovědě po umístění kurzoru na ikonu daného PLRK. Je-li u PLRK technologicky zabezpečeno ničení cíle více než jednou metodou navedení, lze tuto volbu provést (v tomto programu je volba metody generalizována na metodu 1 nebo 2, viz dále).

Postup pro zobrazení 2D řezů PUP je následující:

1. Nejprve je nutné zvolit požadovaný PLRK, jehož schopnosti ničit cíl chceme vizualizovat. Tuto volbu provedeme zaškrtnutím tlačítka volby PLRK dalekého nebo středního dosahu (viz obr.).¹



Obrázek 2 - Nejprve je nutné zvolit požadovaný PLRK

V programu uvedené ikony typových cílů pro daleký a střední dosah nejsou pro každý PLRK stejné, protože i u reálných PLRK se schopnosti postřelování cílů liší komplex od komplexu. U tohoto vizualizačního programu je tak pro obecný PLRK středního dosahu k dispozici např. volba střelby na

¹ V tomto programu jsou k dispozici pouze některé typové cíle (čtyři pro daleký a čtyři pro střední dosah). U reálných PLRK by bylo k dispozici více typových cílů.

letoun-rušič, kdežto u dalekého dosahu tato volba chybí. To má demonstrovat variabilitu každého komplexu. Při vizualizaci PÚP reálných PLRK by pak musely být zobrazeny veškeré možnosti typových cílů, s jakými se lze v praxi setkat s tím, že pro daný reálný PLRK by se určité typové cíle nedaly zvolit, nedisponoval-li by daný PLRK touto schopností.

- 2. V dalším kroku lze postupovat třemi různými způsoby, mající stejný výsledek:
 - a. Zvolit typový cíl, na který má vést PLRK palbu, z nabídky pod volbou PLRK. Zde je možné vybírat z různých obecných druhů cíle, jako jsou vrtulníky, bojové stíhací letouny, apod. U každé ikony daného druhu cíle je k dispozici kontextová nápověda, zobrazující se po umístění kurzoru nad danou ikonu. V této kontextové nápovědě jsou již k dispozici podrobnější údaje o konkrétním PUP (viz obr.).



Obrázek 3 - Volba obecného typu (druhu) cíle

Kliknutím na danou ikonu se zobrazí požadované schopnosti PLRK tento druh cíle ničit s uvedením doplňujících informací pod touto nabídkou (viz obr.).



Obrázek 4 - Doplňkové informace o zvoleném druhu cíle.

b. Druhý způsob, jak zobrazit požadovaný PUP pro určitý cíl, lze realizovat manuálním zadáním konkrétních hodnot parametrů letu cíle do zadávacích polí (viz obr.). K těm patří rychlost cíle, výška letu cíle, kurzový (boční) parametr letu cíle vzhledem k PLRK a požadovaná metoda navedení rakety na cíl (je-li u daného PLRK tato možnost technologicky zabezpečena). Každou zadanou hodnotu v textových polích je nutné potvrdit klávesou ENTER. PUP, resp. poloha červené čáry (značky), která ve svislém i vodorovném řezu symbolizuje zadané parametry letu cíle, se bude při každé změně hodnot výšky a kurzového parametru aktualizovat. Změna rychlosti nebo metody navedení bude mít vliv jak na celkové zobrazené PUP, tak na automatické přepnutí tlačítka volby v části "Typový cíl pro komplex …".



Obrázek 5 - Manuální zadávání parametrů letu cíle a metody navedení

c. Třetím způsobem lze ergonomicky měnit parametry letu cíle (výšku letu a kurzový parametr) přímo ve svislém a vodorovném řezu. Tím lze interaktivně sledovat schopnosti daného PLRK působit na daný cíl a analyzovat např. nejvhodnější a nejméně vhodné letové hladiny či kurzové parametry letu cíle vzhledem ke schopnosti PLRK takový cíl zničit. Pro piloty letounů může být tato analýza dobrá k vyhodnocení, na jaké výšce či kurzovém parametru letět, aby mohl být daný PLRK zničen bez ohrožení posádky letounu či jak se danému PLRK nejlépe vyhnout při co nejmenší změně letové trasy. Na levém boku každého řezu je k dispozici vertikální posuvník, jehož žlutým jezdcem lze pohybovat nahoru a dolů tažením (najeďte kursorem na jezdce posuvníku, stiskněte a držte levé tlačítko myši a pohybujte s jezdcem), viz obr. 8.



Obrázek 6 - Interaktivní změna kurzového parametru a výšky letu cíle

Překročíte-li maximální dosahy daného PUP, objeví se v horní části obrazovky upozornění, že za současných podmínek na cíl nelze působit. Pak je nutné prostřednictvím jezdců na posuvnících (obr. 6), nebo manuálním zadáním hodnot (obr. 5) dostat zpět do zobrazených maximálních hranic PUP. Resetovat hodnoty na výchozí lze také volbou jiného typového cíle (obr. 3) nebo jiného druhu komplexu (obr. 2).

3. Jednou z dalších možností, jak zobrazovat schopnosti PLRK ničit cíl se zadanými parametry, je využití tlačítek ANIMACE nebo KROKOVÁNÍ (viz obr. 7).

Animace	Krokování
Manuáln zadáván Rychlost cíle: Výška píle: Paramocíle: Animace	i parametrů letu c 500 500 m/s 1000 1000 m 0 0 m Krokování P P
3D	Help Konec

Obrázek 7 - Animace a krokování

U animace jde o sekvenční automatické nastavování hodnot výšky nebo kursového parametru s krokem 1000 metrů a odstupem 0,5 sekundy. Tím je docílena sekvenční animace schopností na různých kursových parametrech nebo výškách letu cíle. Jestli se bude animovat pouze PUP v závislosti na výšce, pouze v závislosti na kurzovém parametru nebo v závislosti na obou těchto hodnotách záleží na zaškrtnutí zatrhávacího rámečku s indexem H (pro animaci výšky), resp. P (pro animaci kurzového parametru), nebo obou. Vypnutí animace je docíleno opětovným kliknutím na tlačítko ANIMACE. U krokování jde o to stejné jako u animace, pouze s tím rozdílem, že skok po 1000 metrech a zobrazení daných řezů je prováděno vždy až na základě kliknutí na tlačítko KROKOVÁNÍ. Jde tedy o manuální sekvenční nastavování hodnot.



Obrázek 8 - Animace/krokování H a P

- 4. Tlačítko 3D, Help a Konec.
 - a. Tlačítko **3D** přepne dané zobrazení 2D řezů PUP do jednoho trojrozměrného zobrazení (viz další kapitola)
 - b. Tlačítko Help vyvolá nápovědu k ovládání programu.
 - c. Tlačítko Konec ukončí aplikaci.

3. Režim zobrazení 3D

3D režim je nadstavbový režim a umožňuje zobrazení a studium konkrétního PUP jako celku. Do 3D režimu lze přejít stisknutím tlačítka 3D v pravé dolní části obrazovky 2D režimu (zobrazení). Obrazovka pak vypadá následovně.



Obrázek 9 - 3D režim

Do tohoto režimu jsou přeneseny počáteční údaje z 2D režimu (tedy volba PLRK, volba typového cíle a nastavení parametrů letu cíle ve formě červené šipky v zobrazení). V tomto režimu chybí zadávání hodnot výšky, rychlosti cíle a kurzového parametru, protože by došlo pouze ke změně polohy červené šipky, celkový tvar PUP by se nezměnil. Ze zobrazení byly též odstraněny kilometrové stupnice, protože by tak došlo k nepřehlednosti celkového 3D tvaru PÚP. O velikosti PÚP je možné udělat si představu z informačního okna v levém horním rohu, kde jsou informace o maximálních parametrech letu cíle, při kterých lze vést palbu. Je zde však navíc nabídka volby zobrazení PUP na příletu nebo na odletu (je-li to u daného nastavení a komplexu možné – viz dále). Taktéž přibyla i možnost rotace 3D objektu pro snazší analýzu či představu o schopnostech komplexu. V pravém horním rohu je pak k dispozici ikona aktuálního typového cíle, tak jak je zvolen v levé dolní nabídce.

 Volba typového cíle. V rámečku "Zvolte typový cíl pro daný komplex" zvolte požadovaný druh cíle buď pro LRSAM (PLRK dalekého dosahu), nebo MRSAM (PLRK středního dosahu). K volbě a zobrazení PUP dojde po kliknutí na příslušnou ikonu cíle (viz obr. 10).



Obrázek 10 - Volba typového cíle pro LRSAM nebo MRSAM

Pokud to daný komplex a zvolený režim střelby na typový cíl umožňují, lze přepínat zobrazení
3D PUP mezi prostorem na příletu nebo na odletu (viz obr. 11).



Obrázek 11 - Zobrazení PUP na příletu nebo na odletu

- 3. Stejně jako u 2D zobrazení, i zde se při každé volbě typového cíle zobrazí doplňkové informace.
- Posun v souřadnicích S, H a P. Klikáním, popř. držením tlačítek v této části (+x, -x, +y, -y, +z, -z) lze natáčet celým 3D objektem okolo jeho jednotlivých os, tedy S(x), H(y) a P(z). Do výchozího zobrazení před zahájením rotace se lze vrátit kliknutím na tlačítko RESET (viz obr. 12).



Obrázek 12 - Natočení 3D objektu a Reset na původní natočení

 Přiblížení nebo oddálení 3D objektu. Pomocí tlačítek ZOOM+ nebo ZOOM- lze přibližovat, resp. oddalovat zobrazení 3D objektu o 25%. Tlačítko RESET opět nastaví zvětšení na původní hodnotu (viz obr. 13).



Obrázek 13 - Zvětšování nebo zmenšování 3D objektu PUP

- 6. V pravém dolním rohu obrazovky jsou jako v 2D zobrazení tři tlačítka.
 - a. Tlačítko 2D přejde zpět do 2D režimu zobrazení.
 - b. Tlačítko Help zobrazí nápovědu.
 - c. Tlačítko Konec ukončí aplikaci.

Zpět do 2	2D režimu	Konec aplik	kace Na	ápověda]
Posun v souřadnicích S, H a P Rotace kolem osy S +x -x +y	lem osy H -y -z	ce kolem osy P +z +z	Zoom -	Reset 2D	Help Konec

Obrázek 14 - 2D režim, nápověda, konec aplikace

5. Uvedené pojmy

Protiletadlový raketový **komplex** – systém skládající se z několika samostatně pohyblivých částí (např. odpalovací zařízení na jednom podvozku, radiolokátor na druhém podvozku či vozidle a velitelské stanoviště ve třetím vozidle). Většinou komplexy středního a dalekého dosahu jako je Patriot, KUB, S-300, apod.

Protiletadlový raketový **komplet** – systém na jednom podvozku, platformě či vozidle, nebo nesený. Jde o systémy krátkého a velmi krátkého dosahu. Vše je k dispozici v jednom celku. Např. ruční PLRK jako je S-2 nebo Stinger, nebo jedno vozidlové jako je S-10 či RBS-70.

PÚP – Prostor účinné působnosti je prostor, vyjadřující schopnosti určitého PLRK se stanovenou pravděpodobností ničit určitý cíl, většinou při pravděpodobnosti zničení cíle alespoň 0,7 u starších PLRK; u moderních PLRK s pravděpodobností 0,9 a větší.

Hranice PÚP – plochy, které prostor vymezují a ohraničují. Existuje:

- vnější hranice PÚP na příletu je to hranice, kterou cíl do prostoru účinné působnosti vlétá;
- vnitřní hranice PÚP na příletu je to hranice, kterou cíl z prostoru účinné působnosti vylétá;
- horní hranice PÚP je vymezena maximální výškou dosahu PLRK;

• **boční** hranice PÚP - je vymezena plochou na maximálním možném kursovém parametru cíle v daném rozsahu výšek působení PLRK;

• spodní hranice PÚP - je vymezena minimální výškou dosahu PLRK

Kursový parametr – vytvoříme-li z trajektorie letu cíle přímku a k této přímce vedeme kolmici protínající postavení PLRK, pak délka takto vytvořené úsečky dává hodnotu kurzového (bočního) parametru (viz obrázek). Pojem "kursový parametr" je *terminus technicus* a je používán pouze v odborné komunitě PLRV. Samotný pojem "parametr" je však vyjádřením variabilní a s časem či prostorem se měnící hodnoty nebo atributu. "Kursový parametr" je tedy jedním z parametrů letu cíle vzhledem k PLRK.





Dosahy PLRK – obecně rozdělujeme PLRK na systémy velmi krátkého (VSHORAD – Very Short Range SAM), krátkého (SHORAD – Short Range SAM), středního (MRSAM – Middle Range SAM) a dalekého dosahu (LRSAM – Long Range SAM). V následující tabulce jsou pro lepší pochopení funkcionality programu uvedeny limitní dosahy PLRK v každé kategorii.

Typ PLRK	Maximální dosah v dálce	Maximální dosah ve výšce
VSHORAD	do 5 km	do 3,5 km
SHORAD	do 12 km	do 6 km
MRSAM	do 40 km	do 12 km
LRSAM	nad 40 km	nad 12 km (obvykle do 30 km)

Souřadný systém PLRK – odborná veřejnost používá souřadný systém S, P, H. S je index pro dálku, P je index pro kursový parametr a H je index pro výšku. Obecně lze přirovnat souřadnici S k *x*, P k *y* a H k *z*. Z hlediska identifikace s leteckým souřadným systémem je S ekvivalent k *x*, P je ekvivalent k *y* a H je ekvivalent k *–z*(u letecké souřadné soustavy směřuje kladná hodnota *z* k zemi, kdežto kladná hodnota souřadnice H se s výškou zvětšuje).

6. Seznam použitých zkratek

PLRK	Protiletadlový raketový komplex
MRSAM	Middle Range SAM – PLRK středního dosahu
LRSAM	Long Range SAM – PLRK dalekého dosahu
PÚP	Prostor účinné působnosti
PLRV	Protiletadlové raketové vojsko
SAM	Surface to Air Missile - PLRK
Vc	rychlost cíle