



Simulačná štúdia

Balistika ve vojenství

Obsah

1. Úvod	3
1.1 Autori a zdroje	3
2. Fakty a hypotézy	3
2.1 Fakty	3
2.2 Hypotézy	4
3. Konceptie modelu	4
4. Experimenty	6
5. Záver	8

1. Úvod

Cieľom tejto práce je overiť a simulovať obranu USA proti útoku balistickými raketami a zistiť či je úspešnosť obrany dostatočne vysoká. USA má kritérium aby pri prípadnom útoku minimálne na 50% neprešla obranou žiadna raketa. Naším cieľom bolo zistiť či toto kritérium podľa dostupných dát splňuje a prípadne medzi akou hodnotou by sa mala pohybovať pravdepodobnosť zničenia rakety (alebo $P(\text{track})$ ďalej spomenuté). Nasimulujeme určitý počet bitiek, z ktorých zistíme percentuálnu úspešnosť obrany.

1.1 Autori a zdroje

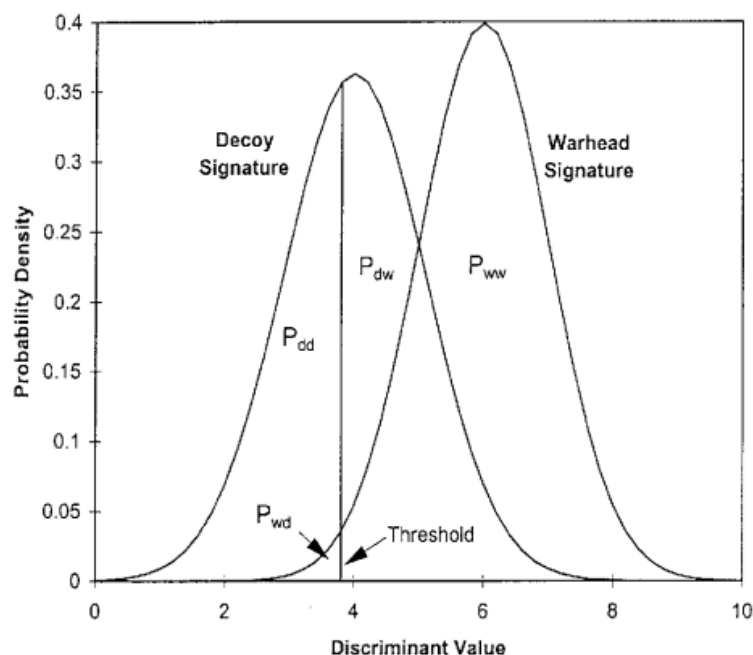
Projekt vypracovali študenti Jakub Ryšánek a Matej Slivka z FIT VUT v Brne. K technickej časti tejto práce boli použité dokumentácia knižnice SIMLIB. Ako zdroj k faktom slúžil odborný článok publikovaný organizáciou Science & Global Security a zdroje na ktoré sa odkazuje daný článok. (https://fsi-live.s3.us-west-1.amazonaws.com/s3fs-public/Simple_Model_for_BMD.pdf)

2. Fakty a hypotézy

2.1 Fakty

Všetky uvedené fakty sú z https://fsi-live.s3.us-west-1.amazonaws.com/s3fs-public/Simple_Model_for_BMD.pdf

Arsenal útočiackej strany sa pohybuje medzi 50 až 200 balistickými raketami. Ďalej sú pri útoku použité falošné rakety, ktoré nenosia v sebe výbušninu (decoy) a slúžia len na vyradenie obranného systému. Tých je väčšinou 2,5 krát toľko ako reálnych rakiet. Po odpálení rakiet sa musia nosiče rakiet presunúť a pripraviť na odpálenie novej rakety. Preto môžeme predpokladať, že sa odpáli 175 až 700 rakiet. Pri obrane je nutné určiť či sa jedna o reálnu hrozbu alebo iba falošnú raketu. Robí sa to pomocou infračervených snímačov ktoré vyhodnotia hrozbu danej rakety.



Falošná i reálna raketa má určité vlastnosti podľa ktorých sa určuje či sa jedná o reálnu raketu alebo nie. Pri analýze rakety nemôžeme s presnosťou určiť jej typ a nastavajú odchýlky a preto sa určuje hodnota threshold ktorá určuje či bude vyhodnotená ako reálna raketa a čo bude decoy. Čím nižšia táto hodnota bude tým viac rakiet sa zbytočne použije na falošnú raketu ktorá neobsahuje výbušninu a teda nie je potreba aby bola zostrelená a naopak čím vyššia je táto hodnota tým viac reálnych rakiet môže prejsť pretože sa budú vyhodnocovať ako rakety falošne. V závislosti na týchto faktoch je potreba nájsť ideálnu hodnotu.

2.2 Hypotézy

V našom zdroji sa pracuje s hodnotou 3.8 pre threshold ale čo sa týka rozpoznávania rakety tak je v zdroji napísané, že sa jedná o zle hodnoty. Tieto údaje ukazujú na normálne rozdelenie so stredom v bode 4 pre falošne rakety a 6 pre reálne rakety s rozptylom 1 ale my budeme používať rozptyl 0.8 aby sme priblížili k reálnemu vyhodnoteniu ale presne dáta nebudú dostupné. Pre každú reálnu raketu ktorá je vyhodnotená za hrozbu sú vystrelené 4 Interceptory ktoré majú danú raketu zostreliť. Pričom je k dispozícii 100 Interceptorov ktoré sú umiestnené na mieste obrany, 1200 Interceptorov typu Theater High-Altitude Area Defense (THAAD) a 650 Navy Theater-Wide (NTW) Interceptorov vyššej úrovne. Odborný článok ďalej charakterizoval pravdepodobnosť rakiet ktoré budú zostrelené nasledovne

$$P_j(track) = P_{det\&track} \cdot P_{classify} \cdot P_{rel}$$

Kde $P(track)$ je súčin pravdepodobnosti správnej detekcie rakety, správneho vyhodnotenia a spoľahlivosti systému.

3. Konceptie modelu

Pri spustení simulačného modelu sa 100 000 krát po sebe spustí simulačný experiment ktorý je popísaný vyššie. Po dokončení všetkých simulácií sa na výstup vypisujú informácie o vykonaných experimentoch, teda počet experimentov v ktorých bola obrana prelomená a počet experimentov v ktorých obrana nebola prelomená.

Spustenie experimentu v simulačnom modeli značí vytvoriť a aktivovať Event Battle ktorý reprezentuje jednu bitku. V rámci bitky je určený počet útočných rakiet, falošných rakiet a Interceptorov. Taktiež je volaný Process AttackAndDefense ktorý určuje, že či rakety budú zničené interceptormi alebo či ich útok bude úspešný. Hodnoty threshold a discriminant value (určuje či sa jedná o falošnou alebo reálnu raketu) sú len približne pretože presne hodnoty nebudú zrejmé k dispozícii.

Na algoritmu je znázornený pseudokód pre proces AttackAndDefense

4. Experimenty

V rámci experimentu sme nastavovali hodnotu $P(\text{track})$ tak aby celková úspešnosť obrany začínala okolo 50%. Počet obranných rakiet sme zvolili maximálny možný aby sa obranca dokázal ubrániť.

- Prvá štatistika zobrazuje údaje o $P(\text{track})$ keď obranca zostrelí všetky rakety
- Druhá štatistika zobrazuje údaje o $P(\text{track})$ keď obranca nedokázal ani jedným zo štyroch Interceptorov zneškodniť útočnú raketu
- Tretia štatistika zobrazuje údaje o $P(\text{track})$ keď sa reálna raketa klasifikuje ako falošná (decoy)

```
Number of battles: 100000
Defence failed: 54384
Defence succeeded: 45616

+-----+
| STATISTIC P(track) when defending side succeeded |
+-----+
| Min = 0.995408                               Max = 0.996644 |
| Number of records = 45616                     |
| Average value = 0.996002                       |
| Standard deviation = 0.000125922                |
+-----+
+-----+
| STATISTIC P(track) when defending side failed   |
+-----+
| Min = 0.992055                               Max = 0.999506 |
| Number of records = 33714                     |
| Average value = 0.995972                       |
| Standard deviation = 0.000338618                |
+-----+
+-----+
| STATISTIC Number of badly clasified real missiles |
+-----+
| Min = 2.37477                               Max = 3.79995 |
| Number of records = 20670                     |
| Average value = 3.59096                       |
| Standard deviation = 0.189927                  |
+-----+
```

Obrázok č.2 Pre $P(\text{track})$ 0.990 – 1

```

Number of battles: 100000
Defence failed: 54427
Defence succeeded: 45573
+-----+
| STATISTIC P(track) when defending side succeeded |
+-----+
| Min = 0.995394                               Max = 0.996677 |
| Number of records = 45573                    |
| Average value = 0.996002                     |
| Standard deviation = 0.000125698              |
+-----+
+-----+
| STATISTIC P(track) when defending side failed   |
+-----+
| Min = 0.992011                               Max = 0.99923   |
| Number of records = 33800                    |
| Average value = 0.995973                     |
| Standard deviation = 0.00032263               |
+-----+
+-----+
| STATISTIC Number of badly clasified real missiles |
+-----+
| Min = 2.2867                               Max = 3.8       |
| Number of records = 20627                  |
| Average value = 3.59078                    |
| Standard deviation = 0.191489               |
+-----+

```

Obrázok č.3 Pre P(track) 0.992 – 1

```

Number of battles: 100000
Defence failed: 49285
Defence succeeded: 50715
+-----+
| STATISTIC P(track) when defending side succeeded |
+-----+
| Min = 0.996647                               Max = 0.997391 |
| Number of records = 50715                    |
| Average value = 0.997001                     |
| Standard deviation = 9.50245e-05              |
+-----+
+-----+
| STATISTIC P(track) when defending side failed   |
+-----+
| Min = 0.994089                               Max = 0.999049 |
| Number of records = 27509                    |
| Average value = 0.996979                     |
| Standard deviation = 0.000258688              |
+-----+
+-----+
| STATISTIC Number of badly clasified real missiles |
+-----+
| Min = 2.42251                               Max = 3.79999   |
| Number of records = 21776                  |
| Average value = 3.58811                    |
| Standard deviation = 0.197986               |
+-----+

```

Obrázok č.4 Pre P(track) 0.994 – 1

```

Number of battles: 100000
Defence failed: 42643
Defence succeeded: 57357
+-----+
| STATISTIC P(track) when defending side succeeded |
+-----+
| Min = 0.997719                      Max = 0.998344 |
| Number of records = 57357           |
| Average value = 0.998001             |
| Standard deviation = 6.19669e-05     |
+-----+
+-----+
| STATISTIC P(track) when defending side failed |
+-----+
| Min = 0.996009                      Max = 0.999736 |
| Number of records = 19539           |
| Average value = 0.997988             |
| Standard deviation = 0.000159818     |
+-----+
+-----+
| STATISTIC Number of badly clasified real missiles |
+-----+
| Min = 2.34131                      Max = 3.8 |
| Number of records = 23104           |
| Average value = 3.59056             |
| Standard deviation = 0.192438       |
+-----+

```

Obrázok č.5 Pre P(track) 0.996 – 1

5. Záver

V rámci experimentu bolo zistené, že USA by bolo schopné splniť podmienku aby na 50 % nebola zasiahnutá ani jednou raketou ak by sa $P(\text{track})$ pohyboval medzi 0.994 a 1, pričom sme vychádzali z dát ktoré boli uvedené v zdroji.