

IMS – PROJEKT
9. Balistika ve vojenství

Vojtěch Tom Heczko, Jakub Kuzník
xheczk08 xkuzni04

Obsah

1	Úvod	2
2	Fakta a Hypotéze	2
2.1	Využití balistických střel	2
2.2	Škody	2
3	Způsob řešení	3
4	Spuštění programu	4
5	Validace a testování modelu	4
6	Provádění simulací	4
6.1	Simulace se stejnými finančními prostředky	5
6.2	Simulace s rozdílnými finančními prostředky	7
7	Závěr	9
8	Zdroje zbraní	11

1 Úvod

Práce se zabývá vhodným rozložením finančních prostředků pro nákup balistických systémů ([3], slajd 7.) a systému protivzdušné obrany. Model ([3], slajd 7.) reprezentuje řízení střelby a řízení protivzdušné obrany dvou navzájem nepřátelých států. Cílem státu je způsobit soupeři co největší škody, pomocí balistických střel, za co možná nejlepší cenu. Model pracuje s často používanými balistickými zbraněmi moderního světa a zohledňuje jejich vlastnosti. Cílem této práce je zjistit, jak ideálně rozdělit finanční prostředky mezi útočné a obranné systémy a to proti soupeři s libovolnými finančními a vojenskými prostředky. Ceny ekonomických objektů, které jsou v modelu zahrnuty pak odpovídají oblastem střední Evropy.

2 Fakta a Hypotéze

2.1 Využití balistických střel

Hypotéza: Statistickým sledováním bombardování v Ruské válce jsme naměřili, že asi 95% balistických střel směřuje na bojiště, čili do míst přímého konfliktu na frontě, kde je hlavní záměr zneškodnění vojenských cílů. Zbylých 5% slouží k útokům na logistické a ekonomické cíle, např: mosty, města, elektrárny. Samozřejmě záleží na dostřelu raket. Rakety s větším dostřelem jsou spíše využívány na ekonomické a logistické cíle, jelikož by bylo plýtvání finančních prostředků, používat rakety dlouhého doletu na blízké cíle.[1]

2.2 Škody

Model modeluje pouze materiálové škody, nikoliv škody na lidských životech. Vybrali jsme ceny z oblasti střední Evropy. Škody, které jsou způsobeny na frontě se budou pohybovat řádově v cenách vojenské techniky. Naopak jiné škody se mohou pohybovat ve velmi velkých rozmezích. Samozřejmě zohledňujeme to, že různé balistické střely způsobují různě rozsáhlé škody, to dokážeme zjistit z parametrů, které uvádí výrobce. Pro náš model jsme vyčíslili typické ceny různých objektů z oblasti střední Evropy. V modelu jsme pak použili normální rozdělení ([3], slajd 93.), které zhruba odpovídá rozdělení cen jednotlivých objektů na trhu.

Odhad škod na ekonomické cíle		
Objekt	Četnost	Cenový rozptyl
Cesty	0.25	N(\$42.000, \$6.300)
Civilní domy	0.15	N(\$170.000, \$25.500)
Civilní domy panelové	0.03	N(\$300.000, \$45.000)
Auta	0.02	N(\$75.000, \$11.500)
Mosty	0.001	N(\$1.500.000, \$225.000)
Důležitá strategická a obchodní místa.	0.0001	N(\$5.000.000, \$750.000)
Agro	0.4989	N(\$500, \$75)
Nezdařilé	0.05	0

Tabulka 1: Zobrazuje odhad finančních škod ekonomickým cílům.

V tabulce 1. jsou zobrazeny ceny typických objektů, na které se úmyslně, či neúmyslně útočí. Ceny jsou uvedeny za celý objekt. Je nutno brát v potaz, že balistická střela nemusí objekt poškodit totálně. Například pokud balistická střela zasáhne silnici, tak se celá cesta nemusí stavět znova. To jak balistická střela poškodí objekt závisí na její ničivosti. Ceny jsou inspirovány průměrnými cenami zakázek a realitním trhem. [2] Škody agro pak reprezentují poškození zemědělské půdy, i když to je v porovnání s ekonomickými objekty zanedbatelná částka a útočník na ní spíše prodělá.

3 Způsob řešení

Model modeluje používání balistických střel mezi dvěma nepřátelými stranami. Každá strana, pod níž si můžeme představit stát. Má na začátku počáteční množství peněz. Za tyto peníze nakoupí zbraně a náboje, které mohou produkovat balistické střely. Obě strany se snaží co jak nejefektivněji bránit a útočit na nepřátelskou stranu. Balistická střela může být použita k obraně, např: zneškodnění rakety, nebo útočně např: bombardování civilního území.

To jakým způsobem se nakupují balistické střely určuje předem zadaný poměr, ten nám říká jaké procento financí máme vyhradit na obranné systémy a co nám zbude na útočné zbraně.

Jelikož je poměr investic do obrany a útoku a počáteční peníze vstupní parametry, tak můžeme program libovolně variovat a experimentálně zjišťovat jaká kombinace je výhodná za předpokladu, že soupeř investuje určitým způsobem a má velký či malý kapitál.

Výsledkem simulace ([3], slajd 8.) jsou pak údaje o tom, kolik škody daná strana utrpěla a jakou škodu způsobila nepříteli, z toho dokážeme jednoduše určit kdo byl úspěšnější, nebo kdo efektivněji využil finanční prostředky. V naší simulaci nijak nezahrnujeme geografické údaje, které by mohli ovlivnit výsledek simulace, ale simulujeme řízení balistických střel v ideálním terénu.

Typy zbraní jsme rozdělili do 4 kategorií. Každá zbraň může generovat balistické střely a zároveň může být vhodná na použití proti jednomu či více typům zbraní. Zbraně s větším doletem se obecně častěji používají na ekonomické cíle, zatímco zbraně krátkého doletu se spíše používají na frontě.

Typ zbraně	Dobré proti
raketomet	proti raketám
útočné vozidlo	proti útočným vozidlům
helikoptéra	proti helikoptérám
dron	proti dronům

Tabulka 2: Zobrazuje jednotlivé typy a vlastnosti zbraní.

4 Spuštění programu

V modelu vystupují dvě nepřátelené strany, které označujeme jako Stát A a Stát B. Program spouštíme s čtyřmi parametry, ty definují počáteční stav simulace a způsob jakým se bude simulace vyvíjet. Pro určení počátečního stavu systému v našem případě státu máme hodnotu peněz, které bude mít stát na počátku simulace. To jakým způsobem se budou nakupovat zbraně, a tedy jak se bude systém vyvíjet pak určuje poměr mezi nákupem ofenzivních a defenzivních zbraní.

Simulaci pak můžeme spustit s těmito parametry moneyA označuje celkové peníze strany A, moneyB označuje celkové peníze strany B, offensiveA:deffensiveA označuje poměr útočných:obránných systémů pro stranu A, offensiveB:deffensiveB označuje poměr útočných:obránných systémů pro stranu B. Přičemž na pořadí argumentů nezáleží.

Popis jednotlivých argumentů programu.

- -ma moneyA – moneyA označuje počáteční finanční prostředky strany A v dolarech.
- -ra deffensiveA:offensiveA – deffensiveA označuje poměr pro nákup obranných systémů, offensiveA označuje poměr pro nákup útočných systémů.
- -mb moneyB – moneyB označuje počáteční finanční prostředky strany B v dolarech.
- -rb deffensiveB:offensiveB – deffensiveB označuje poměr pro nákup obranných systémů, offensiveB označuje poměr pro nákup útočných systémů.

Konkrétní spuštění programu:

```
make
./simulation -ma 19000000000 -ra 3:1 -mb 19000000000 -rb 1:1
```

5 Validace a testování modelu

Pro ověření validity modelu ([3], slajd 37.) jsme použili několik validačních metod. Jedna z validačních metod našeho řešení, kterou jsme prováděli je spouštění simulací s různými, či stejnými parametry. Při spuštění se stejnými parametry je důležité, aby nebyly výsledky stejné a měli nějakou rozumnou distribuci, přičemž simulace jsme spouštěli vždy vícekrát pro jednu kombinaci vstupních parametrů.

Pro validaci modelu jsme ještě srovnali výstupy simulace s tím jaké zbraně používají reálné země, jako například Ukrajina. Jelikož jsou tyto informace dostupné. [4]

6 Provádění simulací

Každá simulace má originální vstupní parametry ovlivňující data obou stran. Například vstupní obnos peněz a poměr v jakem si každá ze stran nakoupí zbraně se specifickými balistickými vlastnostmi a obranné systémy. Výsledky každé simulace jsou graficky znázorněny a jejich validita je ověřovaná s daty z válečných sporů. Při výběru vhodných zbraní si každá strana vybírá zbraně podle jejich specifických vlastností a podle finančních možností dané strany. Simulovali jsme taktéž, pokud obě strany nakoupí stejné zbraně se stejnými balistickými parametry tak obě strany vyhrájí rovnoměrně.

Každý z následujících grafů simuluje souboj, při němž dvě strany utočí proti sobě s rozdílnými poměry nákupů [obránných:útočných] systémů. Vždy jedna ze stran s fixním poměrem je porovnávána s dalšími 16 poměry útočných a obranných systémů druhé strany. Na vertikální ose můžeme vidět hodnotu finančních škod, které jedna ze stran způsobila druhé. Na horizontální ose můžeme vidět 16 různých vzorků poměrů [obránných:útočných]

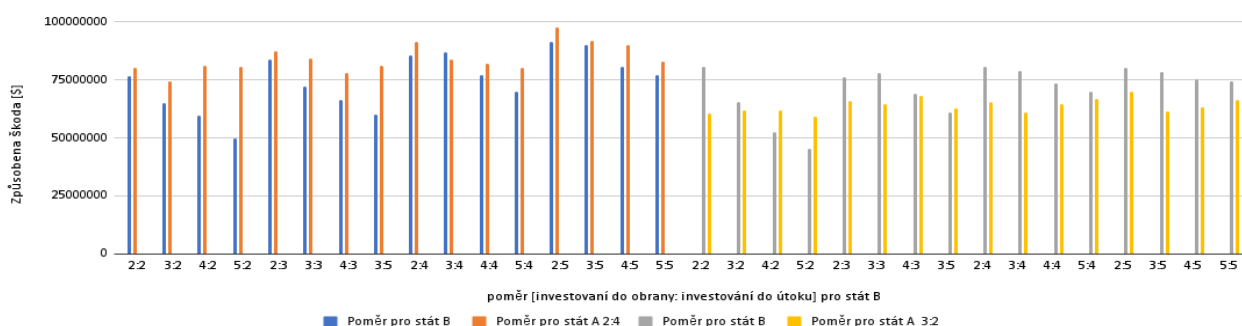
systémů, které jsou porovnávány s jediným poměrem. Simulaci rovněž ovlivní i rozdíl v kapitálech obou stran proto jsme simulovali jak možnost, že obě strany mají vyrovnaný počet finančních prostředků, tak i možnost že jedna ze stran je znevýhodněna a má menší počet finančních prostředků.

6.1 Simulace se stejnými finančními prostředky

Následující grafy zobrazují vždy dvě znepřátelené strany, které měly stejné množství finančních prostředků. Každá ze stran, ale tyto prostředky investovala v předem daném odlišném poměru, mezi obrané a útočné systémy. Díky tomu, že obě strany mají vyrovnané možnosti, co se týká finanční prostředků je hlavním rozhodovacím faktorem poměr v jakém se nakoupí obranné a útočné systémy.

Na Simulaci1 můžeme vidět, že když strana A má podle poměru dvojnásobný počet zbraní než obranných systémů, získá tím větší množství vítězství než je tomu u strany B. I když měla strana B v jedné simulaci vyšší počet obranných systémů přesto se ji nepodařilo stranu A porazit. Na pravé straně grafu můžeme vidět že strana A změnila poměr zbraní, tak že má o 1/5 méně útočných systémů. To oslabuje stranu A natolik, že není schopna konkurovat straně B. Rovněž si můžeme všimnout, že při zvýšených investic do obrany se celkově snižuje škoda, kterou obě strany způsobují.

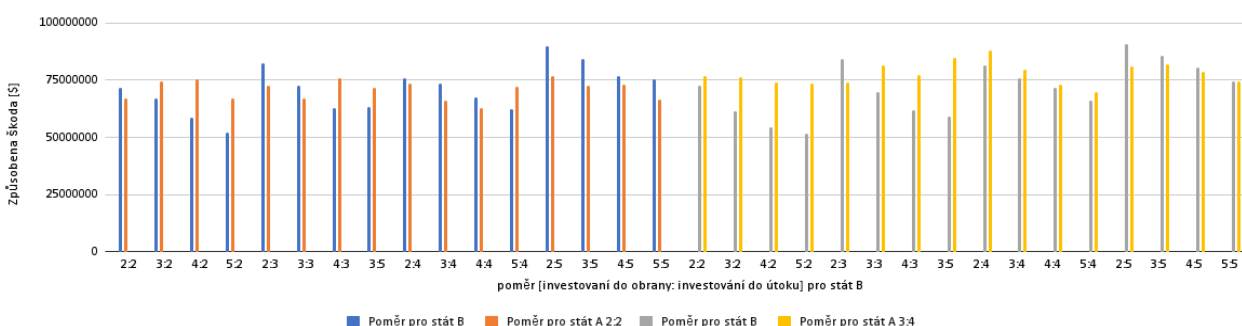
Simulace 2:4 a 3:2.



Obrázek 1: Simulace1

Na Simulaci2 můžeme vidět, že strana A jejíž poměr útočných a obranných systémů je vyrovnaný, si vede v simulovaných soubojích velice dobře. Ale pokud má strana B několika násobně větší útočnou sílu, tak se ji strana A nemůže rovnat. Na pravé straně grafu můžeme vidět, že jakmile se poměr zbraní zvětší o 1/7, tak ihned to zvýší šance strany A na výhru.

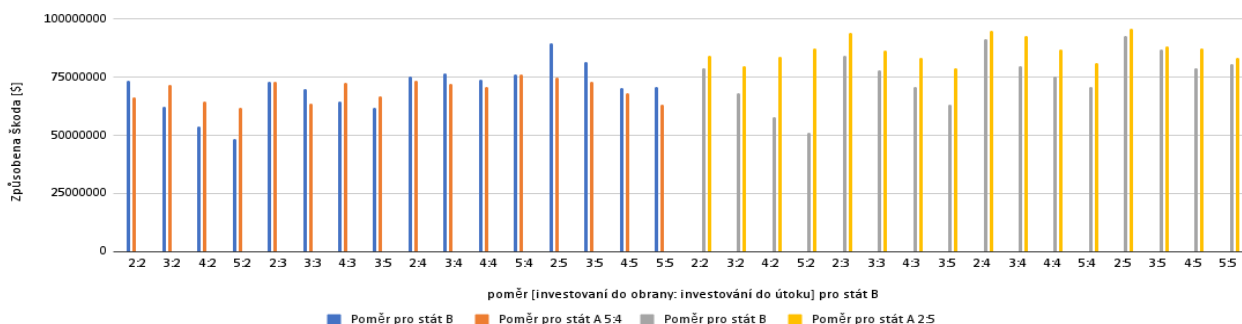
Simulace 2:2 a 3:4



Obrázek 2: Simulace2

Na Simulaci3 můžeme vidět, že i když se straně A v první části grafu vedlo dobře a většinu bitev vyhrála, v další už nebyla schopna konkurovat násobně většímu poměru zbraní strany B a tudíž v celkovém součtu všech vítězství a proher, prohrála. Na pravé straně grafu lze pozorovat, že strana A s tímto poměrem obranných k útočným systémům je schopna konkurovat straně B jen tehdy pokud má poměr určující větší počet útočných zbraní než obranných systémů. V opačném případě jsou její šance na vítězství velice malé.

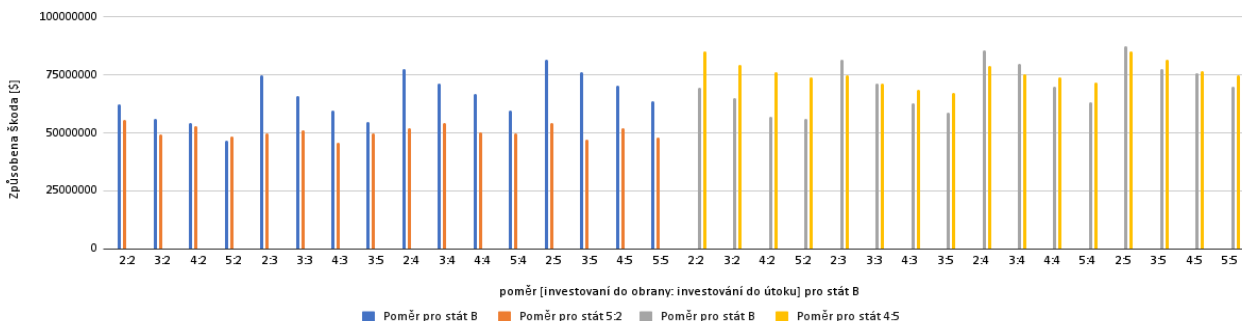
Simulace 5:4 a 2:5.



Obrázek 3: Simulace3

Na Simulaci4 lze pozorovat, že strana A nemá vůbec šanci konkurovat straně B, jen v případě, že strana B má totožný poměr nákupu zbraní a obranných systémů. Na pravé straně grafu lze pozorovat, že strana A většinu soubojů vyhrála nebo se výhře velice přiblížila. Jen u simulací, kde strana B měla několikanásobně větší množství zbraní než obranných prostředků, u nich strana B vyhrála.

Simulace 5:2 a 4:5



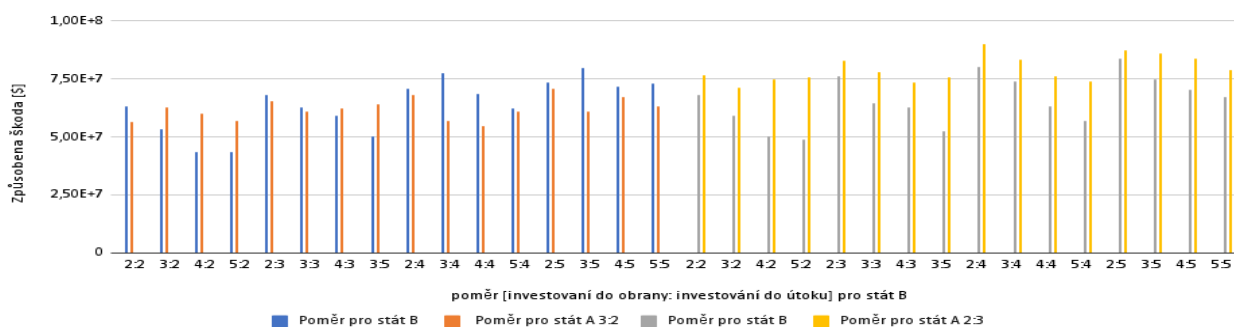
Obrázek 4: Simulace4

6.2 Simulace s rozdílnými finančními prostředky

Následující grafy zobrazují dvě strany s množstvím peněz [1900000000:1700000000], tudíž výsledek není ovlivněn jen poměrem v jakém se nakoupí zbraně a obranné prostředky, ale i množstvím finančních prostředků. Množství finančních prostředků rozhoduje jak o množství nakoupených obranných nebo zbraňových systémů, ale i kvalitě jednotlivých zbraňových a obranných systémů.

Na následujícím grafu můžeme vidět že i když je strana A ve výhodě z důvodů většího množství finančních prostředků, tak většinu soubojů vyhrála strana B. Na pravé straně grafu můžeme pozorovat, že strana A vyhrála všechny souboje a to nejenom díky většímu počtu finančních prostředků, ale i díky zvolenému poměru, který upřednostňuje nákup většího množství zbraňových systémů před obrannými systémy.

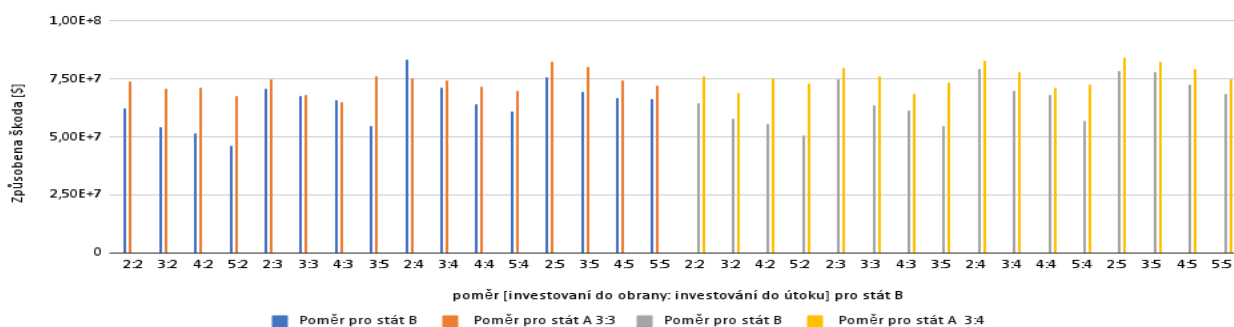
Simulace 3:2 a 2:3



Obrázek 5: Simulace6

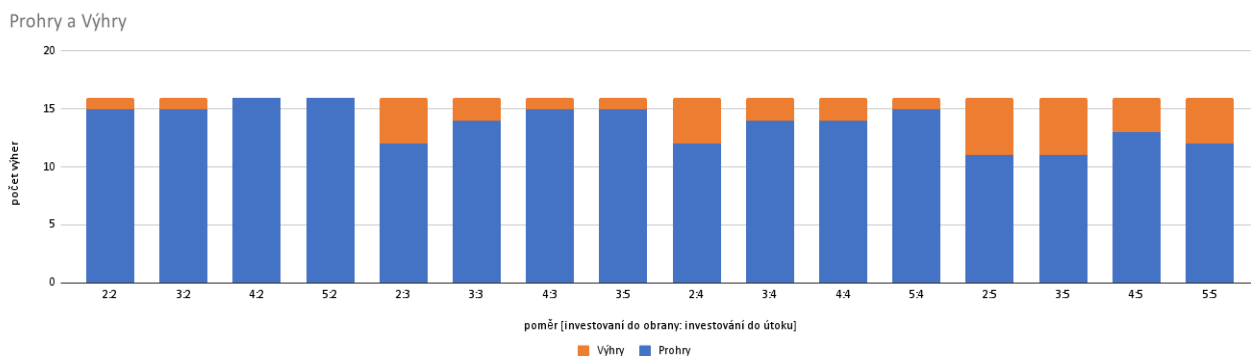
Na dalším grafu jde vidět, že strana A vyhrála většinou soubojů a měla shodné množství obranných i útočných systémů. Tento výsledek je ve velké míře ovlivněn větším množstvím finančních prostředků než má strana B. Kde, ale strana B vyhrála nebo se nejbliž přiblížila bylo při soubojích ve kterých byl poměr znevýhodňující obranné systémy a favorizující zbraňové systémy. Na vedlejším grafu můžeme vidět, že strana A vyhrála všechny souboje díky zvolenému poměru i vyšším množství financí.

Simulace 3:3 a 3:4



Obrázek 6: Simulace7

Na následujícím grafu můžeme vidět jak je úspěšná strana, která je znevýhodněna množstvím finančních prostředků v poměru [1900000000:1700000000]. V grafu můžeme pozorovat, že daná strana většinu simulací prohrála, jen v simulacích kde poměr zbraní je větší než obranných systémů, se straně podařilo zvýšit pravděpodobnost výhry nad nepřátelenou stranou s odlišným poměrem zbraní k obranným systémům.

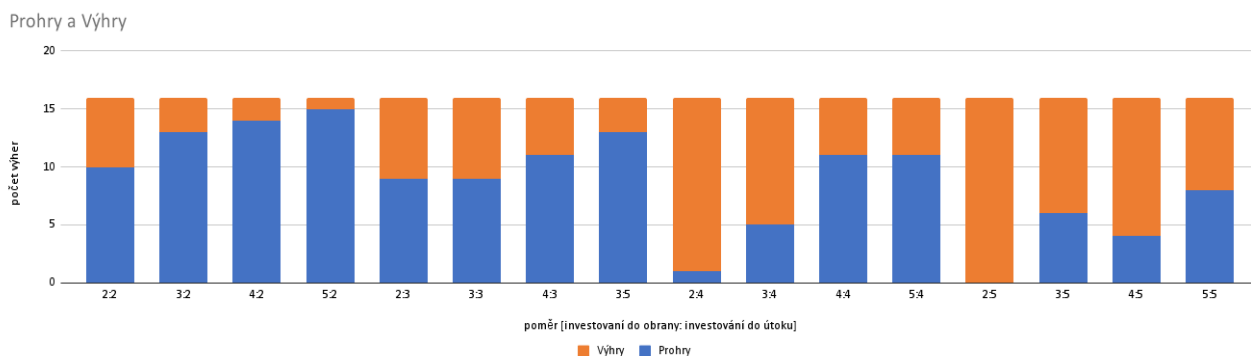


Obrázek 7: Simulace7

7 Závěr

V této práci je zkoumán ideální poměr pro nákup balistických střel a systémů protivzdušné obrany. Experimentálně bylo zjištěno, že ideální poměr pro nákup obranných a útočných balistických střel, při vyrovnaných finančních prostředcích stran, je poměr 2:5 (obránné:útočné). Tato práce pojednává jen o pár příkladech, ale pro libovolně ekonomicky zdatné strany můžeme použít program, který byl vytvořen v jazyce C++ s využitím knihovny SIMLIB.

Na následujícím grafu můžeme vidět jak úspěšné byly jednotlivé poměry obranných a útočných systémů. Je však nutno zdůraznit, že jsme testovali jenom všechny kombinace poměru v rozsahu (1-5:1-5).



Obrázek 8: Simulace5

Ze získaných údajů můžeme říct, že se zvyšujícími výšemi investic do útočných balistických střel stoupá pravděpodobnost vítězství, ale neznamená to, že by se měly obranné systémy úplně zanedbat a zároveň záleží na tom v jakém rozpoložení je nepřátelská strana.

Reference

- [1] Ukraine Interactive map - Ukraine Latest news on live map - liveuamap.com. Ukraine Interactive map - Ukraine Latest news on live map - liveuamap.com [online]. Dostupné z: <https://liveuamap.com/>
- [2] Average Cost Of Overhauling 1 Kilometer Of Road In Ukraine Disclosed » The Center for Transport Strategies. The Center for Transport Strategies [online]. Dostupné z: https://en.cfts.org.ua/news/average_cost_of_overhauling_1_kilometer_of_road_in_ukraine_disclosed
- [3] Peringer , P. a Hrubý , M. Modelování a simulace. : 15. září 2022. Dostupné na: <https://www.fit.vutbr.cz/study/courses/IMS/public/prednasky/IMS.pdf>.
- [4] What weapons has Ukraine received from the US and allies? — Infographic News — Al Jazeera. Breaking News, World News and Video from Al Jazeera [online]. Copyright © 2022 Al Jazeera Media Network [cit. 04.12.2022]. Dostupné z: <https://www.aljazeera.com/news/2022/6/15/infographic-what-weapons-has-ukraine-received-from-the-us-and-al>

8 Zdroje zbraní

FIM-92 Stinger

What weapons has Ukraine received from the US and allies? — Infographic News — Al Jazeera. Breaking News, World News and Video from Al Jazeera [online]. Copyright © 2022 Al Jazeera Media Network [cit. 01.12.2022]. Dostupné z: <https://www.aljazeera.com/news/2022/6/15/infographic-what-weapons-has-ukraine-received-from-the-us-and-al>

Why the US wants a new Stinger anti-air missile — Popular Science. Popular Science Homepage — Popular Science [online]. Copyright © 2022 [cit. 01.12.2022]. Dostupné z: <https://www.popsci.com/technology/new-stinger-weapon-development/>

Stinger Armed Assault Wiki Fandom. [online]. Dostupné z: <https://armedassault.fandom.com/wiki/Stinger>

Igla-1

9K38 Igla Military Wiki Fandom. [online]. Dostupné z: https://military-history.fandom.com/wiki/9K38_Iglacite_note-2

9K38 Igla - Wikipedia. [online]. Dostupné z: https://en.wikipedia.org/wiki/9K38_Igla

Zbraně na Ukrajině: Jak funguje Javelin či Bayraktar - Aktuálně.cz. Zprávy - Aktuálně.cz [online]. Copyright © [cit. 01.12.2022]. Dostupné z: <https://zpravy.aktualne.cz/zahranici/zbrane-na-ukrajine-jak-funguje-javelin>

9K38 Igla-S portable anti-aircraft missile system. — Missilery.info. Missilery.info — Missile database. Descriptions and specifications. [online]. Copyright © 2022 IS Missilery.info [cit. 01.12.2022]. Dostupné z: <https://en.missilery.info/missile/igla-c>

M142 HIMARS

M142 HIMARS - Wikipedia. [online]. Dostupné z: https://en.wikipedia.org/wiki/M142_HIMARS

M142 HIMARS - [online]. Dostupné z: <https://mezha.media/en/2022/04/27/m142-himars-ta-m270-mlrs-multiple-rocket-launchers-very-much-awaited-in-ukraine/>

BM-30 Smerch

Armenian Military 'Interested' In Acquiring Russian Rocket Artillery. Radio Free Europe/Radio Liberty [online]. Dostupné z: https://www.rferl.org/a/armenian_military_interested_in_acquiring_russian_rocket_artillery/24230218.htm

BM-30 Smerch - Wikipedia. [online]. Dostupné z: https://en.wikipedia.org/wiki/BM-30_Smerch

Smerch Multiple Launch Rocket System — Military-Today.com. [online]. Dostupné z: <http://www.military-today.com/artillery/smerch.htm>

Phoenix Ghost

What weapons has Ukraine received from the US and allies? — Infographic News — Al Jazeera. Breaking News, World News and Video from Al Jazeera [online]. Copyright © 2022 Al Jazeera Media Network [cit. 01.12.2022]. Dostupné z: <https://www.aljazeera.com/news/2022/6/15/infographic-what-weapons-has-ukraine-received-from-the-us-and-al>

HESA Shahed 136

HESA Shahed 136 - Wikipedia. [online]. Dostupné z: https://en.wikipedia.org/wiki/HESA_Shahed_136

Bayraktar

Baykar Bayraktar Mini UAV - Wikipedia. [online]. Dostupné z: https://en.wikipedia.org/wiki/Baykar_Bayraktar_Mini_UAV

Bayraktar TB2 Unannounced Aerial Combat Vehicle — Military-Today.com. [online]. Dostupné z: http://www.military-today.com/aircraft/bayraktar_t2.htm

Arming Bayraktars With Air-To-Air Missiles Is Not A Solution To Defend Ukraine Against Russia's Iranian Drones. Forbes [online]. Dostupné z: <https://www.forbes.com/sites/pauliddon/2022/10/31/bayraktars>

Mi-17

Mil Mi-17 - Wikipedia. [online]. Dostupné z: https://en.wikipedia.org/wiki/Mil_Mi-17

[online]. Dostupné z: <https://www.fool.com/investing/2017/06/24/2017-investors-guide-top-10-combat-helicopters.aspx>

Mi-24

Ancile. Ancile [online]. Dostupné z: <https://www.deagel.com/Combat%20Aircraft/Mi-24/a000751>

Mil Mi-24 – Wikipedie. [online]. Dostupné z: https://cs.wikipedia.org/wiki/Mil_Mi-24

BVP-2

BMP-2 - Wikipedia. [online]. Dostupné z: <https://en.wikipedia.org/wiki/BMP-2>

9M113 Konkurs - Wikipedia. [online]. Dostupné z: https://en.wikipedia.org/wiki/9M113_Konkurs

Introduction to the 9M113 Konkurs ATGM - Armament Research Services (ARES). Home - Armament Research Services (ARES) [online]. Copyright © Copyright 2021 by Armament Research Services Pty. Ltd. except when noted otherwise. All Rights Reserved. [cit. 01.12.2022]. Dostupné z: <https://armamentresearch.com/introduction-to-the-9m113-konkurs-atgm/>

Javelin

HESA Shahed 136 - Wikipedia. [online]. Dostupné z: https://en.wikipedia.org/wiki/HESA_Shahed_136/

T-12

T-12 100-mm anti-tank gun MT-12 100-mm anti-tank gun 2A19 100-mm anti-tank gun. GlobalSecurity.org [online]. Copyright © 2000 [cit. 03.12.2022]. Dostupné z: <https://www.globalsecurity.org/military/world/russia/t-12.htm>

100 mm anti-tank gun T-12 - Wikipedia. [online]. Dostupné z: https://en.wikipedia.org/wiki/100_mm_anti-tank_gun_T-12

T-12 antitank gun — Military Wiki — Fandom. [online]. Dostupné z: https://military-history.fandom.com/wiki/T-12_antitank_gun

100 mm anti-tank gun T-12 - Wikiwand. Wikiwand - home [online]. Dostupné z: https://www.wikiwand.com/en/100_mm_anti-tank_gun_T-12

T-12 100-mm anti-tank gun MT-12 100-mm anti-tank gun 2A19 100-mm anti-tank gun. GlobalSecurity.org [online]. Copyright © 2000 [cit. 03.12.2022]. Dostupné z: <https://www.globalsecurity.org/military/world/russia/t-12.htm>

ZU-23-2

ZU-23-2 - Wikipedia. [online]. Dostupné z: <https://en.wikipedia.org/wiki/ZU-23-2>

[32] ZU-23-2 Towed Air Defense System -Top Quality - For Sale - HARTFORD. HARTFORD - Delivery of Military and Defense Equipment. Delivery of spare parts, Repair and Modernization. [online]. Copyright © [cit. 03.12.2022]. Dostupné z: <https://www.universal-dsg.com/product/zu-23-2-towed-air-defense-system/>

T-64

T-64 - Wikipedia. [online]. Dostupné z: <https://en.wikipedia.org/wiki/T-64>

T-64E Main Battle Tank — Military-Today.com. [online]. Dostupné z: <http://www.military-today.com/tanks/t64e.htm>

T-64BV Main Battle Tank technical data fact sheet pictures video — Russia Russian army tank heavy armoured vehicles U — Russia Russian army military equipment vehicles UK. Defense News security global military army equipment technology industry - Army Recognition [online]. Copyright © 2019 [cit. 03.12.2022]. Dostupné z: https://www.armyrecognition.com/russia_russian_army_tank_heavy_armoured_vehicles_u/t-64bv_main_battle_tank_data_sheet_specifications_information_description_pictures_video.html

Iron Dome

Iron Dome - Wikipedia. [online]. Dostupné z: <https://en.wikipedia.org/wiki/IronDome>

EDM4S

EDM4S - Wikipedia. [online]. Dostupné z: <https://en.wikipedia.org/wiki/EDM4S>

NASAMS

České noviny — ČeskéNoviny.cz [online]. Dostupné z: <https://www.ceskenoviny.cz/zpravy/ukrajina-obdrzela-systemy-protivzdušne-obrany-nasams-a-aspide-oznamil-ministr/2282319>

Why Ukraine wants Iris-T SLM and Nasams air defence systems . [online]. Dostupné z: <https://www.thenationalnews.com/world/europe/2022/10/12/explained-the-iris-t-slm-and-nasams-air-defence-systems-ukraine-needs/>