

VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ  
FAKULTA INFORMAČNÍCH TECHNOLOGIÍ

**IMS - Simulační studie**

Varianta 08 - Vojenské simulátory

Radomír Bábek ,xbabek02  
David Kocman, xkocma08

# Obsah

<b>1</b>	<b>Úvod</b>	<b>2</b>
1.1	Autoři a zdroje . . . . .	2
1.2	Ověřování validity . . . . .	2
<b>2</b>	<b>Rozbor tématu a použitých metod/technologií</b>	<b>2</b>
2.1	Použité postupy pro vytvoření modelu . . . . .	2
2.2	Popis původu použitých metod/technologií . . . . .	3
<b>3</b>	<b>Koncepce modelu</b>	<b>3</b>
3.1	Popis konceptuálního modelu . . . . .	3
3.2	Forma konceptuálního modelu . . . . .	5
<b>4</b>	<b>Architektura simulačního modelu/simulátoru</b>	<b>6</b>
4.1	Mapování konceptuálního modelu do simulačního . . . . .	6
4.2	Forma vstupního souboru a spuštění programu . . . . .	6
<b>5</b>	<b>Podstata simulačních experimentů a jejich průběh</b>	<b>7</b>
5.1	Naznačení postupu experimentování . . . . .	7
5.2	Experimenty . . . . .	7
5.2.1	Experiment 1: Vyšší zkušenost obránců . . . . .	7
5.2.2	Experiment 2: Nízká zkušenost obránců . . . . .	8
5.2.3	Experiment 3: Kolik v musí mít obránci v průměru zkušeností, aby se ubránili . . . . .	8
5.2.4	Experiment 4: Vliv eskorty na přežití bombardérů . . . . .	9
5.3	Závěry experimentů . . . . .	10
<b>6</b>	<b>Shrnutí simulačních experimentů a závěr</b>	<b>10</b>
<b>7</b>	<b>Zdroje</b>	<b>12</b>

# 1 Úvod

V této práci je řešen proces sestavování modelu [[8], snímek 7] pro simulaci [[8], snímek 33] leteckých bitev při strategickém bombardování ve druhé světové válce celulárním automatem [[8], snímek 209].

Strategické bombardování bylo významnou taktikou všech zúčastněných stran ve válce. Jeho účelem bylo narušení či úplná destrukce nepřátelského průmyslu, infrastruktury a také podlamování morálky obyvatelstva. Účelem naší simulace [[8], snímek 33] je tedy zjistit pomocí simulačních experimentů [[8], snímek 9] jak moc závisí efektivita vzdušné obrany na počtu a zkušenostech pilotů a také dopad eskorty na letecké ztráty bombardérů v bitvě.

## 1.1 Autoři a zdroje

Na projektu se podíleli studenti FIT VUT Radomír Bábek a David Kocman.

Zdroje informací jsme čerpali z memoárů pilotů, leteckých statistik, průběhů bitev, fór a historických dokumentů volně přístupných na internetu.

## 1.2 Ověřování validity

Ověřování validity [[8], snímek 37] bylo docíleno čerpáním informací z mnoha zdrojů, abychom vyloučili nepravdivé informace. Při nalezení vícera různých hodnot, bylo provedeno ověření, které jsou nejbližší realitě a nadále zprůměrování těchto hodnot.

# 2 Rozbor tématu a použitých metod/technologií

Program představuje leteckou misi během druhé světové války, kdy proti sobě stojí dvě strany. Strany budeme nazývat jako obránci a útočníci. Obránci brání svou oblast, ve které se nachází cíl, který mají za úkol útočníci bombardovat. Na straně obránců se nachází stíhačky a na straně útočníků stíhačky, tedy eskorta a bombardéry.

Stíhačky budou dosahovat rychlosti přibližně 560 km/h a bombardéry 400 km/h [1]. Každé letadlo bude obsahovat dostatek munice pro 30 sekundovou dávku [6]. Zkušenosti pilotů jsou definovány číslem, které představuje počet nalétaných misí. Maximální počet uletěných misí pro každého pilota bylo 25-30 misí, u stíhacích pilotů i více. Těchto čísel ale dosahovalo malé procento pilotů [3]. Optimální vzdálenost střelení na letadlo je 300m [7]. Z větších vzdáleností byla menší šance na trefu. Také velmi záleží na směru útoku. Čelní útok má nejmenší smysl, útok zezadu zase největší [5].

Eskorty letí vždy výše nad bombardéry a zpravidla počet eskort k počtu bombardérů byl 1:1, ale na některých misích se to mohlo lišit [10]. Jejich úkolem bylo chránit bombardéry. Obránci hlídají a při spatření nepřítele se snaží jej sestřelit.

Nutno zdůraznit, že v projektu se budeme zaměřovat pouze na bitvu typu „letadlo vs letadlo“. V pozdějších letech války byla většina ztrát bombardérů napáchána pozemní protiletadlovou obranou a ne bránícími stíhači [11].

## 2.1 Použité postupy pro vytvoření modelu

Po shrnutí všech faktů jsme vytvořili odpovídající stavy celulárního automatu pro letadla a samotnou simulaci. Tento automat jsme pak naimplementovali v C++ za použití standardních

knihoven, které bohatě stačí pro modelování [[8], snímek 8] celulárního automatu. Dále byly využity texty k přednáškám z kursu Modelování a Simulace na FIT VUT v Brně [8].

## 2.2 Popis původu použitých metod/technologií

Jak již bylo zmíněno, byly použity standardní knihovny jazyka C++ pro vytvoření simulačního modelu [[8], snímek 44]. Rozhodli jsme se pro objektově orientované programování při implementaci. Pro sestavení a překlad používáme nástroje GNU Make a CMake.

## 3 Koncepce modelu

Model je koncipován jako celulární automat. Každé letadlo bude mít stavy, které se jen lehce liší na základě jeho role. Stavy jsou popsány níže.

Při simulaci zanedbáváme většinu fyzikálních faktorů působících na letadla, jako například odpor vzduchu. Nejsou potřeba pro simulaci, ve které se zohledňuje spíše zkušenost pilota. Také nerozlišujeme různé modely letadel, co se vyskytly za druhé světové války, ale používáme zprůměrované hodnoty.

Rychlost letadel bude definována počtem buňek, kolik urazí za jednu iteraci. Z výzkumu vychází, že bombardéry mají 2/3 rychlosti stíhačů (po zaokrouhlení). Munice necháme každému pro 30 sekundovou dávku. Co se týče zkušenosti pilotů, budeme uvažovat číslo z uzavřeného intervalu od 1 do 30 u bombardéru. U stíhacího pilota můžeme uvažovat klidně i více než 30 odletěných misí, ale takováto čísla tito piloti zřídka docílili, jak bylo řečeno. Budeme tedy uvažovat spíše menší zkušenosti. Každé letadlo bude mít přibližně 200 litrů paliva.

Obránci začínají v hlídkovém módu, po spatření nepřítele se snaží nabrat stejnou výšku jako oni. Snaží se sestřelit nepřítele a pokud je stíhán, vyhýbá se. Šance na uhýbání závisí na zkušenosti. Eskortá doprovází bombardéry a při spatření nepřátel se je snaží eliminovat. Bombardéry letí nad cílovou oblast. Cestou se brání a při přelétání nad cílem odhazují bomby.

Při střetu hraje roli zkušenost stíhače a stíhaného, také vzdálenost, ze které stílí a směr útoku. Typ okolí bude Von Neumannovo [[8], snímek 210] s manhattanskou metrikou 5.

### 3.1 Popis konceptuálního modelu

Pro samotný průběh simulace jsme navrhli tyto stavy:

- **PreStart:** Inicializace pozic a stavů jednotlivých letadel. Umístění bombardérů do formace, přiřazení stíhačkám (ze strany útočníků) bombardér k eskortování. Všem obráncům je přiřazena náhodná pozice a náhodný směr a střední 2/3 plné rychlosti prozkoumávají zónu boje.
- **NotDetected:** Letadla se začínají pohybovat. Bombardéry míří směrem k cíli, obránci si jich zatím nevšimají. Obránci se náhodně pohybují.
- **ZoneBreached:** Útočníci proletí hranicí území obránců. Obránci se přepínají z průzkumného módu do módu obranného. Simulace se poté přepíná do stavu Combat.
- **Combat:** V tomto stavu simulace zůstává do chvíle, než jedna ze stran vyhraje. Obránci vyhrávají, pokud sestřelí všechny bombardéry. Útočníci vyhrávají, pokud sestřelí všechny obránce, nebo bombardéry úspěšně shodí cílový počet bomb.
- **DefendersWin / AttackersWin:** Simulace v tomto stavu končí a vypíší se statistiky kolik zůstalo útočníků (eskort), bombardérů a obránců.

Níže jsou posány stavy, kterých mohou letadla nabývat:

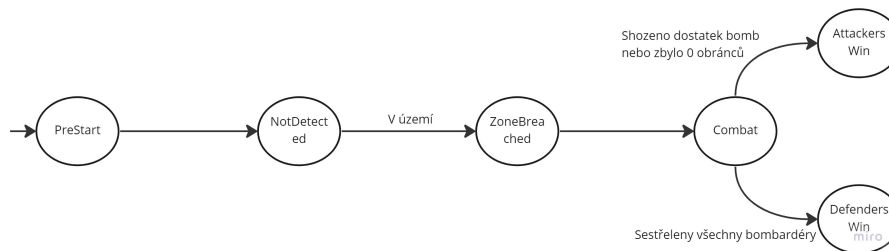
- **Escorting:** V tomto stavu stíhačky útočníků začínají. Při inicializaci útočníků byl každé stíhačce přidělen bombardér. Ve stavu Escorting se stíhačka drží blízko bombardéru. Pokud do okolí bombardéru vletí obránce s úmyslem na bombardér zaútočit, eskorta se od bombardéru odpojí, přepíná se do stavu Chasing a zaútočí na daného obránce.
- **Chasing:** Ve stavu Chasing se stíhačka snaží udržet za nepřítelem, kterého pronásleduje. Při každé iteraci v tomto stavu zároveň kontroluje, zdali nemá vysokou pravděpodobnost na sestřelení nepřítele. Podle zkušeností daného pilota se následně rozhodne vystřelit. Je nutné podotknout, že vystřelit za každé příležitosti není vždy výhodné, jelikož každá stíhačka má pouze omezený počet nábojů.
- **Evading:** Do stavu Evading se stíhačka přepíná ve chvíli, pokud se za ní pohybuje v podobném směru nepřátelská stíhačka, která je zároveň ve stavu Chasing. Ve stavu Evading se pohybuje letadlo vždy na pozici, která je nejdále od útočníka. Pokud se útočník přiblíží příliš blízko, podle zkušeností pilota má pilot, co se vyhýbá, šanci na výměnu pozice s útočníkem a role se obrací.
- **Retreating:** Do stavu Retreating se stíhačka dostává v moment, kdy jí dojde palivo nebo munice. Stíhačka se vydává ve směru ze středu na hranici bojiště a simulaci opouští. V případě, že bojiště opouští z důvodu nedostatku paliva, letí pomalejší rychlostí, než je maximální.
- **FlyingToTarget:** Do tohoto stavu se stíhačka dostává v případě, že byl zničen bombardér, který měla za úkol eskortovat a nachází se ve stavu, kdy ukončila předchozí činnost. Stíhačka v tomto stavu letí směrem k cíli mise a zaútočí na kteréhokoli nepřítele, kterého po cestě potká ve svém okolí.

Pro stíhačky obránců se některé stavy opakují. Konkrétně stavy Evading a Retreating fungují na stejném principu jako stejnojmenné stavy pro útočníky. Stav Chasing u obránců funguje podobně s malým dodatkem. Oproti nim ale stíhačky obránců přechází do stavů:

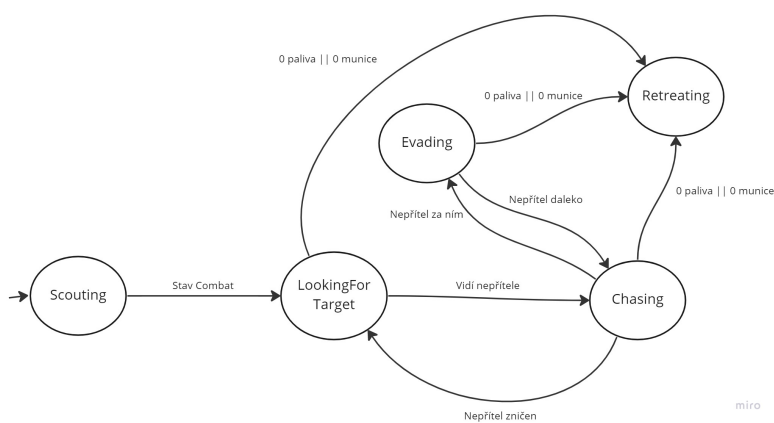
- **Scouting:** Počáteční stav stíhaček obránců. Stíhačka v tomto stavu pokračuje ve směru, ve kterém míří, dokud není nucena směr změnit.
- **LookingForTarget:** Do tohoto stavu se stíhačky obránců dostanou při začátku simulační fáze Combat, nebo při ukončení činnosti v rámci jiného stavu. Cílem tohoto stavu je najít a označit bombardér, na který stíhačka posléze zaútočí. Postup v tomto stavu je následující. Získají se všechny bombardéry, na které zatím nikdo neútočí. Z nich se vybere nejbližší bombardér a tomu je poté přiřazen jako útočník. Pokud jsou všechny bombardéry zabrané, stíhačka zdvojí útok na nejbližší bombardér.
- **Chasing:** Oproti útočníkům se stav chasing vyznačuje následující změnou. Pokud je cílem stavu bombardér, který má přiřazenou eskortu, která na danou stíhačku útočí, přechází obránce z útoku na bombardér na útok na jeho eskortu. Bombardér je následně uvolněn a prioritně přiřazen obráncům, kteří zdvojili útok na jiný bombardér.

Bombardéry jen směřují k cíli a nad označenou oblastí shazují bomby. Při zničení letadla se stroj přesune do seznamu zničených letadel.

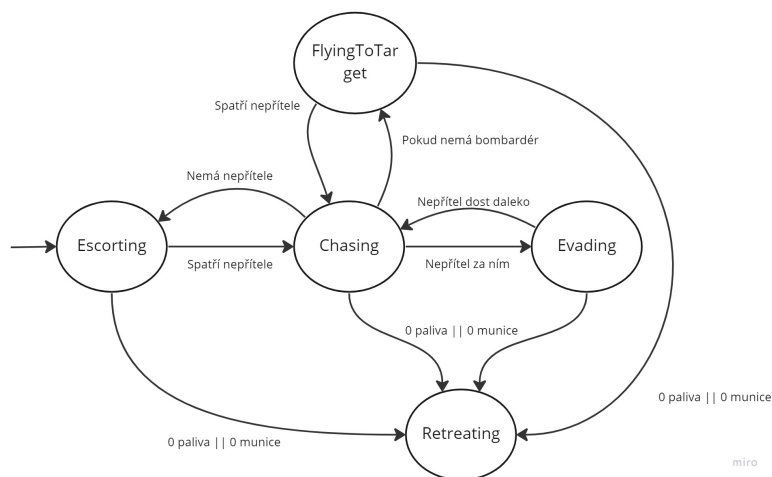
### 3.2 Forma konceptuálního modelu



Obrázek 1: Stavy samotné simulace



Obrázek 2: Stavy obránců



Obrázek 3: Stavy útočníků, resp. eskorty

## 4 Architektura simulačního modelu/simulátoru

Jedno písmeno, resp. buňka, představuje 250 metrů v reálném světě. Jedna iterace představuje 5 uběhnutých sekund. Program je rozdělen do několika souborů, ve kterých jsou třídy a jejich metody. Program pak běží v souboru `main.cpp`.

Po zavolání `Simulation.Run` ve funkci `main` se simulace spustí a ve svém průběhu vstupuje do 5 různých stavů, popsaných výše.

Simulace má důležitou metodu `Iterate`, která zavolá podobnou metodu `Iterate` tentokrát volanou nad všemi aktivními letadly v simulaci. Metoda `Iterate` pro letadla představuje vykonání akce na základě stavového automatu pro dané letadlo. Množina stavů se liší pro všechny 3 skupiny, tedy stíhačky útočníků, stíhačky obránců i bombardérů.

Letadla jsou iterována postupně ale na základě posledního kompletního stavu celé simulace. Do nového stavu tedy přechází všechny současně, podobně jsou všechna letadla současně zničena, pokud k jejich zničení dojde. Každé letadlo má přiřazený identifikátor v podobě datového typu `int`. Letadla se mezi sebou neodkazují referencí na objekt, ale přes cizí klíč, jelikož objekty je nutné kopírovat a kopii následně iterovat a spolu se všemi dalšími kopiemi následně použít jako náhradu za předchozí iteraci. Identifikátor se nemění a zůstává stejný po celou dobu existence letadla.

Letadla se mohou pohybovat v 8 směrech `Up`, `UpLeft`, `Left` atd. Pro pohyb letadel se využívá členská metoda `HeadTo`, která jako parametr bere bod v datovém typu `std::vector<int>`. Výsledkem funkce je změna pozice ve směru daného bodu. Letadla mohou v jednom volání funkce `HeadTo` vstoupit pouze do 3 polí, z nichž jedno se nachází ve směru jejich momentálního pohybu uloženého v privátním členu `Direction` a 2 sousedících směrů daného směru. Pokud si letadlo pro směr zvolí jeden ze sousedících směrů, jeho novým směrem pohybu se stává daný směr a v následujícím volání funkce `HeadTo` musí v daném směru pokračovat, čímž se vyhne příliš ostrým otáčkám. Výběr nejlepšího možného směru je vypočítán pomocí funkcí v třídě `Distance`, jejíž účelem je režírovat vzdálenosti a odchylky na bojišti. Úhel mezi cílovým bodem a pozicí letadla je přirovnán k jednomu ze směrů a následně vybrán nejlepší možný směr k aktuální situaci a směru letadla, který letadlo k danému bodu přiblíží. Vektor reprezentující daný směr se následně přičte k pozici daného letadla.

### 4.1 Mapování konceptuálního modelu do simulačního

Výše zmíněná metoda `Simulation.Run` mění stavy samotné simulace. Pro obránce je důležitá funkce `Fighter::IterateDefender()` a pro útočníky, konkrétně eskortu, je důležitá funkce `Fighter::IterateAttacker()`. Obě funkce berou aktuální stav simulace jako argument a pomocí funkce `switch` mění stavy letadla podle podmínek.

### 4.2 Forma vstupního souboru a spuštění programu

Aplikace se spouští v terminálu příkazem `./ims {soubor_se_vstupní_konfigurací}`. Pro správnou grafickou vizualizaci je potřeba nastavit velikost písma v terminálu na 3. Program vyžaduje data o jménu a počtu bitev pilota a jeho příslušnost ke skupině v simulaci (`Defenders`, `Bombers`, `Attackers`). Definice obránců začínají řádkem `D`: pod kterým jsou postupně uvedeni piloti ve formátu „Jméno“ : počet bitev. Obdobně se definují data pro bombardéry (`B`:) a

stíhačky útočníků (A:). Program je možno spustit příkazem `make run`, který zapne program s se vstupním souborem `input`, ve kterém se právě nachází 13 obránců proti 13 eskortám a bombardérům.

Výstupem programu je 2D grafické zobrazení průběhu letecké bitvy a po skončení počet zbylých eskort, bombardérů a obránců. Na tento finální výpis se v experimentech zaměříme.

Video demonstrující grafické zobrazení našeho CA: video

## 5 Podstata simulačních experimentů a jejich průběh

Experimentováním se tedy snažíme otestovat efektivitu vzdušné obrany na základě zkušeností pilotů a o kolik moc se liší. Mimo jiné budeme taky zjišťovat, jaký má dopad na ubránění bombardérů eskorta.

### 5.1 Naznačení postupu experimentování

U prvních dvou experimentů bude simulace spuštěna 10x, u zbylých 5x. Je to proto, abychom dostali co nejvíce přesná data a zohlednily náhodné rozmístění obránců (což simuluje nějakou dobu odezvy). Eskorty a bombardéry mají stálý počet zkušeností, a to v průměru 20. Zkušenosti a počet obránců se může měnit na typu experimentu. Strany jdoucí proti sobě budeme uvažovat Spojence a Německo. K vybombardování cíle a výhře útočníků musí být shozeno 150 bomb. Experiment číslo 0 určuje maximální počet všech letadel. Také zde zanedbáváme industriální stav Německa na začátku a konci války. Procentuální počty ztrát počítáme jen pro bombardéry. Typický průběh příštích experimentů vypadá takhle:

- Úprava počtů a zkušeností obránců ve vstupním souboru
- Spuštění simulace
- Zapsání výsledků simulace do tabulky
- Shodnocení a vypsání závěru

### 5.2 Experimenty

#### 5.2.1 Experiment 1: Vyšší zkušenost obránců

Tento experiment simuluje lepší zkušenost obránců, kdy Německo na začátku války ještě mělo vzdušnou převahu a lepší piloty [4]. Obránci mají větší bojové zkušenosti než útočníci, tedy 25 až 30 odletěných misí. Počet obránců je 10.



Experiment	Obránci	Eskorta	Bombardéry	Výhra
0.	10	13	13	-
1.	7	10	13	Útočníci
2.	6	5	9	Útočníci
3.	7	7	8	Útočníci
4.	6	7	10	Útočníci
5.	10	7	4	Útočníci
6.	4	9	11	Útočníci
7.	5	8	13	Útočníci
8.	7	7	3	Útočníci
9.	8	10	11	Útočníci
10.	9	8	12	Útočníci

Obránci napáchali značné ztráty útočníkům. Šance na přežití se pohybuje kolem 78%.

### 5.2.2 Experiment 2: Nízká zkušenost obránců

Tento experiment odpovídá už pozdním měsícům války, kdy Němečtí piloti se skládali z nových, nezkušených a narychlo naverbovaných pilotů [4]. Průměrná zkušenost obránce je 5 bojových misí a počet obránců je stále 10.

Experiment	Obránci	Eskorta	Bombardéry	Výhra
0.	10	13	13	-
1.	5	12	13	Útočníci
2.	5	12	13	Útočníci
3.	8	13	13	Útočníci
4.	5	13	13	Útočníci
5.	6	11	12	Útočníci
6.	5	12	13	Útočníci
7.	6	13	12	Útočníci
8.	4	12	13	Útočníci
9.	7	13	13	Útočníci
10.	5	10	13	Útočníci

Zde můžeme vidět, že obránci nenapáchali skoro žádné škody. Šance na přežití se zde pohybuje okolo 98%, tedy efektivita se zde liší o 26% oproti začátku války. Většina spojeneckých ztrát v pozdních měsících války byla z důvodu pozemní protiletectvé obrany, která se rok od roku zlepšovala z důvodu horší a horší vzdušné nadvlády Německa [11].

### 5.2.3 Experiment 3: Kolik v musí mít obránci v průměru zkušeností, aby se ubránili

Obránců zůstane stejný počet jako v experimentu 2, ale budeme postupně zvyšovat jejich bojovou zkušenost. Počet experimentů v každé části bude 5. Začínáme na úrovni zkušeností 40.

Experiment	Obránci	Eskorta	Bombardéry	Výhra
0.	7	13	13	-
1.	4	8	5	Útočníci
2.	7	7	6	Útočníci
3.	7	6	0	Obránci
4.	7	7	9	Útočníci
5.	7	7	3	Útočníci

Můžeme vidět, že šance na výhru je 20%, ale obránci způsobily útočníkům značné ztráty. Zvyšujeme na úroveň 60.

Experiment	Obránci	Eskorta	Bombardéry	Výhra
0.	7	13	13	-
1.	6	6	3	Útočníci
2.	4	6	3	Útočníci
3.	7	5	5	Útočníci
4.	4	0	0	Obránci
5.	4	1	1	Útočníci

Šance na výhru je stále 20%, ale můžeme vidět, že efektivita obránců se zvýšila a napáchala nepřátelům ještě větší ztráty. Nakonec zvýšíme na úroveň 90, což už může být považováno za velmi zkušeného pilota.

Experiment	Obránci	Eskorta	Bombardéry	Výhra
0.	7	13	13	-
1.	6	2	0	Obránci
2.	6	4	0	Obránci
3.	6	1	0	Obránci
4.	5	3	2	Útočníci
5.	7	2	0	Obránci

Šance na výhru vzrostla na 80%. Pro druhou a třetí část experimentu by se takovéto ztráty daly považovat za výhru z ohledu nesplnění přípustných ztrát [9] pro útočníky.

#### 5.2.4 Experiment 4: Vliv eskorty na přežití bombardérů

V tomto experimentu se zaměříme na eskortované versus neeskortované bombardéry. Počet obránců je 6 a jejich zkušenost je shodná se zkušenostmi bombardérů, tedy 20. V první části experimentu k bombardérům nepřipojíme žádnou eskortu. Všechny experimenty budou průměrovány z 5 spuštění.

Experiment	Obránci	Eskorta	Bombardéry	Výhra
0.	6	0	13	-
1.	3	0	9	Útočníci
2.	4	0	6	Útočníci
3.	4	0	3	Útočníci
4.	3	0	0	Obránci
5.	4	0	2	Útočníci

Jak můžeme vidět, ztráty jsou značné. Průměrná šance na přežití se točí okolo 30%. V další části již k bombardérům připojíme 6 eskortních letadel.

Experiment	Obránci	Eskorta	Bombardéry	Výhra
0.	6	6	13	-
1.	5	6	8	Útočníci
2.	3	6	5	Útočníci
3.	3	5	7	Útočníci
4.	4	6	6	Útočníci
5.	2	6	10	Útočníci

Oproti minulému experimentu se šance na přežití zvýšila skoro o dvojnásobek, tedy na 55%. V poslední části otestujeme převahu eskort nad obránci, tedy 12 letadel proti 6 obráncům.

Experiment	Obránci	Eskorta	Bombardéry	Výhra
0.	6	12	13	-
1.	4	11	13	Útočníci
2.	5	9	8	Útočníci
3.	2	12	13	Útočníci
4.	6	11	9	Útočníci
5.	4	12	12	Útočníci

Šance na přežití se zde zvýšila na 84%. Můžeme tedy vidět, že eskorta efektivně zvyšuje šanci na přežití bombardérů [2].

### 5.3 Závěry experimentů

Bylo provedeno celkově 50 experimentů v základních podmínkách vzdušné obrany. Byly otestovány jak standardní průběhy bitev, tak i limit pro obránce. Je možnost experimentovat i s jinými počty a zkušenostmi než výše, model je v tomto velice flexibilní.

V průběhu experimentování byla zjištěna validita původního modelu při porovnávání výstupů s historickými skutečnostmi.

Experimenty lze považovat za věrohodný zdroj informací, neboť v každé části experimentu bylo spouštěno více simulací a výsledná data jsou průměrována.

## 6 Shrnutí simulačních experimentů a závěr

Simulačními experimenty jsme si ověřili validitu porovnáváním zprůměrovaných výsledků s historickými fakty. Výsledky ukazují, že na zkušenostech a počtu pilotů záleží a to až o 26%

jak vyplívá z experimentů 1 a 2. Experiment 3 nám ukazuje ideální situaci v počtu zkušeností pro obránce, aby se dokázali v určitém počtu ubránit. Tím je více než 90 bojových misí pro 6 strojů. Díky experimentu 4 jsme si ukázali důležitost eskorty při náletech. Rozdíl šance na přežití s eskortou a bez je skoro dvojnásobný.

V rámci projektu vznikl nástroj, který vychází z průběhu reálných leteckých bitev a byl implementován v jazyce C++ za použití standardních knihoven. Upravováním vstupního souboru lze docílit různých simulačních situací. Výstupem je grafické zobrazení a výsledný počet účastníků.

## 7 Zdroje

### Reference

- [1] Britannica: *Military aircraft*. [online], [viděno 17.11.2022].  
URL <<https://www.britannica.com/technology/military-aircraft/Interwar-developments>>
- [2] Fletcher, C.: *Why did WW2 bombers need fighter escorts if the bombers had their own guns?* [online], [viděno 17.11.2022].  
URL <<https://qr.ae/pvLujo>>
- [3] Imperial War Museums: *Life And Death In Bomber Command*. [online], [viděno 17.11.2022].  
URL <<https://www.iwm.org.uk/history/life-and-death-in-bomber-command>>
- [4] Irving, P.: *Is it true that by the end of WW2 Luftwaffe had acute shortage of experienced pilots? How did the Allies conclude this fact by fighting with German pilots?* [online], [viděno 17.11.2022].  
URL <<https://qr.ae/pvLwR7>>
- [5] Janson Media: *World War II: The Fighter Aces — Full Movie (feature Documentary)*. [online], [viděno 15.11.2022].  
URL <<https://www.youtube.com/watch?v=8Fk6MoqLRwA&t=2200s>>
- [6] Nelson, A.: *Ammunition limits?* [online], [viděno 17.11.2022].  
URL <<https://boardgamegeek.com/thread/1603387/ammunition-limits?rnd=0w85r>>
- [7] Oberkommando der Luftwaffe: *Průručka Luftwaffe*. [online], [viděno 17.11.2022].  
URL <<https://archive.org/details/Oberkommando-der-Luftwaffe-Horrido-Des-Jaegers-Schiessfibel>>
- [8] Peringer, P.; Hrubý, M.: *Modelování a simulace*. [online], [viděno 17.11.2022].  
URL <<https://www.fit.vutbr.cz/study/courses/IMS/public/prednasky/IMS.pdf>>
- [9] Spears, R.: *McGraw-Hill's Dictionary of American Idoms and Phrasal Verbs*. McGraw Hill Professional, 2006, ISBN 0071486852.
- [10] Tempest, S.: *During WWII, what was the approximate ratio of fighters to bombers and fighters to fighter-bombers?* [online], [viděno 17.11.2022].  
URL <<https://qr.ae/pvLE8w>>
- [11] Warriner, A.: *Of the Allied aircraft losses in the air war against Germany in WW2, what percentage of those losses were credited to German fighters and AA fire, respectively?* [online], [viděno 17.11.2022].  
URL <<https://qr.ae/pvLuEt>>