

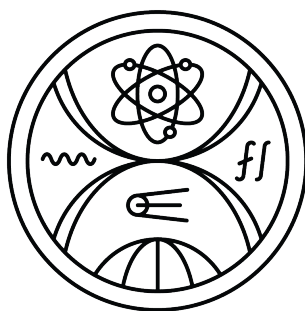
COMENIUS UNIVERSITY IN BRATISLAVA
FACULTY OF MATHEMATICS PHYSICS AND INFORMATICS



AUTOMATIC GENERATION OF ENEMIES IN A SURVIVAL COMPUTER GAME

Master thesis

COMENIUS UNIVERSITY IN BRATISLAVA
FACULTY OF MATHEMATICS PHYSICS AND INFORMATICS



AUTOMATIC GENERATION OF ENEMIES IN A SURVIVAL COMPUTER GAME

Master thesis

Study program: Applied informatics
Branch of study: Applied informatics
Department: Department of Applied Informatics
Supervisor: Ing. Alexander Šimko, PhD.



Univerzita Komenského v Bratislave
Fakulta matematiky, fyziky a informatiky

ZADANIE ZÁVEREČNEJ PRÁCE

Meno a priezvisko študenta: Bc. Michal Baránek
Študijný program: aplikovaná informatika (Jednoodborové štúdium, magisterský II. st., denná forma)
Študijný odbor: informatika
Typ záverečnej práce: diplomová
Jazyk záverečnej práce: slovenský
Sekundárny jazyk: anglický

Názov: Automatické generovanie nepriateľov pre počítačovú hru typu hra o prežitie
Automatic generation of enemies in a survival computer game

Anotácia: Hra o prežitie je žáner počítačových hier, v ktorý je cieľom hráča prežiť v hernom prostredí čo najdlhšie. Hráč typicky zbiera z prostredia rôzne zdroje, buduje príbytok a uspokojuje životné potreby virtuálnej postavy. Súčasťou prostredia bývajú taktiež nepriatelia, ktorí prežitie hráčovi sťažujú. Hráč je s nimi nútený bojovať a po ich zničení môže hráč získať nejaké zdroje. Na druhej strane, nepriatelia nesmú na hráča útočiť neustále, nakoľko hráč má v hre aj iné aktivity. Aby bola hra pre hráča zaujímavá, je žiadúce, aby správanie nepriateľov bolo rôznorodé. Štandardným prístupom je navrhnuť nepriateľov ručne.

Cieľ: Cieľom tejto práce je navrhnuť a implementovať algoritmus na automatické generovanie správania nepriateľov v počítačovej hre typu hra o prežitie. Zámerom algoritmu je, aby slúžil ako pomocný nástroj pre herných dizajnérov pri vytváraní nepriateľov. Algoritmus bude teda spúšťaný v procese návrhu hry. Generované správanie má byť rôznorodé. Reprezentácia správania má byť zvolená tak, aby bola vysvetliteľná a zároveň, aby dizajnér mohol správanie dodatočne ručne upravovať. Súčasťou práce bude experimentálne vyhodnotenie vlastností algoritmu, kvality generovaného správania a pod.

Vedúci: Ing. Alexander Šimko, PhD.
Katedra: FMFI.KAI - Katedra aplikovanej informatiky
Vedúci katedry: doc. RNDr. Tatiana Jajcayová, PhD.
Dátum zadania: 28.11.2024

Dátum schválenia: 04.12.2024

prof. RNDr. Roman Ďurikovič, PhD.
garant študijného programu

.....
študent

.....
vedúci práce

I hereby declare that I have written this thesis by myself, only with help of referenced literature, under the careful supervision of my thesis advisor.

Bratislava, 2025

.....

Michal Baránek

Acknowledgement

Abstract

Keywords:

Abstrakt

Klíčové slová:

Contents

1	Introduction	1
1.1	Motivation	1
1.2	Problem Statement	1
1.3	Goals of the Thesis	1
1.4	Structure of the Thesis	1
2	Background and Related Work	2
2.1	Survival Games: Genre Overview	2
2.2	Enemy Design in Games	2
2.3	Procedural Content Generation (PCG)	2
2.4	Behavior Modeling Techniques	2
2.4.1	Rule-based Systems	2
2.4.2	Behavior Trees and Finite State Machines	2
2.4.3	Evolutionary Algorithms in Game Design	2
2.5	Summary	2
3	Design of the Enemy Behavior Generator	3
3.1	Design Objectives and Requirements	3
3.2	Behavior Representation	3
3.2.1	Explainability and Manual Adjustability	3
3.3	Behavior Diversity and Gameplay Balance	3
3.4	Overview of the Generation Pipeline	3
3.5	Designer Interaction and Control Parameters	3
3.6	Design Considerations	3
4	Evolutionary Algorithm Design	4
4.1	Overview of Evolutionary Algorithms	4
4.1.1	Genetic Algorithms	4
4.1.2	Representation of Individuals (Behaviors)	4
4.1.3	Fitness Function Design	4
4.2	Mutation and Crossover Strategies	4

4.3	Selection and Population Management	4
4.4	Termination Criteria	4
4.5	Adaptation to Game Design Constraints	4
5	Implementation	5
5.1	Technology Stack	5
5.2	System Architecture	5
5.3	Key Modules	5
5.3.1	Behavior Encoding and Decoding	5
5.3.2	Evolution Engine	5
5.3.3	Integration with Game Prototype	5
5.4	Example Generated Behaviors	5
6	Experimental Evaluation	6
6.1	Experiment Setup	6
6.1.1	Test Scenarios and Inputs	6
6.1.2	Evaluation Metrics	6
6.2	Results	6
6.2.1	Behavior Diversity and Novelty	6
6.2.2	Behavior Quality and Playability	6
6.2.3	Performance Analysis	6
6.3	Discussion	6
7	Conclusion	7
7.1	Summary of Contributions	7
7.2	Limitations and Challenges	7
7.3	Suggestions for Future Work	7

List of Figures

List of Tables

Chapter 1

Introduction

1.1 Motivation

1.2 Problem Statement

1.3 Goals of the Thesis

1.4 Structure of the Thesis

Chapter 2

Background and Related Work

2.1 Survival Games: Genre Overview

2.2 Enemy Design in Games

2.3 Procedural Content Generation (PCG)

2.4 Behavior Modeling Techniques

2.4.1 Rule-based Systems

2.4.2 Behavior Trees and Finite State Machines

2.4.3 Evolutionary Algorithms in Game Design

2.5 Summary

Chapter 3

Design of the Enemy Behavior Generator

3.1 Design Objectives and Requirements

3.2 Behavior Representation

3.2.1 Explainability and Manual Adjustability

3.3 Behavior Diversity and Gameplay Balance

3.4 Overview of the Generation Pipeline

3.5 Designer Interaction and Control Parameters

3.6 Design Considerations

Chapter 4

Evolutionary Algorithm Design

4.1 Overview of Evolutionary Algorithms

4.1.1 Genetic Algorithms

4.1.2 Representation of Individuals (Behaviors)

4.1.3 Fitness Function Design

4.2 Mutation and Crossover Strategies

4.3 Selection and Population Management

4.4 Termination Criteria

4.5 Adaptation to Game Design Constraints

Chapter 5

Implementation

5.1 Technology Stack

5.2 System Architecture

5.3 Key Modules

5.3.1 Behavior Encoding and Decoding

5.3.2 Evolution Engine

5.3.3 Integration with Game Prototype

5.4 Example Generated Behaviors

Chapter 6

Experimental Evaluation

6.1 Experiment Setup

6.1.1 Test Scenarios and Inputs

6.1.2 Evaluation Metrics

6.2 Results

6.2.1 Behavior Diversity and Novelty

6.2.2 Behavior Quality and Playability

6.2.3 Performance Analysis

6.3 Discussion

Chapter 7

Conclusion

7.1 Summary of Contributions

7.2 Limitations and Challenges

7.3 Suggestions for Future Work

Bibliography

- [1] Leonardo T Pereira, Breno MF Viana, and Claudio FM Toledo. Procedural enemy generation through parallel evolutionary algorithm. In *2021 20th Brazilian Symposium on Computer Games and Digital Entertainment (SBGames)*, pages 126–135. IEEE, 2021.
- [2] Jacob Schrum and Risto Miikkulainen. Constructing complex npc behavior via multi-objective neuroevolution. In *Proceedings of the AAAI conference on Artificial intelligence and interactive digital entertainment*, volume 4, pages 108–113, 2008.