

COMENIUS UNIVERSITY IN BRATISLAVA  
FACULTY OF MATHEMATICS PHYSICS AND INFORMATICS

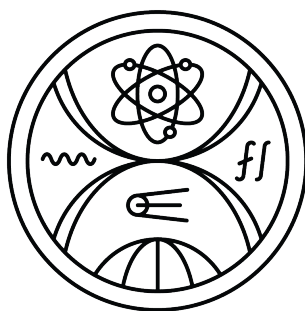


# AUTOMATIC GENERATION OF ENEMIES IN A SURVIVAL COMPUTER GAME

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

<b>1</b>	<b>Introduction</b>	<b>1</b>
1.1	Motivation . . . . .	1
1.2	Problem Statement . . . . .	1
1.3	Goals of the Thesis . . . . .	1
1.4	Structure of the Thesis . . . . .	1
<b>2</b>	<b>Background and Related Work</b>	<b>2</b>
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
<b>3</b>	<b>Design of the Enemy Behavior Generator</b>	<b>3</b>
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
<b>4</b>	<b>Evolutionary Algorithm Design</b>	<b>4</b>
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
<b>5</b>	<b>Implementation</b>	<b>5</b>
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
<b>6</b>	<b>Experimental Evaluation</b>	<b>6</b>
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
<b>7</b>	<b>Conclusion</b>	<b>7</b>
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.