

UNIVERZITA KOMENSKÉHO V BRATISLAVE
FAKULTA MATEMATIKY, FYZIKY A INFORMATIKY

AUTONÓMNE JAZDIACI AGENT PRE HRU
TRACKMANIA
DIPLOMOVÁ PRÁCA

2025

TIMOTEJ MELKOVIČ

UNIVERZITA KOMENSKÉHO V BRATISLAVE
FAKULTA MATEMATIKY, FYZIKY A INFORMATIKY

AUTONÓMNE JAZDIACI AGENT PRE HRU
TRACKMANIA
DIPLOMOVÁ PRÁCA

Študijný program: Aplikovaná informatika
Študijný odbor: Informatika
Školiace pracovisko: Katedra informatiky
Školiteľ: Ing. Alexander Šimko, PhD.

Bratislava, 2025
Timotej Melkovič



ZADANIE ZÁVEREČNEJ PRÁCE

Meno a priezvisko študenta: Bc. Timotej Melkovič
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: Autonómne jazdiaci agent pre hru Trackmania
Autonomous artificial driver for Trackmania

Anotácia: Trackmania je počítačová hra, v ktorej hráči súťažia, kto dokáže zadanú dráhu prejsť v najkratšom čase. Hra ponúka API, ktoré umožňuje vytvárať umelých autonómne jazdiacich agentov. Tvorbe takéhoto agenta bola venovaná práca [1].

Cieľ: Cieľom tejto práce je nadviazať na dosiahnuté výsledky a navrhnúť a implementovať lepšiu verziu autonómne jazdiaceho agenta. K zlepšeniu má dôjsť vo viacerých aspektoch. Samotná jazda agenta sa má zlepšiť a agent sa má časom jazdy priblížiť ľudským hráčom. Proces trénovania agenta má byť plne automatizovaný a nemá vyžadovať zásahy človeka. Agent má byť schopný jazdiť niele na dráhach, ktoré ležia v jednej rovine, ale aj na takých, ktoré obsahujú vertikálne zmeny, ako sú kopce a svahy. Agent má viesť jazdiť na rôznych povrchoch ako asfalt, hlina a tráva. Súčasťou práce bude empirické vyhodnotenie kvality jazdy agenta na vhodne zvolenej metrike a jeho porovnanie s pôvodnou verziou agenta.

Literatúra:

1. Timotej Melkovič. Trénovanie autonómneho vozidla v hre Trackmania pomocou strojového učenia. Bakalárska práca. FMFI UK. 2024.
2. Geoff Skinner and Toby Walmsley. Artificial Intelligence and Deep Learning in Video Games A Brief Review. In 2019 IEEE 4th International Conference on Computer and Communication Systems (ICCCS). Pages 404–408. IEEE, 2019.
3. Tuomas Haarnoja, et al. Soft Actor-Critic Algorithms and Applications. arXiv preprint. arXiv:1812.05905, 2018.

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

PodĎakovanie: Tu môžete poďakovať školiteľovi, prípadne ďalším osobám, ktoré vám s prácou nejako pomohli, poradili, poskytli dáta a podobne.

Abstrakt

Táto diplomová práca sa zaoberá návrhom a implementáciou autonómne jazdiaceho agenta pre počítačovú hru Trackmania, ktorý dokáže efektívne prejsť rôzne typy tratí bez zásahu človeka. Nadväzuje na bakalársku prácu, v ktorej bol vytvorený základný agent trénovaný pomocou metódy učenia posilňovaním. V tejto práci sú identifikované nedostatky predchádzajúceho riešenia – najmä absencia automatického trénovacieho procesu, slabá interpretácia výstupov a nerešpektovanie obmedzení reálneho času.

Cieľom práce je vytvoriť robustnejší framework, ktorý umožní tréning autonómneho agenta v realistických podmienkach so zohľadnením oneskorení a paralelného spracovania. Riešenie zahŕňa asynchrónne riadenie interakcie medzi prostredím a modelom, zlepšenú reprezentáciu trate a návrh odmenovej funkcie, ktorá motivuje k plynulej a efektívnej jazde. Experimentálne časti práce sa zameriavajú na porovnanie rôznych architektúr a tréningových nastavení s cieľom nájsť prístup, ktorý najlepšie vyhovuje hre Trackmania.

Kľúčové slová: autonómne vozidlo, učenie posilňovaním, Trackmania

Abstract

This thesis focuses on the design and implementation of an autonomously driving agent for the computer game Trackmania, capable of completing various types of tracks without human intervention. It builds upon a bachelor's thesis in which a basic agent was developed using reinforcement learning. This work identifies several shortcomings of the previous solution — particularly the lack of an automated training process, limited interpretation of results, and disregard for real-time constraints.

The aim of the thesis is to develop a more robust framework that enables the training of an autonomous agent under realistic conditions, taking into account delays and parallel processing. The proposed solution includes asynchronous coordination between the environment and the model, an improved representation of the track, and a reward function that encourages smooth and efficient driving. The experimental part of the thesis focuses on comparing various architectures and training settings in order to find an approach that best fits the requirements of the Trackmania environment.

Keywords: autonomous vehicle, reinforcement learning, Trackmania

Obsah

Úvod	1
1 Teoretické východiská	3
1.1 Základy reinforcement learningu	3
1.2 Preskúmanie trénovacích algoritmov	3
1.3 Oneskorenie a asynchrónna inferencia v real time scenároch	3
1.4 Reprezentácia prostredia - Markovovská vlastnosť	3
2 Súvisiace práce	5
2.1 Deep Reinforcement Learning in Real-Time Environments	5
2.2 Simulated Autonomous Driving Using Reinforcement Learning: A Comparative Study on Unity's ML-Agents Framework	5
2.3 Representing and Driving a Race Track for AI Controlled Vehicles	5
2.4 Improving Trackmania Reinforcement Learning Performance: A Comparison of Sophy and Trackmania AI	5
2.5 Super-Human Performance in Gran Turismo Sport Using Deep Reinforcement Learning	6
3 Analýza problému a výzvy	7
4 Návrh riešenia	9
5 Implementácia	11
6 Experimenty a výsledky	13
Záver	15
Príloha A	19

Zoznam obrázkov

Zoznam tabuliek

Úvod

Tu bude text úvodu

Kapitola 1

Teoretické východiská

- 1.1 Základy reinforcement learningu
- 1.2 Preskúmanie trénovacích algoritmov
- 1.3 Oneskorenie a asynchrónna inferencia v real time scenároch
- 1.4 Reprezentácia prostredia - Markovovská vlastnosť

Kapitola 2

Súvisiace práce

2.1 Deep Reinforcement Learning in Real-Time Environments

[1]

2.2 Simulated Autonomous Driving Using Reinforcement Learning: A Comparative Study on Unity's ML-Agents Framework

[4]

2.3 Representing and Driving a Race Track for AI Controlled Vehicles

[5]

2.4 Improving Trackmania Reinforcement Learning Performance: A Comparison of Sophy and Trackmania AI

[3]

2.5 Super-Human Performance in Gran Turismo Sport Using Deep Reinforcement Learning

[2]

Kapitola 3

Analýza problému a výzvy

Kapitola 4

Návrh riešenia

Kapitola 5

Implementácia

Kapitola 6

Experimenty a výsledky

Záver

Tu bude záver

Literatūra

- [1] Yann Bouteiller. *Deep Reinforcement Learning in Real-Time Environments*. Ecole Polytechnique, Montreal (Canada), 2021.
- [2] Florian Fuchs, Yunlong Song, Elia Kaufmann, Davide Scaramuzza, and Peter Durr. Super-human performance in gran turismo sport using deep reinforcement learning. *IEEE Robotics and Automation Letters*, 6(3):4257–4264, July 2021.
- [3] LJ Neinders. Improving trackmania reinforcement learning performance: A comparison of sophy and trackmania ai. B.S. thesis, University of Twente, 2023.
- [4] Yusef Savid, Reza Mahmoudi, Rytis Maskeliūnas, and Robertas Damaševičius. Simulated autonomous driving using reinforcement learning: A comparative study on unity’s ml-agents framework. *Information*, 14(5):290, 2023.
- [5] Simon Tomlinson and Nic Melder. Representing and driving a race track for ai controlled vehicles. *Game AI Pro*, 2014.

Príloha A: stránka agenta

V elektronickej prílohe priloženej k práci sa nachádza zdrojový kód programu a súbory s výsledkami experimentov. Zdrojový kód je zverejnený aj na stránke <https://github.com/Metcoler/Trackmania-BC>.