



**UNIVERSIDAD
DE GRANADA**

MÁSTER UNIVERSITARIO

EN CIENCIA DE DATOS E INGENIERÍA DE COMPUTADORES

Trabajo de Fin de Máster

**Desarrollo y Optimización de un Agente Inteligente
para Scripts of Tribute mediante Algoritmos
Evolutivos**

Autor

Francisco David Castejón Soto

Director

Dr. Pablo García Sánchez



ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIERÍAS INFORMÁTICA Y DE TELECOMUNICACIÓN

Granada, 1 Julio de 2025

Prefacio

Para la realización de este documento, se ha utilizado la plantilla \LaTeX [1] específica para la ETSIIT.

Agradecimientos

A mi familia por el apoyo moral y económico que me han brindado de forma incondicional durante estos años fuera de casa. Y a mi pareja, por mostrarme más caminos de los que nunca hubiera pensado que existieran para mí.

Índice general

Índice de figuras	IX
Índice de tablas	XI
I Marco teórico	1
1. Introducción	3
2. Objetivos	5
2.1. Objetivo principal	5
2.2. Objetivos específicos	5
3. Estado del arte	7
3.1. Inteligencia artificial en videojuegos	7
3.2. Metaheurísticas en videojuegos	7
3.3. Algoritmos evolutivos en juegos de cartas	7
4. Plataforma de trabajo	9
4.1. El videojuego: Tales of Tribute	9
4.2. El entorno de simulación: Scripts of Tribute	9
4.2.1. La competición IEEE-CoG	9
4.2.2. Arquitectura del entorno	9
5. Planificación del proyecto	11
5.1. Recursos utilizados	11
5.1.1. Recursos software	11
5.1.2. Recursos hardware	11
5.2. Metodología de desarrollo	11
5.3. Distribución temporal y cronograma	11

II	Metodología	13
6.	Diseño del agente autónomo	15
6.1.	Arquitectura de la toma de decisiones	15
6.2.	Definición de los pesos	15
6.3.	Lógicas específicas y heurísticas	15
7.	Sistema de entrenamiento evolutivo	17
7.1.	Arquitectura general del entrenador	17
7.2.	Comunicación entrenador-simulador	17
7.3.	El algoritmo evolutivo con Inspyred	17
7.4.	Paralelización del algoritmo	17
7.5.	Mecanismo de evaluación del fitness	17
7.5.1.	Modo fijo: evaluación contra oponentes estáticos	17
7.5.2.	Modo coevolución: competición interna	17
7.5.3.	Modo híbrido: combinando estrategias	17
7.6.	El salón de la fama	17
III	Experimentación y conclusiones	19
8.	Diseño experimental	21
8.1.	Configuración de los experimentos	21
8.2.	Métricas de evaluación	21
9.	Resultados y discusión	23
9.1.	A nivel de población	23
9.1.1.	Evolución del fitness	23
9.1.2.	Pesos medios	23
9.1.3.	Pesos a lo largo de las generaciones	23
9.1.4.	Variación de los pesos finales	23
9.2.	A nivel de líderes	23
9.2.1.	Evolución del fitness	23
9.2.2.	Pesos medios	23
9.2.3.	Pesos a lo largo de las generaciones	23
9.2.4.	Variación de los pesos finales	23
10.	Conclusiones	25
10.1.	Objetivos alcanzados	25
10.2.	Líneas de trabajo futuro	25
	Bibliografía	27

Índice de figuras

Índice de tablas

Parte I

Marco teórico

Capítulo 1

Introducción

La inteligencia artificial (IA) en el contexto de los videojuegos se refiere únicamente a un conjunto de algoritmos y técnicas diseñadas para cumplir una función muy específica dentro del juego. Ejemplos de ello son la IA que “conduce” los coches en un juego de carreras, los Pokémon contra los que el jugador se enfrenta en una batalla o el simple movimiento de una línea de píxeles (a modo de pala contrincante) en el videojuego Pong. Esta acepción contrasta con la idea más general de IA, que posee un conjunto de definiciones más amplias y generalistas como “la máquina que aprende” o “el estudio y construcción de sistemas que hacen «lo correcto», en función de su objetivo” [3].

Independientemente de la definición que se utilice, lo cierto es que un factor clave en el desarrollo de un videojuego es la creación de una IA que resulte entretenida para el jugador. De la misma forma que en un libro o una película es necesaria una trama que plantee un desafío, como la lucha contra el Imperio Galáctico en Star Wars, o un compañero de aventuras que ayude al protagonista, como Sam en El Señor de los Anillos, en un videojuego es necesaria una IA que controle esos elementos que interactúan con el jugador, ya sean enemigos, aliados o incluso el propio entorno. Desde los propios inicios de la industria del videojuego, donde se construían máquinas específicas para ejecutar un juego concreto, como es el caso de Nim en 1948 [2], hasta los videojuegos modernos, donde se utilizan técnicas de IA más complejas, como el aprendizaje por refuerzo (más en la sección 3.2), la IA ha sido un componente esencial para crear experiencias de juego atractivas y desafiantes.

La intención de este trabajo es la de crear una IA contra la que jugar en un videojuego de estrategia. En concreto, la IA que controla a un agente autónomo (o simplemente “bot”) en el videojuego de cartas *Tales of Tribute*. Es importante la distinción entre “juego” y “videojuego”, ya que en este caso las cartas no son físicas, sino que únicamente existen en el universo digital del videojuego. Para guiar las decisiones del bot, un algoritmo evolutivo se encarga de ajustar los pesos que se utilizan para calcular la puntuación de cada jugada posible, eligiendo

CAPÍTULO 1. INTRODUCCIÓN

vorazmente la jugada que maximiza dicha puntuación. Así se ha conseguido crear un contrincante que juega de forma competitiva tanto contra el jugador humano como contra otros bots manejados por IAs totalmente diferentes.

Capítulo 2

Objetivos

2.1. Objetivo principal

2.2. Objetivos específicos

- OG1: Analizar en profundidad las mecánicas del juego "Tales of Tribute", el entorno de desarrollo "Scripts of Tribute" y adquirir las competencias necesarias en el lenguaje de programación C#.
- OG2: Diseñar e implementar un agente inteligente en C# para "Scripts of Tribute", cuya toma de decisiones se base en una evaluación heurística del estado del juego mediante una función de fitness ponderada, incorporando conocimiento experto del dominio.
- OG3: Desarrollar un marco de optimización en Python para ajustar los pesos de la función de fitness del agente, implementando y comparando dos estrategias principales: algoritmos coevolutivos y entrenamiento supervisado contra agentes de referencia (basados en ganadores de competiciones anteriores).
- OG4: Evaluar cuantitativamente el rendimiento del agente entrenado mediante las diferentes estrategias, utilizando métricas relevantes como la tasa de victorias contra distintos oponentes.
- OG5: Analizar comparativamente la efectividad y eficiencia de las estrategias de optimización implementadas (coevolución vs. entrenamiento contra referentes), discutiendo sus ventajas y desventajas en el contexto específico de "Scripts of Tribute".
- OG6: Investigar y contextualizar el enfoque desarrollado frente a otras técnicas predominantes en competiciones similares de IA en juegos, como Monte Carlo Tree Search (MCTS), analizando las razones de su éxito en

CAPÍTULO 2. OBJETIVOS

ediciones anteriores. TODO: Esto todavía no está hecho en código, hay que hacerlo.

Capítulo 3

Estado del arte

- 3.1. Inteligencia artificial en videojuegos
- 3.2. Metaheurísticas en videojuegos
- 3.3. Algoritmos evolutivos en juegos de cartas

Capítulo **4**

Plataforma de trabajo

4.1. El videojuego: Tales of Tribute

4.2. El entorno de simulación: Scripts of Tribute

4.2.1. La competición IEEE-CoG

4.2.2. Arquitectura del entorno

Capítulo 5

Planificación del proyecto

5.1. Recursos utilizados

5.1.1. Recursos software

5.1.2. Recursos hardware

5.2. Metodología de desarrollo

5.3. Distribución temporal y cronograma

Parte II

Metodología

Capítulo 6

Diseño del agente autónomo

- 6.1. Arquitectura de la toma de decisiones
- 6.2. Definición de los pesos
- 6.3. Lógicas específicas y heurísticas

Sistema de entrenamiento evolutivo

- 7.1. Arquitectura general del entrenador
- 7.2. Comunicación entrenador-simulador
- 7.3. El algoritmo evolutivo con Inspyred
- 7.4. Paralelización del algoritmo
- 7.5. Mecanismo de evaluación del fitness
 - 7.5.1. Modo fijo: evaluación contra oponentes estáticos
 - 7.5.2. Modo coevolución: competición interna
 - 7.5.3. Modo híbrido: combinando estrategias
- 7.6. El salón de la fama

Parte III

Experimentación y conclusiones

Capítulo 8

Diseño experimental

TODO: Probar diferentes combinaciones en el modo híbrido. TODO: Hablar sobre los individuos generalistas (todos los pesos parecidos) y especialistas (0-1 en los pesos) en los mejores pesos. TODO: Ver la diferencia entre usar el hall of fame y no usarlo ya que no debería añadir info de una train run a otra. Mirar en la literatura que es exactamente hall of fame. TODO: Para comparar los modos de entrenamiento, intentar que todos los algoritmos se ejecuten durante la misma cantidad de tiempo (aunque tengan tamaños de poblaciones diferentes). TODO: Lanzar sin el hall of fame para evitar las diferencias entre runs.

8.1. Configuración de los experimentos

8.2. Métricas de evaluación

Capítulo 9

Resultados y discusión

9.1. A nivel de población

9.1.1. Evolución del fitness

9.1.2. Pesos medios

9.1.3. Pesos a lo largo de las generaciones

9.1.4. Variación de los pesos finales

9.2. A nivel de líderes

9.2.1. Evolución del fitness

9.2.2. Pesos medios

9.2.3. Pesos a lo largo de las generaciones

9.2.4. Variación de los pesos finales

Capítulo 10

Conclusiones

- 10.1. Objetivos alcanzados
- 10.2. Líneas de trabajo futuro

Bibliografía

- [1] Juan Julián Merelo Guervós. JJ/plantilla-TFG-ETSIIT, September 2024. original-date: 2019-03-19T11:58:46Z. URL: <https://github.com/JJ/plantilla-TFG-ETSIIT>.
- [2] Raymond Redheffer. A Machine for Playing the Game Nim. *The American Mathematical Monthly*, 55(6):343–349, June 1948. Publisher: Taylor & Francis _eprint: <https://doi.org/10.1080/00029890.1948.11999249>. doi:10.1080/00029890.1948.11999249.
- [3] Stuart Russell and Peter Norvig. *Artificial Intelligence: A Modern Approach*. Prentice Hall, Hoboken, NJ, 2021. URL: <https://aima.cs.berkeley.edu/global-index.html>.