



UNIVERSIDAD COMPLUTENSE MADRID

Proyecto de Innovación

Convocatoria 2020/2021

Nº de proyecto 112

Entorno virtual para el uso de videojuegos como estrategia de enseñanza
activa y método de evaluación

Responsable del proyecto:

Juan Antonio Recio García

Facultad de Informática

Departamento de Ingeniería del Software e Inteligencia Artificial

1. OBJETIVOS

Este proyecto de innovación se centra en el desarrollo de herramientas para el apoyo de una metodología de enseñanza activa y participativa orientada al aprendizaje de técnicas de Inteligencia Artificial (IA) entre los estudiantes de Informática. Esta metodología se basa en el uso de competiciones dentro de un entorno virtual basado en el videojuego MsPacMan como medio para (1) motivar a los estudiantes, (2) hacerles que pongan en práctica los conceptos de IA aprendidos y (3) evaluar el progreso de los estudiantes de acuerdo a los resultados alcanzados en estas competiciones.

Estos objetivos generales quedan desglosados en los siguientes subobjetivos:

- Estudio de la aplicación de entornos virtuales basados en videojuegos para la enseñanza de conceptos de IA.
- Elaboración de una herramienta para la generación de competiciones basadas en el videojuego MsPacMan.
- Evaluación del impacto de los sistemas de competición desarrollados tanto en el alumnado como en el profesorado. Desde del punto de vista del estudiante, se pretende estudiar su impacto en la motivación y evolución de los estudiantes. Desde el punto de vista de los docentes, se pretende estudiar el empleo de estas estrategias como parte de los métodos de evaluación del alumnado.
- Creación de un repositorio de implementaciones de cursos anteriores que sirva para la autoevaluación de los estudiantes mediante su comparación con los jugadores inteligentes diseñados por los antiguos estudiantes de la asignatura.
- Realización de una competición a nivel interuniversitario que aumente el interés de los estudiantes y la difusión del proyecto.
- Difusión de resultados en comunidades docentes. Se pretende dar difusión de las herramientas desarrolladas en comunidades docentes tanto de la propia Universidad Complutense de Madrid, como en otras universidades. Los resultados finales serán difundidos en conferencias y simposios de relevancia. Para ello, se pretende realizar una publicación en las Jornadas sobre la Enseñanza Universitaria de la Informática (JENUI), evento referente en España sobre metodologías docentes en Informática, organizadas por la Asociación de Enseñantes Universitarios de Informática (AENUI).

2. OBJETIVOS ALCANZADOS

La utilización de entornos virtuales ha venido utilizándose comúnmente para el desarrollo de competencias de Inteligencia Artificial, ya que dichos entornos permiten una simulación de entornos virtuales con capacidades de reproducibilidad y evaluación. Dentro de este tipo de entornos, los videojuegos se han convertido en una opción muy popular tanto a nivel docente como investigador, ya que suponen un incentivo adicional para los estudiantes. En este proyecto de Innovación se ha desarrollado un entorno para la enseñanza activa y evaluación, que permite adquirir varias competencias de IA dentro de los resultados de aprendizaje de la **asignatura Ingeniería de Comportamientos Inteligentes (ICI)**, optativa de distintos grados impartidos en la Facultad de Informática.

Concretamente, se ha conseguido automatizar la ejecución de simulaciones y competiciones en el popular videojuego MsPacMan, y validar la efectividad a nivel de metodología docente de su utilización tanto para la adquisición de distintas competencias de Inteligencia Artificial como para la evaluación de los estudiantes mediante las puntuaciones obtenidas en la competición con otros compañeros.

Mediante la implementación del comportamiento tanto de MsPacMan como de los distintos fantasmas (enemigos) del juego, los estudiantes pueden aplicar distintas técnicas de IA, y gracias al simulador autoevaluar su rendimiento. Adicionalmente, el sistema de competición permite a los estudiantes comparar la eficiencia sus comportamientos con los de otros compañeros de forma que puedan autoevaluar sus carencias y fortalezas. Para ello, se ha generado un catálogo o repositorio con los comportamientos creados en cursos anteriores para que los nuevos estudiantes puedan comparar y mejorar sus jugadores inteligentes.

Desde el punto de vista de evaluación docente, el sistema desarrollado permite utilizar la clasificación obtenida como método parcial de evaluación. Adicionalmente, se pretendía fomentar su uso a nivel externo a la UCM, con la organización de concursos basados en dicho entorno, donde han participado equipos de otras universidades tanto a nivel nacional como internacional

Una vez finalizado el proyecto podemos concluir que se han alcanzado los objetivos propuestos, realizándose todas las tareas del proyecto. En este documento se incluyen los distintos entregables que se definieron en la propuesta y que demuestran la consecución de dichos objetivos.

3. METODOLOGÍA

El desarrollo de este proyecto se ha dividido en tres fases principales:

Fase 1. La primera fase ha consistido en la elaboración de un estado del arte sobre los sistemas de competición existentes y su utilización con fines pedagógicos.

Fase 2. La segunda fase ha consistido en el desarrollo de la herramienta para la simulación automática de competiciones entre distintos jugadores inteligentes.

Fase 3. La tercera fase ha consistido en la evaluación del impacto de la herramienta en el proceso de enseñanza.

Ya que la segunda fase es fundamentalmente un proyecto de desarrollo de software, la metodología empleada ha sido una propia de las existentes en ingeniería del software. Dado el tamaño del equipo y las características del proyecto utilizaremos metodologías de “programación extrema” (o XP, del inglés eXtreme Programming), consistentes en organizar la construcción del software en iteraciones cortas dirigidas por prototipos y que permiten revisar periódicamente los requisitos del sistema y explorar así con mayor libertad el espacio problema. El desarrollo guiado por prototipos facilita la evaluación rápida del sistema a medida que está siendo desarrollado por los usuarios finales (en este caso, los profesores). La evaluación de las herramientas por parte de los usuarios incluye la recogida de sugerencias que podrán ser añadidas en las herramientas desarrolladas. La distribución de las herramientas ha ido acompañada de un cuestionario de evaluación que permita una nueva retroalimentación de estos usuarios finales externos.

Para la tercera fase se han desarrollado cuestionarios que fueron presentados a los estudiantes y en los que se les pedía su opinión subjetiva sobre el empleo de competiciones y sistemas de clasificación en el desarrollo de la asignatura de ICI. Con estos cuestionarios se ha conseguido medir el impacto de estas actividades en la motivación del alumno. Por otro lado, se ha estudiado el uso de estas técnicas como medio de evaluación del alumnado. Para ello, se ha estudiado la correlación existente entre la calidad de las técnicas de IA empleadas en la implementación de los jugadores inteligentes desarrollados por los estudiantes y la posición alcanzada de acuerdo a la competición con los otros estudiantes.



4. RECURSOS HUMANOS

Los recursos humanos utilizados en el proyecto fueron los que se indicaron en la solicitud:

- Juan Antonio Recio García (responsable)
- Belén Díaz Agudo (BDA)
- Guillermo Jiménez Díaz (GJD)
- Marta Caro Fernández (MCF)

5. DESARROLLO DE LAS ACTIVIDADES

Se han desarrollado todas las actividades definidas en la solicitud del proyecto, siguiendo el cronograma previsto y los distintos entregables comprometidos se adjuntan a continuación en forma de anexos.

Podemos concluir que se han conseguido alcanzar todos los objetivos del proyecto, siendo un gran éxito en cuanto a su repercusión tanto a nivel docente -en vista de la opinión de los estudiantes- como de su difusión al haberse realizado una competición internacional basada en la herramienta fruto del proyecto.

La herramienta se ha demostrado un artefacto muy útil y motivador para la enseñanza de contenidos de Inteligencia Artificial. Es por ello que, aunque no estuviera contemplado en este proyecto, ya se ha empezado a utilizar en otra asignatura del ámbito de la IA impartida en la Facultad de Informática: "Sistemas Inteligentes", del grado en Ingeniería de Computadores. Debido al éxito de las pruebas realizadas, también se ha solicitado un nuevo proyecto de Innovación Docente para el próximo curso que pretende evaluar su utilidad tanto en esta asignatura y como en la asignatura "Inteligencia Artificial I" impartida tanto al grado de Ingeniería Informática, como en el doble grado Informática-Matemáticas.

Como trabajo futuro inmediato, y siendo la única tarea pendiente de concluir, se está terminando la elaboración de un artículo que se pretende publicar en las Jornadas sobre la Enseñanza Universitaria de la Informática (JENUI), evento referente en España sobre metodologías docentes en Informática, organizadas por la Asociación de Enseñantes Universitarios de Informática (AENUI).

6. ANEXOS

6.1. Entregable E1

Herramienta de generación de competiciones automáticas tanto para la autoevaluación de los estudiantes de forma que puedan comprobar la eficiencia de su implementación antes de la entrega, como para realizar de forma parcial la evaluación de la práctica por parte de los docentes.

La herramienta desarrollada consiste en la automatización de las competiciones del juego "Ms Pac-Man Vs Ghosts" y la evaluación de su rendimiento. El objetivo del juego "Ms Pac-Man Vs Ghosts" es obtener la mayor puntuación posible comiendo todas las píldoras y píldoras de poder del laberinto (y así avanzar a la siguiente fase). Cada píldora alcanzada suma 10 puntos, y cada píldora de poder vale 50 puntos. Los cuatro fantasmas se oponen a la búsqueda de la Sra. Pac-Man: Blinky (rojo), Pinky (rosa), Inky (verde) y Sue (marrón). Al principio de cada nivel, los fantasmas comienzan en la guarida situada en el centro del laberinto y, tras un tiempo de inactividad, entran en el laberinto en su búsqueda de la Sra. Pac-Man. Su objetivo es comerse a la Sra. Pac-Man y cada vez que esto ocurre, se pierde una vida y la Sra. Pac-Man y los fantasmas vuelven a sus posiciones iniciales; el tiempo que pasan los fantasmas en la guarida disminuye a medida que el jugador avanza a niveles superiores.

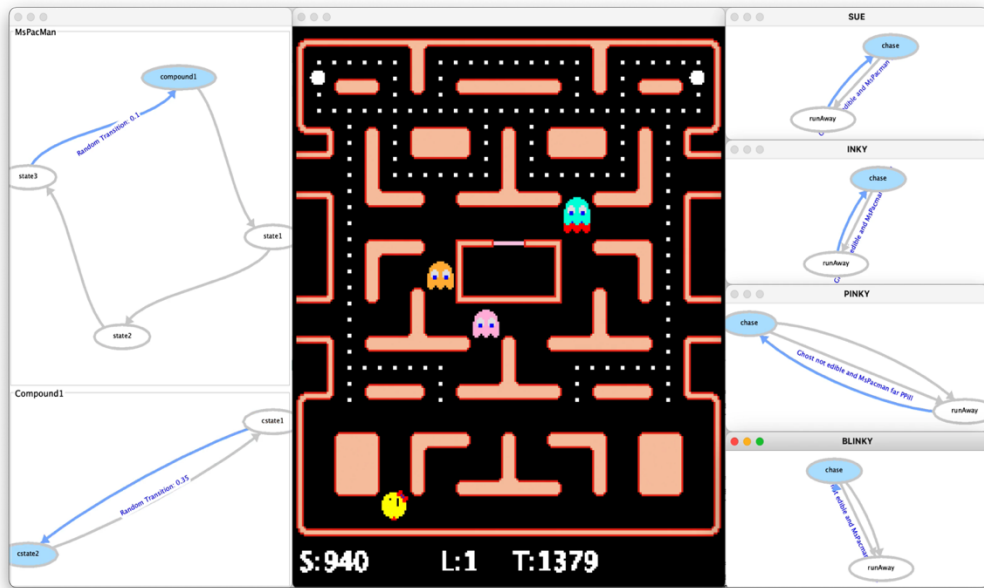
En cada uno de los cuatro laberintos hay cuatro píldoras de poder que, al ser ingeridas, invierten la dirección de los fantasmas y los vuelven azules; ahora se pueden comer para obtener puntos extra. La puntuación por comer cada fantasma después de haber consumido una píldora de poder comienza en 200 puntos y se duplica cada vez, para un total de $200+400+800+1600=3000$ puntos adicionales. Cualquier fantasma que haya sido consumido reaparece en la guarida y emerge poco después, persiguiendo de nuevo a la Sra. Pac-Man.

El entorno de simulación y de generación de competiciones se encuentra publicado en <https://gaia.fdi.ucm.es/research/mspacman/> y cuenta con las siguientes características:

- Ejecución con o sin interfaz gráfica.
- Ejecución con límite de tiempo por tick (40ms).
- Posibilidad de crear comportamiento tanto global como individual para los fantasmas.
- Al contrario que en el juego original tanto la Sra. PacMan como los fantasmas se mueven a la misma velocidad.
- Visibilidad parcial.
- Repetición de partidas.
- Generación de logs.
- Generación de estadísticas.
- Cuatro niveles distintos.

Para cumplir con los objetivos del proyecto, se han desarrollado distintas extensiones (también accesibles a través de la página web):

- **Implementación de máquinas de estados finitas jerárquicas** (Hierarchical Finite State Machines HFSM). Además, se incluye un mecanismo de visualización de dichas HFSM.



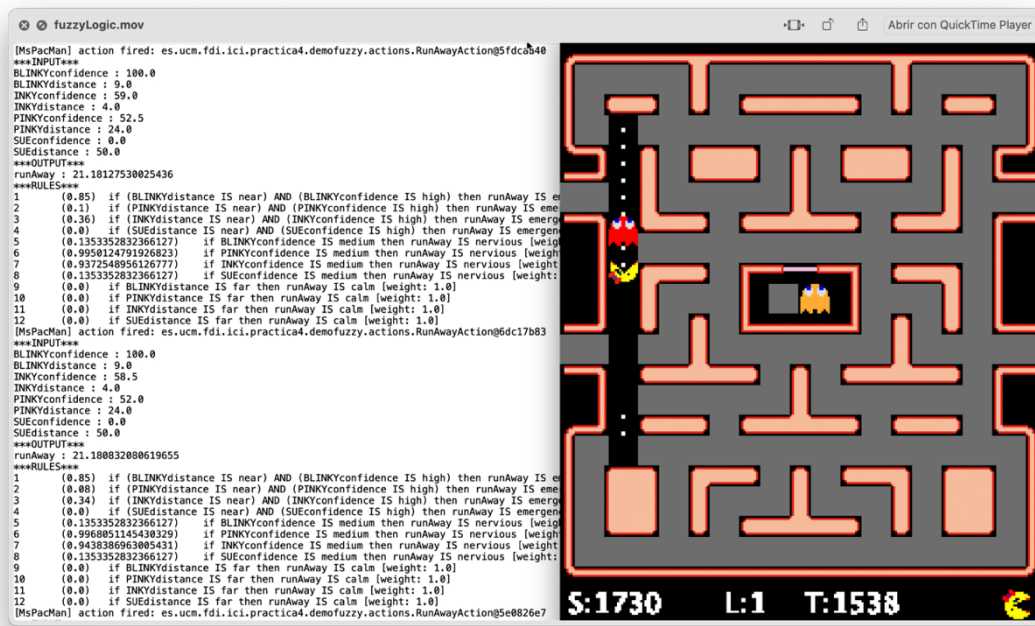
- Extensión para la implementación de comportamientos mediante **reglas lógicas** formalizadas con el lenguaje CLIPS y ejecutadas a través de la librería JESS. También se incluyen herramientas de visualización de las reglas disparadas y hechos asertados.

```

C:\RulesExample [Java Application] [Library\Java\JavaVirtualMachines\jdk1.8.0_111\jre\Contents\Home\bin\java (24 feb. 2021 20:06:13)
***** Rules for BLINKY *****
(MAIN::initial-fact)
(MAIN::BLINKY (edible true))
(MAIN::INKY (edible true))
(MAIN::PINKY (edible true))
(MAIN::SUE (edible true))
(MAIN::MSPACMAN (mindistancePPill 17))
(MAIN::ACTION (id BLINKYrunsAway) (info "MSPacMan cerca PPill"))
(MAIN::ACTION (id BLINKYrunsAway) (info "Comestible -> huir"))
[BLINKY] action fired: (MAIN::ACTION (id BLINKYrunsAway) (info "MSPacMan cerca PPill"))
***** Rules for BLINKY *****
(MAIN::initial-fact)
(MAIN::BLINKY (edible true))
(MAIN::INKY (edible true))
(MAIN::PINKY (edible true))
(MAIN::SUE (edible true))
(MAIN::MSPACMAN (mindistancePPill 16))
(MAIN::ACTION (id BLINKYrunsAway) (info "MSPacMan cerca PPill"))
(MAIN::ACTION (id BLINKYrunsAway) (info "Comestible -> huir"))
[BLINKY] action fired: (MAIN::ACTION (id BLINKYrunsAway) (info "MSPacMan cerca PPill"))
***** Rules for BLINKY *****
(MAIN::initial-fact)
(MAIN::BLINKY (edible true))
(MAIN::INKY (edible true))
(MAIN::PINKY (edible true))
(MAIN::SUE (edible true))
(MAIN::MSPACMAN (mindistancePPill 15))
(MAIN::ACTION (id BLINKYrunsAway) (info "MSPacMan cerca PPill"))
(MAIN::ACTION (id BLINKYrunsAway) (info "Comestible -> huir"))
[BLINKY] action fired: (MAIN::ACTION (id BLINKYrunsAway) (info "MSPacMan cerca PPill"))
***** Rules for BLINKY *****
(MAIN::initial-fact)
(MAIN::BLINKY (edible true))
(MAIN::INKY (edible true))
(MAIN::PINKY (edible true))
(MAIN::SUE (edible true))
(MAIN::MSPACMAN (mindistancePPill 14))
(MAIN::ACTION (id BLINKYrunsAway) (info "MSPacMan cerca PPill"))
(MAIN::ACTION (id BLINKYrunsAway) (info "Comestible -> huir"))
[BLINKY] action fired: (MAIN::ACTION (id BLINKYrunsAway) (info "MSPacMan cerca PPill"))
***** Rules for BLINKY *****
(MAIN::initial-fact)
(MAIN::BLINKY (edible true))
(MAIN::INKY (edible true))
(MAIN::PINKY (edible true))
(MAIN::SUE (edible true))
(MAIN::MSPACMAN (mindistancePPill 13))
(MAIN::ACTION (id BLINKYrunsAway) (info "MSPacMan cerca PPill"))
(MAIN::ACTION (id BLINKYrunsAway) (info "Comestible -> huir"))
[BLINKY] action fired: (MAIN::ACTION (id BLINKYrunsAway) (info "MSPacMan cerca PPill"))
***** Rules for BLINKY *****

```

- Extensión para la utilización de **reglas borrosas** mediante la librería JFuzzyLogic, incluyendo visualización de las reglas.



```

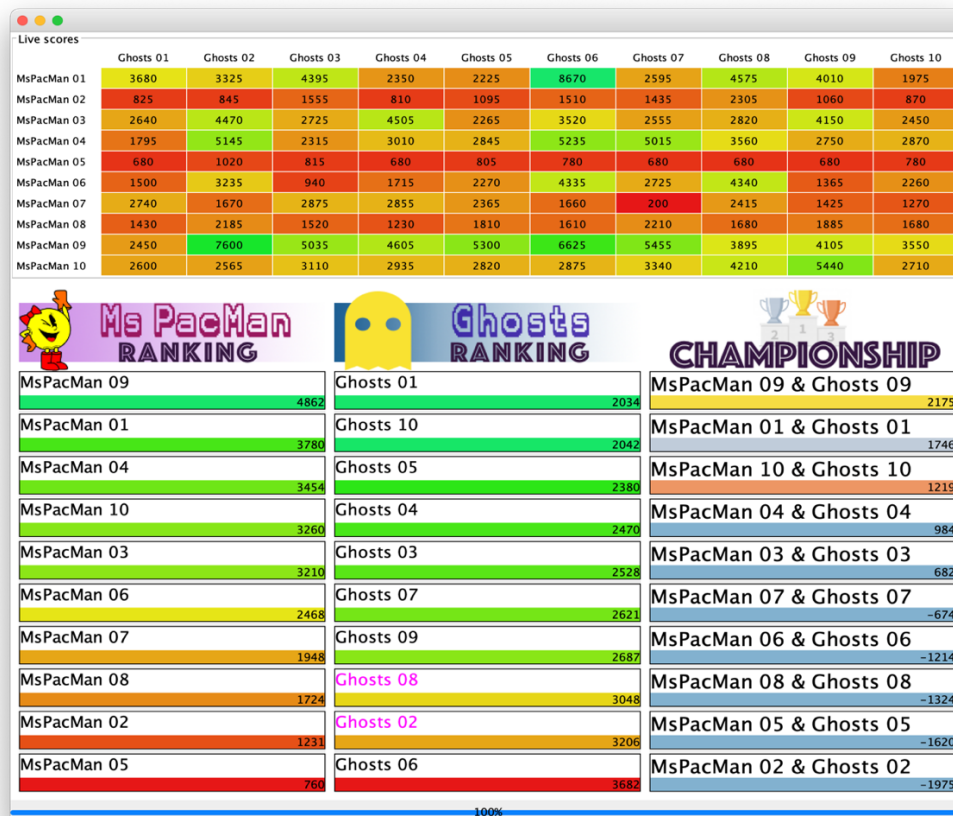
fuzzyLogic.mov
[MsPacMan] action fired: es.ucm.fdi.ici.practica4.demofuzzy.actions.RunAwayActiong5fcd3a40
***INPUT***
BLINKYconfidence : 100.0
BLINKYdistance : 0.0
INKYconfidence : 59.0
INKYdistance : 4.0
PINKYconfidence : 52.5
PINKYdistance : 24.0
SUEconfidence : 0.0
SUEdistance : 50.0
***OUTPUT***
runAway : 21.18127530825436
***RULES***
1 (0.85) if (BLINKYdistance IS near) AND (BLINKYconfidence IS high) then runAway IS calm [weight: 1.0]
2 (0.1) if (PINKYdistance IS near) AND (PINKYconfidence IS high) then runAway IS emergent [weight: 1.0]
3 (0.36) if (INKYdistance IS near) AND (INKYconfidence IS high) then runAway IS emergent [weight: 1.0]
4 (0.0) if (SUEdistance IS near) AND (SUEconfidence IS high) then runAway IS emergent [weight: 1.0]
5 (0.1353352832366127) if BLINKYconfidence IS medium then runAway IS nervous [weight: 1.0]
6 (0.9950124791926823) if PINKYconfidence IS medium then runAway IS nervous [weight: 1.0]
7 (0.9372548956126777) if INKYconfidence IS medium then runAway IS nervous [weight: 1.0]
8 (0.1353352832366127) if SUEconfidence IS medium then runAway IS nervous [weight: 1.0]
9 (0.0) if BLINKYdistance IS far then runAway IS calm [weight: 1.0]
10 (0.0) if PINKYdistance IS far then runAway IS calm [weight: 1.0]
11 (0.0) if INKYdistance IS far then runAway IS calm [weight: 1.0]
12 (0.0) if SUEdistance IS far then runAway IS calm [weight: 1.0]
[MsPacMan] action fired: es.ucm.fdi.ici.practica4.demofuzzy.actions.RunAwayActiong6dc17b83
***INPUT***
BLINKYconfidence : 100.0
BLINKYdistance : 9.0
INKYconfidence : 58.5
INKYdistance : 4.0
PINKYconfidence : 52.0
PINKYdistance : 24.0
SUEconfidence : 0.0
SUEdistance : 50.0
***OUTPUT***
runAway : 21.180832080619655
***RULES***
1 (0.85) if (BLINKYdistance IS near) AND (BLINKYconfidence IS high) then runAway IS calm [weight: 1.0]
2 (0.86) if (PINKYdistance IS near) AND (PINKYconfidence IS high) then runAway IS emergent [weight: 1.0]
3 (0.34) if (INKYdistance IS near) AND (INKYconfidence IS high) then runAway IS emergent [weight: 1.0]
4 (0.0) if (SUEdistance IS near) AND (SUEconfidence IS high) then runAway IS emergent [weight: 1.0]
5 (0.1353352832366127) if BLINKYconfidence IS medium then runAway IS nervous [weight: 1.0]
6 (0.9960851145430329) if PINKYconfidence IS medium then runAway IS nervous [weight: 1.0]
7 (0.9438386963805431) if INKYconfidence IS medium then runAway IS nervous [weight: 1.0]
8 (0.1353352832366127) if SUEconfidence IS medium then runAway IS nervous [weight: 1.0]
9 (0.0) if BLINKYdistance IS far then runAway IS calm [weight: 1.0]
10 (0.0) if PINKYdistance IS far then runAway IS calm [weight: 1.0]
11 (0.0) if INKYdistance IS far then runAway IS calm [weight: 1.0]
12 (0.0) if SUEdistance IS far then runAway IS calm [weight: 1.0]
[MsPacMan] action fired: es.ucm.fdi.ici.practica4.demofuzzy.actions.RunAwayActiong5e0826e7

```

- Extensión para la utilización de un sistema de **Razonamiento Basado en Casos** mediante la librería **jCOLIBRI**, en la que se implementan las cuatro fases de razonamiento: recuperación, adaptación, revisión y retención de casos.

Finalmente se ha desarrollado específicamente un entorno de simulación de campeonatos que permite realizar la evaluación de las prácticas de una forma atractiva para los estudiantes. En la competición, todos los controladores de la Sra. PacMan juegan contra todos los controladores de los fantasmas varias veces, calculándose la media de las puntuaciones obtenidas. El objetivo de un controlador de la Sra. Pac-Man es maximizar la puntuación del juego. Por el contrario, el objetivo de un controlador de equipo fantasma es minimizar la puntuación media obtenida contra él por los diferentes controladores de la Sra. Pac-Man. El equipo fantasma ganador será el que obtenga la menor puntuación media contra él.

La herramienta de simulación de la competición, mostrada en la siguiente Figura, reproduce sin interfaz gráfica varias partidas entre los distintos comportamientos implementados por los estudiantes, e incluye una visualización en vivo de las puntuaciones medias que se van obteniendo a través de un mapa de calor. Además, se actualiza dinámicamente un ranking con dichas puntuaciones (puntuación de la Sra. PacMan menos la puntuación de los fantasmas) para cada equipo de la competición. Esto hace que la evaluación de las prácticas tenga un componente de competición que genera gran interés por parte de los estudiantes.



Gracias a esta herramienta se permite la evaluación de los estudiantes, tal y como se detalla a continuación. Como se ha comentado, esta extensión realiza varias simulaciones de partidas del juego y calcula la puntuación media obtenida tanto por la Sra. Pac-Man como los fantasmas desarrollados por cada grupo. Así, la puntuación de cada grupo viene determinada positivamente por la puntuación de las partidas de su comportamiento para la Sra. Pac-Man, pero negativamente por la puntuación de las partidas de sus comportamientos para los fantasmas. Esta puntuación se barema de forma proporcional a todos los equipos participantes en una horquilla decidida por el profesor para cada práctica. Normalmente, dicha horquilla se fija en 4 puntos de los 10 con que se evalúa la práctica. De esta forma, el mejor equipo se lleva los 4 puntos y el resto de forma proporcional a su rendimiento en la competición. Los restantes puntos de la práctica, sobre 10, los asigna el profesor una vez realizada la corrección y evaluada la calidad del código.

La siguiente Figura muestra este esquema de evaluación, correspondiéndose con la información publicada a los alumnos para una de las prácticas. Como puede observarse se utiliza un mapa de calor para indicar el rendimiento tanto de los fantasmas como de la Sra. Pac-Man. Así para los comportamientos de la Sra. Pac-Man, la predominancia del color verde en la fila correspondiente indica un alto rendimiento. De forma opuesta, el color rojo en la columna de los fantasmas indica un alto rendimiento del comportamiento correspondiente ya que no permitieron que la Sra. Pac-Man oponente obtuviese una alta puntuación.

La nota final de la asignatura se calcula como la media ponderada de todas las notas obtenidas en las distintas prácticas. La ponderación se basa en la dificultad y trabajo necesario por cada práctica.



TRIALS = 200 Práctica 4 Puntos Máximos 3

	Ghosts1	Ghosts2	Ghosts3	Ghosts4	Ghosts5	Ghosts6	Ghosts7	Ghosts8	Ghosts9	Ghosts10	Media	% Nota	Puntos MsPacMan (sobre máximo)
PacMan1	3680	3325	4395	2350	2225	8670	2595	4575	4010	1975	3780.0	69.61%	2.09
PacMan2	825	845	1555	810	1095	1510	1435	2305	1060	870	1231.0	-2.00%	0.00
PacMan3	2640	4470	2725	4505	2265	3520	2555	2820	4150	2450	3210.0	53.59%	1.61
PacMan4	1795	5145	2315	3010	2845	5235	5015	3560	2750	2870	3454.0	60.45%	1.81
PacMan5	680	1020	815	680	805	780	680	680	680	780	760.0	-15.23%	0.00
PacMan6	1500	3235	940	1715	2270	4335	2725	4340	1365	2260	2468.5	32.77%	0.98
PacMan7	2740	1670	2875	2855	2365	1660	200	2415	1425	1270	1947.5	18.13%	0.54
PacMan8	1430	2185	1520	1230	1810	1610	2210	1680	1885	1680	1724.0	11.85%	0.36
PacMan9	2450	7600	5035	4605	5300	6625	5455	3895	4105	3550	4862.0	100.00%	3.00
PacMan10	2600	2565	3110	2935	2820	2875	3340	4210	5440	2710	3260.5	55.01%	1.65
Media	2034.0	3206.0	2528.5	2469.5	2380.0	3682.0	2621.0	3048.0	2687.0	2041.5	2604.1		
% Nota	100.00%	63.08%	84.42%	86.28%	89.10%	48.08%	81.51%	68.06%	79.43%	99.76%			
Puntos Ghosts (sobre máximo)	3.00	1.89	2.53	2.59	2.67	1.44	2.45	2.04	2.38	2.99			
Puntuación total (sobre máximo)	Grupo01	Grupo02	Grupo03	Grupo04	Grupo05	Grupo06	Grupo07	Grupo08	Grupo09	Grupo10			
	2.54	0.95	2.07	2.20	1.34	1.21	1.49	1.29	2.69	2.32			
Nota Práctica	7.00	5.00	3.00	3.50	4.00	4.50	4.50	7.00	4.00	6.50			
TOTAL	9.54	5.95	5.07	5.70	5.34	5.71	5.99	8.29	6.69	8.82			

6.2. Entregable E2

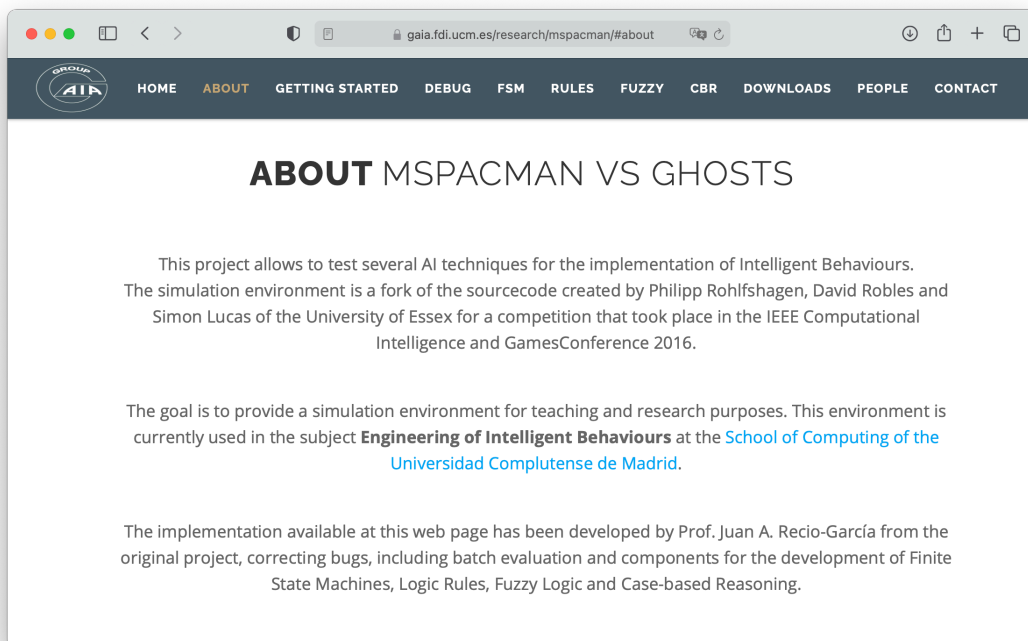
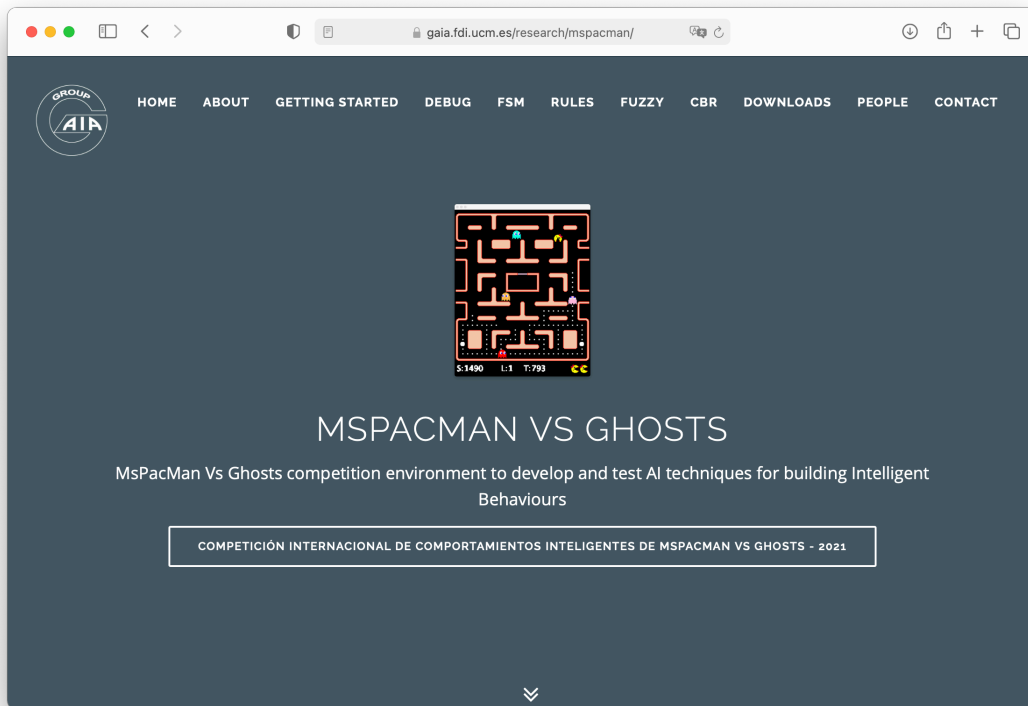
Repositorio web público para poner los comportamientos inteligentes desarrollados a disposición de futuros estudiantes y cualquier otra institución educativa que quiera utilizar la herramienta. Estos comportamientos no incluirán el código fuente para evitar los posibles plagios y solo podrán ejecutarse para que los estudiantes comparen sus implementaciones.

Otra de las tareas del proyecto consistía en desarrollar una página web que sirviera como repositorio público de los comportamientos inteligentes y resto de recursos. Para ello se ha creado la web:

<https://gaia.fdi.ucm.es/research/mspacman/>

Esta web se ha creado en inglés para maximizar la difusión de la herramienta. Además, **se han creado videos demostrando el funcionamiento de las distintas técnicas inteligentes**. En las capturas que se muestran a continuación pueden observarse los distintos apartados:

- **Home:** Inicio de la web
- **About:** Información general
- **Getting Started:** Tutorial paso-a-paso para empezar a utilizar el entorno
- **Debug:** Información para la depuración de los comportamientos.
- **FSM:** Información sobre la extensión para crear máquinas de estados finitas.
- **Rules:** Información sobre la extensión para utilizar sistemas de reglas.
- **Fuzzy:** Información sobre la extensión para utilizar sistemas de reglas difusas.
- **CBR:** Información sobre la extensión para utilizar sistemas de razonamiento basado en casos.
- **Downloads:** Área de descarga que incluye el software y los comportamientos inteligentes puestos a disposición de los estudiantes.
- **People:** Autores del proyecto.
- **Contact:** Formulario de contacto.



gaia.fdi.ucm.es/research/mspacman/#about

HOME ABOUT GETTING STARTED DEBUG FSM RULES FUZZY CBR DOWNLOADS PEOPLE CONTACT

GETTING STARTED

An introductory step-by-step tutorial of the environment can be [downloaded here \(in Spanish\)](#)

[This file](#) also contains a description of the methods in the Game class (in Spanish).

CREATE A PROJECT

1. **Download:** Download the **MsPacMan Engine** and unzip it in a convenient location on your computer.
2. **Create a Project:** Open Eclipse and create a new (empty) Java project.
3. **Copy downloaded files into the new project**
4. **Select project >> Right click >> Configure >> Convert to Maven Project** This should automatically install dependencies.

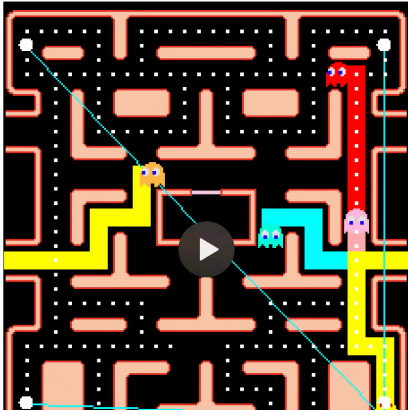
START CODING

1. To implement your behaviours, the **classes you need to extend** are:
 1. `pacman.controllers.PacmanController`
 2. `pacman.controllers.GhostController`These files extend `Controller.java`. You will need to provide code for the `getMove(Game game, long timeDue)` method.
2. The `getMove()` Method

gaia.fdi.ucm.es/research/mspacman/#Debug

HOME ABOUT GETTING STARTED DEBUG FSM RULES FUZZY CBR DOWNLOADS PEOPLE CONTACT

DEBUG

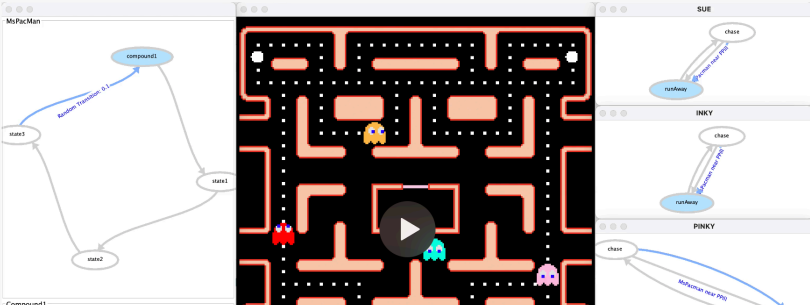


gaia.fdi.ucm.es/research/mspacman/#FSM

HOME ABOUT GETTING STARTED DEBUG **FSM** RULES FUZZY CBR DOWNLOADS PEOPLE CONTACT

FSM

The FSM extension allows to implement Hierarchical Finite State Machines to define the behaviour of the MsPacMan and the Ghosts. It includes a pluggable graphical interface to debug and inspect the FMSs.



The screenshot displays a graphical user interface for the FSM extension. It features a central maze game with Pac-Man and three ghosts (Sue, Inky, Pinky). Surrounding the maze are four state machine diagrams: 'MsPacMan' with states 'state1', 'state2', and 'compound1'; 'SUE' with a 'chase' state; 'INKY' with a 'chase' state; and 'PINKY' with a 'chase' state. A play button is overlaid on the maze.

gaia.fdi.ucm.es/research/mspacman/#Rules

HOME ABOUT GETTING STARTED DEBUG FSM **RULES** FUZZY CBR DOWNLOADS PEOPLE CONTACT


RULES

The extension allows to implement, by a CLIPS program, the behaviour of the MsPacMan and the Ghosts. It includes a pluggable graphical interface to inspect the facts, and example to debug rules.

```

[Cl-]RulesExample [Java Application] /Users/rodrigo/Development/Java/Projects/MS-1.8.0_111/jdk-Contents/Home/bin/javac [24 Feb. 2021 20:05:13]
(MAIN:PINKY (edible true))
(MAIN:SUE (edible true))
(MAIN:MSPACMAN (mindistancePP11 47))
(MAIN:ACTION (id BLINKYrunsAway) (info "Comestible -> huir"))
(BLINKY) action fired: (MAIN:ACTION (id BLINKYrunsAway) (info "Comestible -> huir"))
===== Rules for BLINKY =====
(MAIN:initial-fact)
(MAIN:BLINKY (edible true))
(MAIN:INKY (edible true))
(MAIN:PINKY (edible true))
(MAIN:SUE (edible true))
(MAIN:MSPACMAN (mindistancePP11 46))
(MAIN:ACTION (id BLINKYrunsAway) (info "Comestible -> huir"))
(BLINKY) action fired: (MAIN:ACTION (id BLINKYrunsAway) (info "Comestible -> huir"))
===== Rules for BLINKY =====
(MAIN:initial-fact)
(MAIN:BLINKY (edible true))
(MAIN:INKY (edible true))
(MAIN:PINKY (edible true))
(MAIN:SUE (edible true))
(MAIN:MSPACMAN (mindistancePP11 45))
(MAIN:ACTION (id BLINKYrunsAway) (info "Comestible -> huir"))
(BLINKY) action fired: (MAIN:ACTION (id BLINKYrunsAway) (info "Comestible -> huir"))
===== Rules for BLINKY =====
(MAIN:initial-fact)
(MAIN:BLINKY (edible true))
(MAIN:INKY (edible true))
(MAIN:PINKY (edible true))
(MAIN:SUE (edible true))
(MAIN:MSPACMAN (mindistancePP11 44))
(MAIN:ACTION (id BLINKYrunsAway) (info "Comestible -> huir"))
(BLINKY) action fired: (MAIN:ACTION (id BLINKYrunsAway) (info "Comestible -> huir"))
===== Rules for BLINKY =====

```



The screenshot shows the Rules interface. On the left, a text window displays the output of a CLIPS rule engine, including facts like '(MAIN:PINKY (edible true))' and rule firings such as '(BLINKY) action fired: (MAIN:ACTION (id BLINKYrunsAway) (info "Comestible -> huir"))'. On the right, a Pac-Man maze game is shown with a play button overlaid.

gaia.fdi.ucm.es/research/mspacman/#Fuzzy

HOME ABOUT GETTING STARTED DEBUG FSM RULES FUZZY CBR DOWNLOADS PEOPLE CONTACT

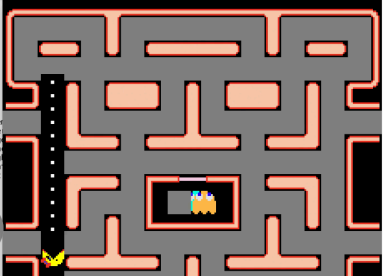
FUZZY LOGIC

The extension allows to implement fuzzy logic program to define the behaviour of the MsPacMan and the Ghosts with partial visibility. It includes a plugable graphical interface to inspect the input and output variables.

```

[MsPacMan] action fired: es.ucm.fdi.ici.practica4.demofuzzy.actions.RunWayAction6e177a7
===INPUT===
BLINKYconfidence : 0.0
BLINKYdistance : 32.0
INKYconfidence : 69.5
INKYdistance : 4.0
PINKYconfidence : 63.0
PINKYdistance : 24.0
SUEconfidence : 0.0
SUEdistance : 50.0
===OUTPUT===
runWay : 21.00046833936776
===RULES===
1 (0.0) if (BLINKYdistance IS near) AND (BLINKYconfidence IS high) then runWay IS e
2 (0.52) if (PINKYdistance IS near) AND (PINKYconfidence IS high) then runWay IS ene
3 (0.78) if (INKYdistance IS near) AND (INKYconfidence IS high) then runWay IS emerg
4 (0.0) if (SUEdistance IS near) AND (SUEconfidence IS high) then runWay IS emergen
5 (0.135352832366127) if BLINKYconfidence IS high then runWay IS nervous [weigh
6 (0.073541185978502) if PINKYconfidence IS medium then runWay IS nervous [weigh
7 (0.137133098133346) if INKYconfidence IS medium then runWay IS nervous [weigh
8 (0.135352832366127) if SUEconfidence IS medium then runWay IS nervous [weigh
9 (0.0) if BLINKYdistance IS far then runWay IS calm [weight: 1.0]
10 (0.0) if PINKYdistance IS far then runWay IS calm [weight: 1.0]
11 (0.0) if INKYdistance IS far then runWay IS calm [weight: 1.0]
12 (0.0) if SUEdistance IS far then runWay IS calm [weight: 1.0]
[MsPacMan] action fired: es.ucm.fdi.ici.practica4.demofuzzy.actions.RunWayAction
===INPUT===
BLINKYconfidence : 0.0
BLINKYdistance : 32.0
INKYconfidence : 69.0
INKYdistance : 4.0

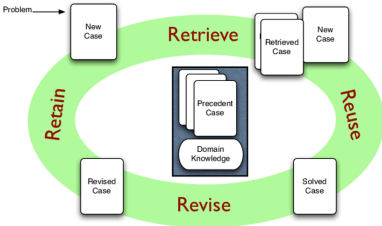
```



gaia.fdi.ucm.es/research/mspacman/#CBR

HOME ABOUT GETTING STARTED DEBUG FSM RULES FUZZY CBR DOWNLOADS PEOPLE CONTACT

CASE-BASED REASONING



The extension allows to implement Case-based reasoning (CBR) to define the behaviour of the MsPacMan and the Ghosts.

- Input** . Abstract class to encapsulate the input variables contemplated for the state of the game. Subclasses must implement the abstract method `parseInput()` in which one must to configure/set the values of variables of description of the case. The data should prepare the input variables of the .clp file, the objects `templates` with attributes `sLot` . It should have the same variables which are defined in the correspond Description class and it must be set in the the `CBRQuery` that returns in method `getQuery()` .
- CachedLinearCaseBase** . It can be find the cbr cases cached which improve the management efficient of getting the cases. There are 3 different sets of cases: the working cases which are the ones applied in this game, the original cases which are the

gaia.fdi.ucm.es/research/mspacman/#Downloads

HOME ABOUT GETTING STARTED DEBUG FSM RULES FUZZY CBR **DOWNLOADS** PEOPLE CONTACT

DOWNLOADS


Here you can find the downloads of MsPacMan Vs Ghosts:

MsPacMan Engine	Basic engine including evaluation classes and adaptors to implement controllers	MsPacManEngine_2.2.zip
FSM library	Compiled jar library to implement FSMs	PacManEngineFSM.jar
FSM source code	Source code of the FSM library for debugging	PacManEngineFSM-src.zip
FSM Documentation (JavaDoc)	Javadoc documentation of the FSM implementation	PacManEngineFSM-doc.zip
FSM Graph observer	Graphical observer for the FSM library. Includes dependencies	PacManEngineFSM-doc.zip
FSM Example	Simple example that shows how to use the FSM library	FSMExample.zip
Training Teams 19-20: Algorithmic implementation	Teams developed by students in 2019-20 using an algorithmic implementation. These teams can be used to train your behaviours	ici.c1920.practica1.jar
Training Teams 20-21: Algorithmic implementation	Teams developed by students in 2020-21 using an algorithmic implementation. These teams can be used to train your behaviours	ici.c2021.practica1.jar
Training Teams 20-21: FSM implementation	Teams developed by students in 2020-21 using Finite State Machines. These teams can be used to train your behaviours	ici.c2021.practica2.jar


gaia.fdi.ucm.es/research/mspacman/#people

HOME ABOUT GETTING STARTED DEBUG FSM RULES FUZZY CBR DOWNLOADS **PEOPLE** CONTACT


PEOPLE IN MSPACMAN VS GHOSTS




JUAN A. RECIO GARCÍA



GUILLE尔MO JIMÉNEZ DÍAZ



MARTA CARO-MARTÍNEZ



BELÉN DÍAZ AGUDO



gaia.fdi.ucm.es/research/mspacman/#contact

HOME ABOUT GETTING STARTED DEBUG FSM RULES FUZZY CBR DOWNLOADS PEOPLE CONTACT

CONTACT WITH CONTACT





Your name

Your email

Subject

Your message

SEND

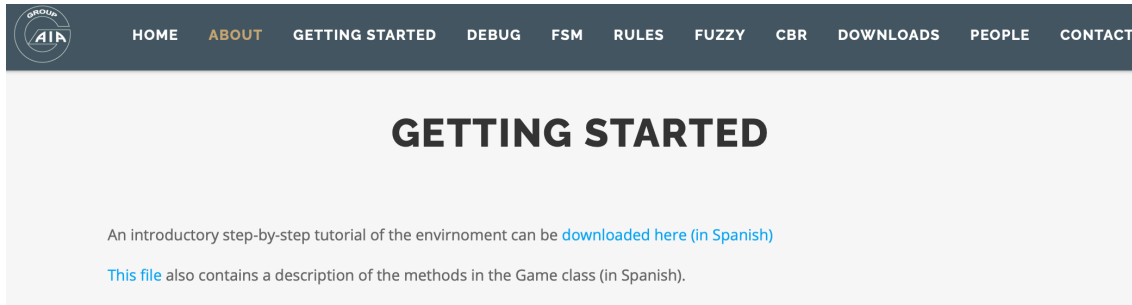
  GOBIERNO DE ESPAÑA  MINISTERIO DE ECONOMÍA Y COMPETITIVIDAD  UNIVERSIDAD COMPLUTENSE MADRID

© 2021 GAIA

6.3. Entregable E3

Documentación de usuario para la utilización de las herramientas desarrolladas en E1 y E2.

Dada su extensión y carácter técnico, estos documentos no se incluyen en la presente memoria y pueden accederse a través de la página web del proyecto.



Como se indicaba en la propuesta del proyecto, se ha desarrollado un completo tutorial del entorno (en español) que puede encontrarse en la página web:

<https://gaia.fdi.ucm.es/research/mspacman/files/tutorial.pdf>

Además, se ha realizado una descripción completa del API de programación que los estudiantes deben utilizar, disponible también en la página web:

<https://gaia.fdi.ucm.es/research/mspacman/files/game.pdf>

6.4. Entregable E4

Informe sobre los resultados de la evaluación del uso de los sistemas de competición en la asignatura de ICI.

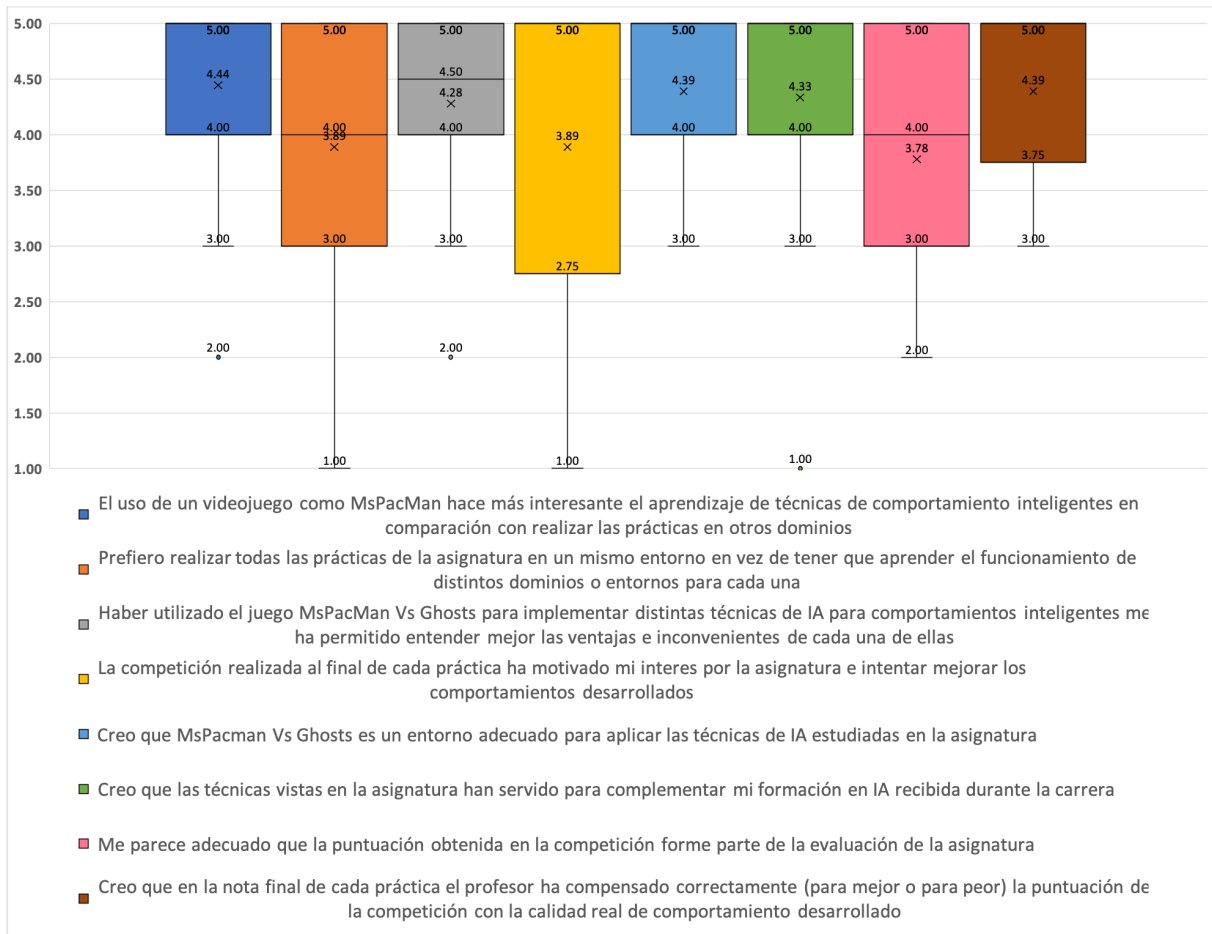
De acuerdo a lo definido en el proyecto, se ha diseñado una encuesta que, enmarcada dentro del proyecto de innovación docente ha permitido conocer en profundidad la opinión de los estudiantes de la asignatura.

Esta encuesta fue definida en base las distintas premisas de la metodología docente que se presentan en esta memoria, definiéndose las siguientes preguntas:

1. El uso de un videojuego como MsPacMan hace más interesante el aprendizaje de técnicas de comportamiento inteligentes en comparación con realizar las prácticas en otros dominios.
2. Prefiero realizar todas las prácticas de la asignatura en un mismo entorno en vez de tener que aprender el funcionamiento de distintos dominios o entornos para cada una.
3. Haber utilizado el juego MsPacMan Vs Ghosts para implementar distintas técnicas de IA para comportamientos inteligentes me ha permitido entender mejor las ventajas e inconvenientes de cada una de ellas.
4. La competición realizada al final de cada práctica ha motivado mi interés por la asignatura e intentar mejorar los comportamientos desarrollados.
5. Creo que MsPacman Vs Ghosts es un entorno adecuado para aplicar las técnicas de IA estudiadas en la asignatura.
6. Creo que las técnicas vistas en la asignatura han servido para complementar mi formación en IA recibida durante la carrera.
7. Me parece adecuado que la puntuación obtenida en la competición forme parte de la evaluación de la asignatura.
8. Creo que en la nota final de cada práctica el profesor ha compensado correctamente (para mejor o para peor) la puntuación de la competición con la calidad real de comportamiento desarrollado.

Las respuestas se realizaban mediante una escala Likert [1 totalmente en desacuerdo - 5 totalmente de acuerdo]. El análisis de las respuestas obtenidas (n=18) se refleja en la siguiente figura, siendo los resultados muy positivos en la gran mayoría de las preguntas, lo que nos sirve de indicador de la validez de la metodología docente presentada en este trabajo.

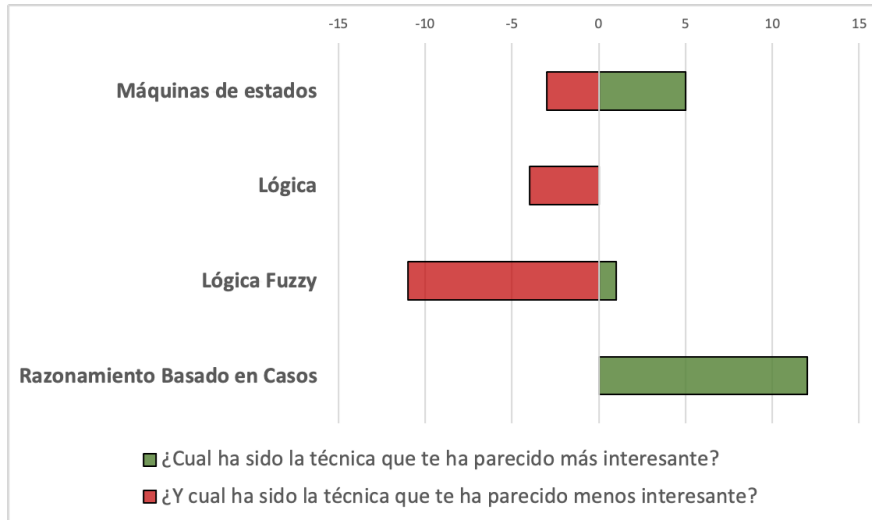
Sin embargo, esta encuesta también pone de manifiesto un hecho detectado durante la impartición de las asignaturas: aquellos estudiantes que no se tomaron en serio las primeras prácticas quedaron "desenganchados" de la asignatura, al tener un carácter incremental. Por ello sus comportamientos no obtuvieron buenos resultados en la competición, lo que provocó que: (1) hubiesen preferido cambiar de dominio de prácticas para empezar de cero respecto a otros compañeros, (2) la competición no les resulta motivante ya que quedan en las últimas posiciones, y (3) no les parece tan apropiado que la posición en la competición tenga su reflejo en la nota. Este hecho debe tenerse en cuenta para insistir en las próximas ediciones del curso e intentar motivar a los estudiantes (minoritarios, por otra parte) para esforzarse al inicio de la asignatura.



La encuesta también se utilizó para evaluar los contenidos de la asignatura. Para ello se añadieron dos últimas preguntas donde se solicitaba la opinión de los estudiantes respecto a su preferencia por las técnicas estudiadas:

1. ¿Cual ha sido la técnica que te ha parecido más interesante?
2. ¿Y cual ha sido la técnica que te ha parecido menos interesante?

Los resultados, reflejan que la técnica de reglas borrosas, quizás debido a su complejidad conceptual, es la menos preferida por los estudiantes. Por otro lado, la técnica de razonamiento basado en casos es la más interesante de acuerdo su parecer. La causa más posible es que sea la técnica más avanzada de todas.



6.5. Entregable E5

Informe sobre el impacto y difusión de la herramienta.

Con el objetivo de promover la motivación de los estudiantes y la difusión de la herramienta, se ha organizado la "Competición Internacional de Comportamientos Inteligentes de MsPacMan Vs. Ghost - 2021". Esta competición se celebró una vez terminada la asignatura, invitando a ella estudiantes del Instituto Tecnológico de Mérida (ITM) en México, pertenecientes al capítulo estudiantil AAAI-MX de la Association for the Advancement of the Artificial Intelligence.

Como preparación de la competición tanto el profesor como los estudiantes de la asignatura, impartimos pequeños tutoriales sobre el entorno de simulación que estábamos utilizando en ICI a los estudiantes del ITM. Esto promovió la creación de lazos entre los estudiantes de ambas instituciones.

Las reglas y datos de la competición se publicaron en una web diseñada a tal efecto: <https://gaia.fdi.ucm.es/research/mspacman/competicion/>



El evento fue promocionado a través distintas redes sociales tanto en España como en México.



The poster features a dark blue background with a faint grid pattern. At the top left is the AAAiMX logo, at the top center is the Bosch logo, and at the top right is the Universidad Complutense Madrid logo. The main title is 'COMPETICIÓN INTERNACIONAL DE Comportamientos Inteligentes en MsPacman vs Ghosts.' with a yellow Pacman character on the left and a pink ghost on the right. Below the title is the date '24 de marzo de 2021'. In the center is a golden trophy. To the left of the trophy are two time slots: '12:00 (UTC-6)' with a Mexican flag and '19:00 (UTC+1)' with a Spanish flag. To the right of the trophy is a QR code with the text 'SCAN ME' below it. At the bottom right are three small ghost icons (red, pink, and blue). At the bottom center is the URL 'https://gaia.fdi.ucm.es/research/mspacman/competicion/'.

AAAiMX
INTERNATIONAL STUDENT CHAPTER

BOSCH

UNIVERSIDAD
COMPLUTENSE
MADRID

COMPETICIÓN
INTERNACIONAL DE
Comportamientos
Inteligentes en
MsPacman vs Ghosts.

24 de marzo de 2021

12:00 (UTC-6)

19:00 (UTC+1)

SCAN ME

<https://gaia.fdi.ucm.es/research/mspacman/competicion/>

La competición tuvo lugar el 24 de marzo de 2020, enmarcada en las actividades de la **Semana de la Informática organizadas por la Facultad de Informática**. Participaron 3 equipos de la UCM y otro más del ITM. Sorprendentemente, cada equipo utilizó una técnica distinta para la implementación de los comportamientos. La competición celebrada por videoconferencia tuvo mucha afluencia de estudiantes y resultó muy reñida entre uno de los equipos de la UCM (finalmente ganador) y el de los estudiantes del ITM. Los comentarios posteriores de los estudiantes pusieron de manifiesto lo positivo de la actividad respecto a su motivación y generación de redes entre ambas instituciones.