

INTELIGENCIA ARTIFICIAL EN VIDEOJUEGOS

Matos Odut, Javier
(javiermatos@alu.uma.es)

Resumen

La Inteligencia Artificial – a partir de ahora IA – es un concepto esquivo y trascendental que toma parte en todo el proceso de desarrollo de un videojuego. Actualmente la IA está alterando la forma en que nos relacionamos con los videojuegos y se está posicionando como el elemento principal capaz de hacer disfrutar al jugador de la experiencia definitiva.

La primera parte del trabajo introduce el concepto de IA en videojuegos a partir de preguntas básicas tales como qué es la IA en videojuegos y qué es considerado IA en videojuegos. Seguidamente se menciona qué tipos de IA hay en los videojuegos. Luego se proponen una serie de definiciones de la IA aplicada a videojuegos. La segunda parte se centra en aspectos del desarrollo de IA en videojuegos como el diseño de la arquitectura, las metas del programador de IA y algunas consideraciones adicionales para facilitar la etapa de desarrollo. La tercera parte es un resumen de la historia de la IA en videojuegos desde su aparición hasta el presente y revela las tendencias futuras en este campo. La siguiente parte de este trabajo consistirá en presentar los problemas típicos a los que la IA da solución en los videojuegos. Por último se enumerarán algunas de las técnicas mediante las cuales la IA es capaz de alcanzar la solución a los problemas que enfrenta.

Palabras clave: Inteligencia Artificial, videojuegos.

¿Qué es la Inteligencia Artificial en videojuegos?

La Inteligencia Artificial (a partir de ahora IA) en videojuegos irrumpe en forma de agentes no controlados por el jugador como pueden ser los adversarios, los personajes neutrales o los conjuntos de personajes actuando de forma cooperativa. Lo que hace que estos elementos sean IA son la exhibición de un tipo de *comportamiento* basado en la observación, la captación de información mediante *sentidos*, el *pensamiento* manifiesto mediante la toma de decisiones inteligentes, el aprendizaje, la adaptación y la *actuación* por medio de la manipulación de objetos o del cuerpo del agente.

En la actualidad la IA en videojuegos desempeña otras funciones sirviendo de soporte en la fase de desarrollo de los diferentes elementos del videojuego. También interviene durante la posproducción personalizando las características del videojuego para hacerlas acordes a las pretensiones del jugador y mejorar la experiencia.

¿Qué es considerado IA en videojuegos?

El comportamiento inteligente de los agentes en un videojuego es IA pero ¿a partir de qué momento

la programación de procesos y funciones torna en IA?, ¿cuál es el bloque de código mínimo capaz de aportar un comportamiento inteligente?, ¿dónde reside la IA en los videojuegos? Esta clase de preguntas tan básicas y a la vez fundamentales son consecuencia de aplicar un campo como la IA al mundo de los videojuegos. A continuación sugerimos una serie de situaciones con la intención de ilustrar la complejidad a la que nos referimos con la IA en videojuegos.

Durante el proceso de animación de los objetos del videojuego los personajes no humanos (Non Player Character o NPC) deberán mostrar animaciones acordes con las acciones que están realizando, ¿es IA la elección de tales animaciones si están basadas en: el estado del oponente, la velocidad de movimiento o algún factor aleatorio?

Los movimientos complejos realizados por los personajes no humanos ¿pueden ser considerados IA?, ¿pueden ser considerados IA los movimientos simples constituyentes de los complejos?, ¿es IA el cálculo de ruta que realizan los NPCs para moverse por el terreno?

La percepción visual que manifiestan los personajes no humanos ¿es signo de IA?, si la respuesta es afirmativa, ¿es IA un test de visión?, ¿no es esto parte del motor gráfico? Más aun, si al “vernos” el personaje no humano huye dado su poco nivel de salud, ¿se puede decir que su acción sea inteligente aun cuando puede ser fruto de una simple instrucción “if”?

Durante la fase de desarrollo de un juego se pueden utilizar métodos automáticos para la generación de mapas y niveles. Es posible crear ciudades virtuales usando esta clase de herramientas. En este caso las preguntas son: ¿denota inteligencia el creador del mapa del videojuego?, ¿y si el proceso de generación se basara en el resultado de la sucesiva tirada de una moneda?

Intentar clasificar las acciones de un personaje no humano entre aquellas inteligentes y aquellas otras carentes de toda inteligencia es una cuestión difícil debido a la falta de consenso que existe respecto a la frontera entre ambas.

Definición de IA en el contexto de los videojuegos

Actualmente la IA aplicada a los videojuegos no se limita a imprimir un comportamiento inteligente en los agentes no controlados por el jugador sino que además está alterando la forma en que se crean y se entienden los videojuegos asistiendo a los desarrolladores en los procesos de creación de niveles, escenarios y personajes. Es necesario redefinir la IA en el contexto de los videojuegos para capturar todos los procesos en que interviene y reflejar su importancia. Una definición posible podría ser la siguiente:

La IA en videojuegos es cualquier técnica que contribuya a que el jugador perciba inteligencia en una entidad con indiferencia de lo que haya por debajo.

Aunque también debería considerarse la siguiente extensión:

La IA en videojuegos también puede incluir las técnicas que generan artefactos que normalmente serían creados por los desarrolladores: el entorno, la música, los modelos, las animaciones, las texturas, la línea de historia.

Tipos de IA en videojuegos

Para responder a las diferentes necesidades existen diferentes tipos de IA. Cada una tiene un propósito y se complementan mediante la interacción para poder ofrecer una experiencia más rica

en matices:

La **IA orientada al combate** es parte de los juegos de combate en tiempo real. Al principio mostraban un comportamiento muy simple y se limitaban a ir en busca del jugador mientras disparaban. El auge de esta clase de juegos ha hecho que se dedicaran muchos esfuerzos para conseguir oponentes más notables. En la actualidad la IA orientada al combate llega al extremo de hacer uso de tácticas militares y utilizar el terreno de forma estratégica para oponer resistencia al jugador. También se ha logrado cierto trabajo en equipo a partir del comportamiento emergente que muestran los personajes no humanos. Se ha incluido un sistema de percepción rico en sentidos para mejorar la interacción de los oponentes y se ha empezado a imitar una especie de instinto de supervivencia que atribuye comportamiento humano a los personajes no humanos.

La **IA no orientada al combate** constituye en su mayoría los personajes neutrales de los videojuegos con los que se interacciona durante el transcurso de la historia de la partida pero que tienen un papel secundario. La interacción con estos personajes es bastante limitada.

La **IA de control** sirve para sustituir a operadores humanos en tareas de control en juegos. Su función es la de velar por la correcta utilización del videojuego por parte de los jugadores – véanse por ejemplo los juegos multijugador en red –.

La **IA analítica** tiene por propósito mejorar la experiencia del jugador adaptando los sucesos y detalles del videojuego respecto a la manera de juego del usuario. Puede crear tensión emocional a partir de efectos visuales y sonoros: limitar el rango de visión cuando nuestro personaje tenga un nivel de salud bajo, reproducir sonidos fuertes en situaciones de tensión, posicionar enemigos en puntos clave, Un ejemplo de este tipo de IA lo ofrece el juego Left 4 Dead con la tecnología *AI Director*.

La **IA orientada a la eficiencia** que intenta ser poco costosa en términos computacionales. Su utilización requiere del análisis sobre las características del comportamiento del jugador para poder reducir el dominio del problema y ser más eficiente. De esta manera podemos reducir los recursos consumidos por la IA y dedicarlos a otros aspectos.

Arquitectura de la IA en videojuegos

Un videojuego es un componente software con diferentes módulos más o menos independientes que interactúan entre sí: motor gráfico, sistema de cálculo de rutas, sistema de audio, sistema de interacción hombre-máquina, Si bien estos elementos software están bien definidos y presentan un mínimo de acoplamiento entre ellos el resultado se complica si introducimos la IA (Figura 1). Cuando hicimos la pregunta sobre “qué es considerado IA en videojuegos” vimos que además de ser un concepto difícil de definir también era complicado encontrar la frontera entre lo que era IA y lo que no era IA. Esta complejidad se traslada hacia la arquitectura del videojuego: ahora los diferentes componentes software presentarán acoplamiento y falta de cohesión.

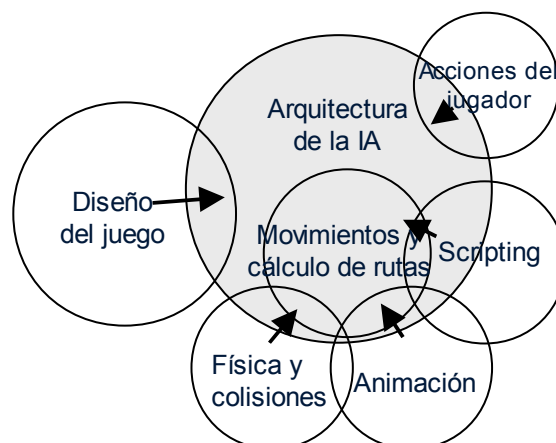


Figura 1: Arquitectura de la IA en videojuegos

Metas del programador de IA en videojuegos

Las metas del programador de IA para videojuegos son crear una IA inteligente – pero deliberadamente imperfecta –, que tenga un buen comportamiento respecto a las restricciones y que sea configurable por los diseñadores o los jugadores. La implementación de la IA influye en el diseño del juego. No se necesita una IA de propósito general sino que puede ser dependiente del contexto según el género de videojuego que se esté desarrollando – existe especialización dentro de la IA –. La clave está en reducir el dominio hasta que sea tratable.

Los esfuerzos dedicados en la IA se ven justificados al ser esta la responsable última de introducir al jugador en el universo recreado por el videojuego. Otorga al jugador los grados de libertad que desea mediante múltiples alternativas de juego pues a fin de cuentas un videojuego trata sobre la historia del jugador y no sobre la historia del escritor o guionista del juego.

Consideraciones adicionales

La IA precisa de muchas técnicas diferentes. Podemos hacer IA versátiles sólo mediante el uso de diferentes tipos de representaciones en el mismo sistema: ningún método funciona bien para todos los problemas.

Existen diferentes géneros de videojuegos y por tanto será necesario atender a las necesidades de cada género. Se ha producido una especialización en la IA utilizando las técnicas más efectivas según el problema que se trate. El proceso de especialización y la complejidad de la generalidad en la IA justifica la dificultad de desarrollar *middleware* para IA.

Historia de la IA en videojuegos

La mejor manera de acercarse al futuro de la IA en videojuegos consiste en analizar la historia de este campo para descubrir los problemas que se han superado y las tendencias que han marcado las diferentes épocas. Analizaremos algunos juegos comentando la novedad que introdujeron. A través de estos ejemplos podremos conocer las grandes cuestiones que se tratarán en el futuro de la IA aplicada a los videojuegos.

Pasado

Los primeros videojuegos como Spacewar!, Pong y Gotya enfrentaban a jugadores entre sí. Los juegos que introdujeron modo single player con enemigos aparecieron en la década de 1970: Qwak, Pursuit, Hunt the Wumpus, Star Trek, Space Invaders y Galaxian. La incorporación de microprocesadores permitiría enemigos con comportamientos más complejos.

Presentamos a continuación una lista con diez juegos que han sido muy influyentes en la IA en videojuegos. Estos juegos han sabido utilizar la IA de manera innovadora logrando un éxito notable. Lo destacable de estos videojuegos es que han conseguido integrar las técnicas más vanguardistas de IA en beneficio del entretenimiento y disfrute del jugador.

Sim City

SimCity (Figura 2) es una serie de videojuegos de construcción de ciudades desarrollada y publicada por Maxis. Su primera versión apareció en el año 1989. La temática de los juegos de la saga se enfoca en la creación, gestión y evolución de ciudades.

Aspectos destacables de la IA en el videojuego:

- Fue el primero de la serie “Sim”; Sim City fue pionero en una nueva forma de juego: el control de simulaciones complejas.
- Cada elemento de la ciudad está modelado de forma realista y usa IA si es necesario (en particular en las versiones más recientes del juego).
- Las propiedades emergentes del sistema están perfectamente equilibradas para mantener al jugador entretenido.

Half-Life

Half-Life (Figura 3) es un videojuego de acción en primera persona desarrollado por Valve Software y publicado en el año 1998. Half Life, o llamado comúnmente HL fue aclamado por la sofisticación de la Inteligencia Artificial (IA).

Aspectos destacables de la IA en el videojuego:

- Los cortes de escena son totalmente interactivos. Se utiliza una combinación de scripting e IA para evitar la interrupción del juego.
- Un guardia basado en IA acompaña al jugador durante el transcurso de algunos niveles.
- La IA de los pelotones se usa de forma efectiva por primera vez.
- A pesar de no utilizar ninguna tecnología revolucionaria, la IA está muy bien configurada y se integra bien en el videojuego.



Figura 2: Ejemplo de ciudad en Sim City



Figura 3: Guardia de Half-Life

Total War

Total War (Figura 4) es una saga de videojuegos que apareció en el año 2000 y fue desarrollada por The Creative Assembly. La dinámica de estos videojuegos consiste en combinar estrategia por turnos y tácticas de batalla en tiempo real.

Aspectos destacables de la IA en el videojuego:

- Miles de soldados controlados por IA dan lugar a un juego divertido e interactivo. Todos estos resultados se logran sin problemas aparentes de rendimiento.
- Modelado del estado de ánimo de las tropas para simular de forma más precisa los combates.
- El motor de Total War se utiliza en televisión en el canal de historia para recrear las batallas.

Thief

Thief: The Dark Project (Figura 5) es un videojuego de intrusión y sigilo en primera persona desarrollado por Looking Glass Studios y publicado en 1998. Se asume el papel de Garrett, un ladrón experto que intenta realizar sus atracos de forma discreta. Está basado en la evasión del jugador más que en su confrontación con los personajes no humanos.

Aspectos destacables de la IA en el videojuego:

- Modelo sensorial preciso que permite a las IA responder a la luz o los ruidos – los guardias son capaces de vernos y escucharnos –.
- La IA tiene un comportamiento muy sofisticado al permitir a los guardias seguir pistas, sospechar, buscar intrusos, luchar y perseguir.
- Diálogos en tiempo real para informar al jugador de lo que está sucediendo.



Figura 4: Batalla entre tropas en Total War



Figura 5: Fortaleza en Thief

The Sims

The Sims (Figura 6) es un videojuego de estrategia y simulación social, creado por la desarrolladora Maxis y publicado en el año 2000. La finalidad del jugador consiste en construir una casa y guiar a los “Sims” en sus experiencias diarias.

Aspectos destacables de la IA en el videojuego:

- Objetos inteligentes que indican cómo tiene que interactuar con él cada personaje. Esta perspectiva permite una gran escalabilidad frente a otros modelos lógicos centralizados.
- Los Sims tienen deseos que condicionan sus elecciones.
- Se modela la interacción emocional entre personajes que les permite tener relaciones.

Creatures

Creatures (Figura 7) es una serie creada en 1996 por Millennium Interactive que se basa en un simulador de vida artificial. Es uno de los únicos juegos hasta día de hoy en incorporar técnicas de aprendizaje de máquinas. La finalidad del juego consiste en interactuar con unos seres virtuales con la capacidad de aprender a partir de sus experiencias con el mundo en el que se desenvuelven.

Aspectos destacables de la IA en el videojuego:

- Incorpora técnicas de aprendizaje en máquinas gracias a un sistema de redes neuronales. El adiestramiento de las criaturas se realiza por medio de premios o castigos en forma de caricias o golpes respectivamente.
- La reproducción de estas criaturas se basa en principios genéticos y evolutivos. Se modeló un sistema genético para permitir que las características pasaran de los progenitores a los hijos. El sistema de cruces se consigue por medio de un algoritmo genético.



Figura 6: Personajes interactuando en The Sims



Figura 7: Criatura interactuando con su entorno

Halo

Halo: Combat Evolved (Figura 8) (comunmente conocido como Halo) es un videojuego de acción en primera persona desarrollado por Bungie Studios y publicado en el 2001. El jugador asume el papel de Master Chief y lucha contra diferentes tipos de aliens tanto a pie como sobre vehículos.

Aspectos destacables de la IA en el videojuego:

- Inteligencia de combate de enemigos muy buena: los enemigos se cubren y emplean de forma sorpresiva los disparos y las granadas.
- La situación del pelotón afecta a los individuos por lo que ciertos enemigos huyen cuando muere su lider.
- Introduce la técnica del árbol de comportamientos que se hace muy popular en la industria de los videojuegos a partir de Halo 2.

Faade

Faade fue desarrollado por Procedural Arts y publicado en el 2005. Nuestro cometido en el juego consiste en interactuar con Grace y Tip, que son una pareja, en una historia interactiva. El personaje que encarnamos es moldeado a partir de nuestras elecciones durante la partida.

Aspectos destacables de la IA en el videojuego:

- El jugador interacciona con los personajes del juego introduciendo texto en lenguaje natural.
- Cualquier tipo de diálogo est permitido con los personajes de Grace y Tip. Hay un potente analizador semántico que procesa las oraciones introducidas en el juego.
- Se determina la dinámica de la historia y el comportamiento de los personajes a través del lenguaje.
- Los rostros de Grace y Tip son capaces de expresar las sensaciones que tienen ante las situaciones en que se les sume a causa del diálogo.



Figura 8: Enfrentamiento entre soldados

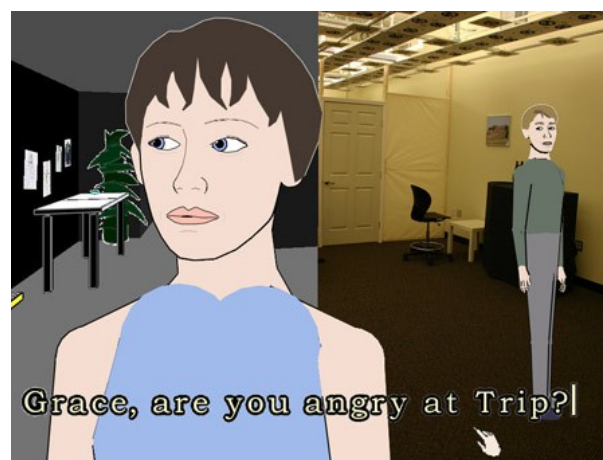


Figura 9: Captura de pantalla en Faade

F.E.A.R.

F.E.A.R. (Figura 10) es un videojuego desarrollado por Monolith Productions y publicado en el 2005. Pertenece al genero survival horror y FPS que conjuga el clásico modo de juego de acción en primera persona con una atmósfera de terror creada a partir de sucesos sobrenaturales.

Aspectos destacables de la IA en el videojuego:

- La IA usa por primera vez un planificador para generar comportamientos basados en el contexto de la situación que viven los personajes no humanos en el videojuego.
- Los enemigos son capaces de utilizar el entorno de forma astuta: encontrar refugio tras mesas, abrir puertas, recortar camino atravesando ventanas, ...
- Se emplean de forma efectiva tácticas para los pelotones. Los enemigos realizan maniobras de flanqueo, usan fuego de represión, ...

Black & White

Black & White (Figura 11) es un videojuego creado por Lionhead Studios y lanzado en el 2001. El juego propone la tarea de ser Dios e incluye elementos de simulación de IA y estrategia. El jugador desarrolla su acción en una isla poblada por varias tribus y puede adiestrar a una gran criatura para que cumpla su voluntad.

Aspectos destacables de la IA en el videojuego:

- El transcurso del juego se centra en la interacción con la IA de la criatura que puede aprender a través de ejemplos. Para condicionar el comportamiento de la criatura se simula un sistema de recompensas y castigos.
- El diseño del juego integra vida artificial dentro del contexto de un juego de estrategia.
- Se emplea una arquitectura de IA sólida basada en la ciencia cognoscitiva y conocida como *belief-desire-intention* – creencia-deseo-intención –.
- Se usan de forma efectiva técnicas de aprendizaje en máquinas como los árboles de decisión y las redes neuronales.



Figura 10: Enemigos en F.E.A.R.



Figura 11: Criatura de Black & White 2

Presente

En los últimos dos años se han logrado buenos resultados con la utilización de IA en videojuegos. Si bien algunos videojuegos han cuidado estos detalles es habitual encontrar muchos otros que los han ignorado centrandose únicamente en el apartado gráfico.

Grand Theft Auto IV

Grand Theft Auto IV (Figura 12) (abreviado comúnmente como GTA IV o GTA 4) es un juego de acción-aventura de estilo no lineal – presenta al jugador desafíos que pueden ser completados en un número de secuencias diferentes – desarrollado por Rockstar North y lanzado en el 2008.

Aspectos destacables de la IA en el videojuego:

- Se ambienta en ciudades vivientes con personajes interactivos.
- Los movimientos y animaciones de todos los personajes fueron fruto de un elaborado desarrollo que dio lugar a *Euphoria engine*. Los efectos logrados son muy naturales.
- Las técnicas utilizadas combina el uso de IA, biomecánica y física. Se alcanza un alto grado de realismo.

Spore

Spore (Figura 13) es un videojuego desarrollado por Maxis y publicado en el 2008 que simula la evolución de una especie desde las etapas más primitivas (seres unicelulares) hasta la colonización de la galaxia por parte del ser evolucionado. Durante el juego el jugador decide el proceso evolutivo de la criatura de un modo muy amplio determinando su naturaleza biológica e incluso su aspecto físico.

Aspectos destacables de la IA en el videojuego:

- Creador y manipulador de criaturas versátil que permite configurar el aspecto deseado de la criatura.
- El aspecto de la criatura se genera de forma dinámica según los patrones utilizados para el diseño de la misma.
- La mecánica de movimiento de las criaturas es dinámica y se basa en su morfología.



Figura 12: Ciudad en GTA 4



Figura 13: Creador de criaturas

Fable II

Fable II (Figura 14) es un juego de rol de acción para la consola Xbox 360, desarrollado por Lionhead Studios y publicado en el 2008. El juego recrea un mundo fantástico donde los personajes tienen vida propia y exhiben cierta idiosincrasia. Cuenta con una mascota virtual – un perro – cuya IA es similar a la de las mascotas de Black & White y que puede aprender.

Aspectos destacables de la IA en el videojuego:

- La IA fue ideada para entretener al jugador: el perro en Fable II se anticipa a tus movimientos y actúa en ocasiones como guía.
- La IA del perro es compleja y se basa en las técnicas empleadas para dar inteligencia a las criaturas del juego Black & White.
- Cada personaje del juego debe: no molestar al jugador, centrarse en el jugador y cuidar de sí mismo para evitar interferencias no deseadas.

Far Cry 2

Far Cry 2 (Figura 15) es la secuela del videojuego de acción en primera persona desarrollado Crytek y distribuido en el 2008. El jugador asume el papel de un mercenario, que llega a un país del África Central, con la misión de eliminar a un traficante de armas.

Aspectos destacables de la IA en el videojuego:

- Un sistema de narrativa dinámica permite construir elementos de la historia del juego a partir de las acciones del jugador.
- Algunos de los comportamientos de los jugadores no humanos son muy realistas.
- Si bien existen puntos destacables también es cierto que la IA en este juego posee serias deficiencias que producen comportamientos anómalos y erráticos en los personajes no humanos.



Figura 14: Perro de Fable II



Figura 15: Poblado de África en Far Cry 2

Left 4 Dead

Left 4 Dead (Figura 16) es un videojuego del género survival horror de acción en primera persona. Fue desarrollado por Turtle Rock Studios y lanzado en el 2008. Es un juego ideado para jugar de forma cooperativa y cuenta con muchos avances técnicos en IA que permiten la adaptación de la partida al estilo de juego de los jugadores.

Aspectos destacables de la IA en el videojuego:

- Dispone de una IA analítica conocida como *AI Director* que crea una nueva experiencia en cada ocasión: sitúa enemigos según la habilidad, el estado y la localización del jugador.
- Altera características del juego para lograr efectos emocionales durante el jugador: efectos visuales, música dinámica, ...

Left 4 Dead 2

Left 4 Dead 2 (Figura 17) es un videojuego Survival Horror y de acción en primera persona creado por la compañía Valve, que corresponde a la secuela de Left 4 Dead, y que se lanzó al mercado en el 2009. Produjo una serie de mejoras en la IA inicial dando lugar a *AI Director 2*.

Aspectos destacables de la IA en el videojuego:

- La IA del juego es capaz de alterar la geometría de los mapas según la forma de juego de los jugadores para ofrecer un mayor entretenimiento y partidas personalizadas: elimina puertas y sitúa muros para evitar el paso e introduce obstáculos en algunos pasajes para forzar otras rutas que se toman durante la partida.
- La IA también controla el clima que hay durante la partida.
- El juego es capaz de ofrecer a través de su IA una experiencia diferente con cada partida por lo que diferentes partidas a un mismo mapa de juego darán lugar a retos diferentes.

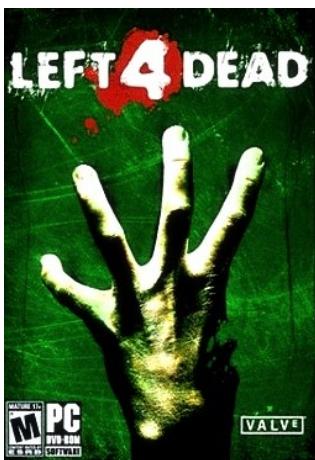


Figura 16: Poster de Left 4 Dead



Figura 17: Puente con zombis

Problemas típicos en IA aplicada a videojuegos

La IA se utiliza en videojuegos para el aprendizaje, el cálculo de rutas y movimientos, la animación de personajes (Figura 18), el movimiento y cooperación de personajes (Figura 19), el control táctico y militar, el control de animaciones, el control de cámara, el control de juego, la predicción del jugador a partir de modelos, el reconocimiento del lenguaje, el reconocimiento de gestos, ...

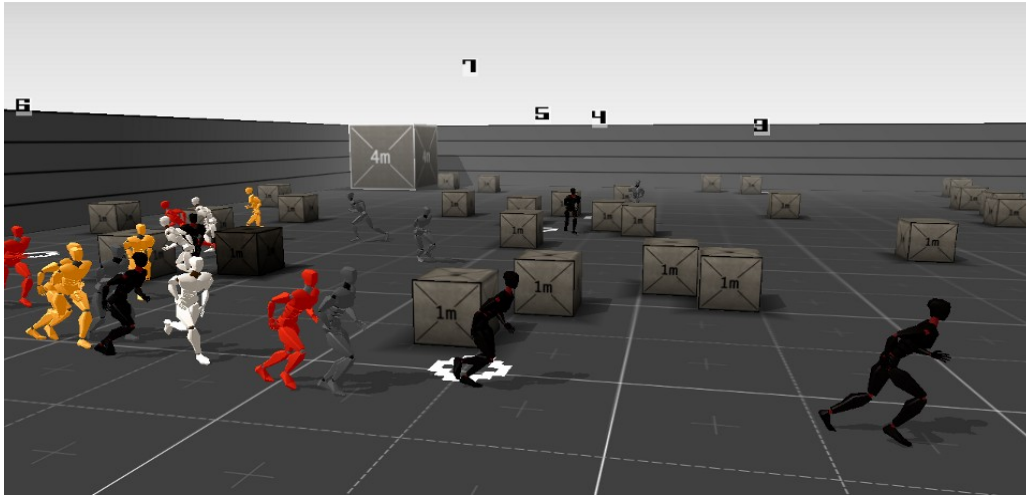


Figura 18: Captura de pantalla de software de IA para la animación de personajes

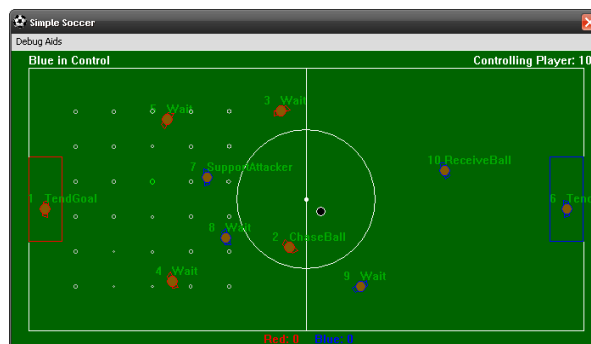


Figura 19: Simulador Simple Soccer, Programming Game AI by example

Técnicas en IA

La IA en videojuegos se nutre para sus propósitos de las técnicas ideadas en el mundo académico: máquina de estados, autómatas celulares – principalmente redes neuronales –, búsqueda sobre espacios de estados, búsqueda para satisfacción de restricciones, árboles de decisión, sistemas expertos, redes bayesianas, modelos de Markov, planificadores – similares a STRIPS –, sistemas de lógica difusa, algoritmos evolutivos, algoritmos basados en física de partículas y muchas otras técnicas de optimización de propósito general.

Referencias Bibliográficas/Web

- (Rabin, 2002) Steve Rabin: AI Game Programming Wisdom 1.
Web: http://introgamedev.com/resource_aiwisdom.html – Acceso, 6 de Diciembre de 2009.
- (Rabin, 2003) Steve Rabin: AI Game Programming Wisdom 2.
Web: http://introgamedev.com/resource_aiwisdom2.html – Acceso, 6 de Diciembre de 2009.
- (Rabin, 2006) Steve Rabin: AI Game Programming Wisdom 3.
Web: http://introgamedev.com/resource_aiwisdom3.html – Acceso, 6 de Diciembre de 2009.
- (Rabin, 2008) Steve Rabin: AI Game Programming Wisdom 4.
Web: http://introgamedev.com/resource_aiwisdom4.html – Acceso, 6 de Diciembre de 2009.
- (Buckland, 2004) Mat Buckland: Programming Game AI by Example.
Web: <http://amzn.com/1556220782>
- (Buckland, 2002) Mat Buckland: AI Techniques for Game Programming.
Web: <http://amzn.com/193184108X>
- (Schwab, 2008) Brian Schwab: AI Game Engine Programming.
Web: <http://amzn.com/1584505729>
- (AIGameDev, 2007) AIGameDev: Top 10 Most Influential AI Games. Acceso, 10 de Enero de 2010.
<http://aigamedev.com/open/highlights/top-ai-games/>
- (AIWisdom, 2009) Game AI Articles & Research. Acceso, 6 de Diciembre de 2009.
<http://www.aiwisdom.com>
- (Craig Reynolds, 2009) Game Research and Technology. Acceso, 6 de Diciembre de 2009.
<http://www.red3d.com/cwr/games>
- (AI Game Dev – Left 4 Dead 2, 2009) Procedural Level Geometry from Left 4 Dead 2: Spying on the AI Director 2.0.
Acceso, 6 de Diciembre de 2009.
<http://aigamedev.com/open/discussion/procedural-level-geometry>
- (Wikipedia, 2010) Game Artificial Intelligence. Acceso, 9 de Enero de 2010.
http://en.wikipedia.org/wiki/Game_artificial_intelligence