

Propuesta de técnicas de aprendizaje de elementos virtuales

Proposal of learning techniques of virtual elements'

Yaima Antúnez Ojeda¹, Tamara Martínez Labaut¹, Yenifer del Valle Guevara¹

¹Universidad de las Ciencias Informáticas

[yantunez, tmartinez,ydelvalle}@uci.cu](mailto:{yantunez, tmartinez,ydelvalle}@uci.cu)

Resumen

Los Sistemas de Realidad Virtual han alcanzado un gran auge en la actualidad, convirtiéndose en un importante campo de desarrollo e investigación. Para lograr un mayor nivel de realismo en estos sistemas, se usan técnicas de aprendizaje de Inteligencia Artificial, las cuales permiten que los elementos virtuales sinteticen el conocimiento y puedan desarrollar determinados comportamientos inteligentes. Estas técnicas se investigan ampliamente pues son de gran utilidad en aplicaciones de realidad virtual como videojuegos y simuladores. En los proyectos que se realizan en la Facultad 5, es necesario alcanzar un nivel avanzado de inteligencia y realismo, el cual se ve afectado por la poca utilización de estas técnicas de aprendizaje para los elementos virtuales. En este trabajo se propone dar solución a ese problema. Para ello se hace una investigación sobre las técnicas de aprendizaje de inteligencia artificial, profundizando en las que reportan más ventajas al aplicarlas en sistemas de Realidad Virtual. De ellas se explica su concepto, y además, cómo se desarrolla el aprendizaje en los elementos virtuales. Además se realiza la propuesta de aplicación de estas técnicas en los distintos proyectos de la facultad que lo necesiten. Finalmente se demuestra que las aplicaciones de realidad virtual, usando estas técnicas de aprendizaje adquieren mayor nivel de inteligencia y realismo.

Palabras clave: Elementos virtuales, realismo, técnicas.

Abstract

Virtual Reality Systems have reached a boom at present, becoming an important area of development and research. To achieve a higher level of realism in these systems, are used some Artificial Intelligence techniques, which allow to virtual elements to synthesizing knowledge and to developing intelligent behaviors. These techniques are widely investigated because they are very useful in applications such as video games and virtual reality simulators. In the projects undertaken by Faculty 5, it is necessary to reach an advanced level of intelligence and realism, which is affected by the low utilization of these learning techniques for virtual items. In this work, a solution for that problem is proposed. For this, a research on learning techniques of artificial intelligence is made, deepening in the techniques that have more advantages being applied to virtual reality systems. Their concepts are explained, and also how learning takes place in the virtual elements. In addition, the proposals for implementation of each of these techniques in the projects of the faculty who need it are made. Finally it is shown that applications of virtual reality, acquire higher level of intelligence and realism by using these learning techniques.

Key words: Realism, techniques, virtual elements.

Introducción

Una de las críticas que se oyen más a menudo respecto a la Inteligencia Artificial, es que las máquinas no se pueden considerar inteligentes hasta que no sean capaces de aprender a hacer cosas nuevas y adaptarse a las nuevas situaciones, en lugar de limitarse a hacer aquellas actividades para las que han sido programadas.

Pero se puede plantear una pequeña cuestión acerca, de si la capacidad de adaptarse a entornos nuevos para solucionar nuevos problemas realmente es una de las características importantes de las entidades inteligentes.

La adquisición de conocimiento en sí misma incluye muchas actividades diferentes. El simple almacenamiento de información computada, también conocido como Aprendizaje memorístico, constituye la actividad de aprendizaje más básica. Sin embargo muchos programas de Inteligencia Artificial son capaces de mejorar su rendimiento substancialmente a través de técnicas de aprendizaje memorístico.

Una forma de aprendizaje basada en estímulos provenientes del exterior es el Aprendizaje a partir de ejemplos. Algunas veces se aprende a clasificar las cosas sin haber recibido reglas explícitas, por tanto a veces un programa puede descubrir cosas sin la ayuda de un profesor.

Los investigadores en Inteligencia Artificial han propuesto numerosos mecanismos para llevar a cabo los tipos de aprendizaje anteriormente propuestos.

Como parte de estos mecanismos se encuentran las técnicas de aprendizaje que son las que permiten que los sistemas computarizados sean capaces de sintetizar el conocimiento necesario para desarrollar una tarea sin necesidad de interacción humana, o sea que sean capaces de aprender.

De estas técnicas, hay cuatro de ellas que se encuentran entre las que tienen mayor número de aplicaciones en el campo de Realidad Virtual y videojuegos, o sea que permiten que los elementos virtuales de un entorno sean capaces de aprender determinados comportamientos, ellas son: Redes Neuronales, Redes Bayesianas, Algoritmos Genéticos y Lógica Difusa. De ellas se explicará a continuación su concepto, y cómo se logra que los elementos virtuales logren un aprendizaje utilizando las mismas.

Desarrollo

Técnicas de Aprendizaje aplicadas a la Realidad Virtual

Existen numerosas técnicas de aprendizaje de elementos Artificiales. Ejemplo de ellas son los Sistemas Expertos basados en Reglas, los Sistemas Expertos basados en Casos entre otras. En este trabajo solo se hace hincapié en 4 técnicas que son las más usadas en entornos virtuales, estas son:

Redes neuronales.

Sistemas de lógica difusa.

Redes bayesianas.

Algoritmos genéticos.

Estas técnicas son usadas, en dependencia del tipo de aplicación, por ejemplo en el área de la robótica son muy empleadas, las redes neuronales y los sistemas de lógica difusa; en los videojuegos, también se emplean estas dos técnicas, al igual que las redes bayesianas y los algoritmos genéticos. En los simuladores son muy empleados los sistemas expertos. Lo importante es saber seleccionar cuál es la técnica más adecuada, en dependencia de las características del problema o aplicación, de los datos que se conozca, de las variables que se tengan, etc.

Redes Neuronales

Los sistemas neuronales artificiales imitan la estructura del hardware del sistema nervioso, con la intención de construir sistemas de procesamiento de información paralelos, distribuidos y adaptativos, que puedan presentar un cierto comportamiento “inteligente”.

Cada neurona realiza una función matemática. Las neuronas se agrupan en capas, constituyendo una red neuronal. Una determinada red neuronal está confeccionada y entrenada para llevar a cabo una labor específica. Finalmente, una o varias redes, más las interfaces con el entorno, conforman el sistema global.

En las redes neuronales biológicas, las neuronas corresponden a los elementos de proceso. Las interconexiones se realizan por medio de las ramas de salida (axones) que producen un número variable de conexiones (sinapsis) con otras neuronas o con otras partes. Las redes neuronales son sistemas de elementos simples de proceso muy interconectados.

Aprendizaje

El aprendizaje se entiende como la modificación del comportamiento inducido por la interacción con el entorno, y como resultado de experiencias conducente al establecimiento de nuevos modelos de respuesta a estímulos externos.

En las redes neuronales artificiales, el conocimiento se encuentra representado en los pesos de las conexiones entre neuronas. Todo proceso de aprendizaje implica cambios en estas conexiones, es decir, se aprende modificando los valores de los pesos de la red, en respuesta a un conjunto de ejemplos denominado grupo de entrenamiento.

Durante el proceso de aprendizaje, los pesos de las conexiones de la red sufren modificaciones, por lo tanto se puede afirmar que la red “ha aprendido” cuando los valores de los pesos permanecen estables ($dw_{ij}/dt = 0$).

Los modelos neuronales utilizan varios algoritmos de estimación, aprendizaje o entrenamiento para encontrar los valores de los pesos de la red y así lograr que aprenda a solucionar un determinado problema; estos criterios se denominan de forma genérica reglas de aprendizaje. Las reglas de aprendizaje consisten generalmente en algoritmos matemáticos.

El entrenamiento se realiza mediante patrones-ejemplo. De modo general, se distinguen dos tipos de aprendizaje:

Redes Neuronales con aprendizaje supervisado.

Redes neuronales con aprendizaje no supervisado o auto organizado.

La diferencia fundamental entre ambos tipos radica en la existencia o no de un agente externo (supervisor) que controle el proceso de aprendizaje de la red.

En el aprendizaje supervisado, hay un supervisor que controla el proceso de aprendizaje de la red. El supervisor, comprueba la salida de la red en respuesta a una determinada entrada y en el caso de que la salida no coincida con la deseada, se procede a modificar los pesos de las conexiones, con el fin de conseguir que la salida obtenida, se aproxime a la deseada.

En este tipo de aprendizaje se suelen considerar tres formas: Aprendizaje por corrección de error, Aprendizaje por refuerzo y Aprendizaje estocástico.

Con el aprendizaje no supervisado, la red no requiere influencia de un supervisor, para ajustar los pesos de las conexiones entre las neuronas. La red no recibe ninguna información por parte del entorno que le indique si la salida generada en respuesta a una determinada entrada es o no correcta. Su función consiste en encontrar las características, regularidades, correlaciones o categorías, que se pueden establecer entre los datos que se presentan en su entrada. Suele decirse que estas redes son capaces de auto organizarse.

Suelen considerarse dos algoritmos de aprendizaje no supervisado: Aprendizaje hebbiano y Aprendizaje competitivo y cooperativo donde suele decirse que las neuronas compiten (y cooperan) unas con otras con el fin de llevar a cabo una tarea dada.

Sistemas de Lógica Difusa

En general, un Sistema Basado en Reglas Difusas es un sistema basado en reglas en el que la Lógica Difusa puede ser empleada tanto como una herramienta para representar distintas formas de conocimiento sobre el problema a resolver como para modelar las interacciones y relaciones existentes entre las variables del mismo.

La Lógica difusa utiliza expresiones que no son ni totalmente ciertas ni completamente falsas, es decir es la lógica aplicada a conceptos que pueden tomar un valor cualquiera de veracidad de un conjunto de valores que oscilan entre dos extremos, la verdad absoluta y la falsedad total.

La lógica difusa permite tratar información imprecisa como estatura media o temperatura baja, en términos de conjuntos borrosos que se combinan en reglas para definir acciones: si la temperatura es alta, entonces enfriar mucho. De esta manera, los sistemas de control basados en lógica difusa combinan variables de entrada definidas en términos de conjuntos difusos por medio de grupos de reglas que producen uno o varios valores de salida. Los valores de salida de las relaciones difusas no son ambivalentes, 0 ó 1, sino que puede tomar valores reales entre 0 y 1.

Aprendizaje

Se puede decir que los Sistemas que usan Lógica Difusa logran un determinado aprendizaje a través de las reglas que se definen, las cuales modelan el comportamiento de un elemento, o los requisitos del problema en general, en dependencia de las características y los requerimientos del mismo. Con estas reglas difusas se realizan operaciones como la inferencia, con las cuales son capaces de generalizar, inferir y llegar a nuevas reglas y comportamientos, de aquí surge la nueva información que aprende el sistema. Por ejemplo en un robot, donde se apliquen varias técnicas de aprendizaje, se puede usar un bloque de lógica difusa para definir la función objetivo del algoritmo que entrena la red neuronal. La ventaja de utilizar una función objetivo difusa está en que se pueden usar parámetros difusos que determinan el comportamiento que tendrá el robot. Dependiendo de estos parámetros el robot se comportará de distintas formas: moviéndose poco para ahorrar batería, moviéndose cerca del punto de partida para luego regresar, maximizando el área cubierta para realizar reconocimiento de entornos, etc. De esta forma, mediante cuatro valores reales, se determinará el comportamiento del robot.

Entrenamiento de Sistemas de Lógica Difusa

Cuando un Sistema de Lógica Difusa cuenta con un mecanismo de entrenamiento, se dice que es un Sistema Difuso Adaptativo. Los mecanismos de entrenamiento son algoritmos que le permiten al sistema cambiar su diseño para ajustarse (esto es, para adaptarse) a algunas exigencias específicas.

En general, los algoritmos de entrenamiento diseñan sólo una parte del Sistema de Lógica Difusa, generalmente la Base de Reglas, o la definición de las Variables Lingüísticas, o en algunos casos ambas cosas. Los demás parámetros los debe seleccionar el usuario.

La investigación en algoritmos de entrenamiento es uno de los temas de mayor auge en la actualidad, hasta el momento existen dos tipos de algoritmos.

Los sistemas con Algoritmos Descriptivos, son aquellos que cuentan con un diseño fácil de entender para una persona que no haya participado en el diseño del mismo, porque la forma en que ha quedado expresado el conocimiento en forma de reglas es clara, y la definición de los valores lingüísticos corresponde también a conceptos sencillos. Este diseño es posible emplearlo para interpretar el sistema diseñado.

Otros algoritmos de entrenamiento diseñan el sistema en forma tal, que una vez concluido el diseño es virtualmente imposible entenderlo, es decir, es imposible extraer conocimiento lingüístico del sistema diseñado. Estos son los denominados Algoritmos Aproximativos.

Redes Bayesianas

Una red bayesiana es un grafo acíclico dirigido en el que los nodos representan variables aleatorias que pueden ser continuas o discretas; en las siguientes definiciones se utilizarán letras mayúsculas para denotar los nodos (X) y las correspondientes letras minúsculas para designar sus posibles estados (x) .

Los estados que puede tener una variable deben cumplir con dos propiedades:

Ser mutuamente excluyentes, es decir, un nodo sólo puede encontrarse en uno de sus estados en un momento dado.

Ser un conjunto exhaustivo, es decir, un nodo no puede tener ningún valor fuera de ese conjunto.

Representación del conocimiento

Una red bayesiana representa relaciones causales en el dominio del conocimiento a través de una estructura gráfica y las tablas de probabilidad condicional entre los nodos, por lo tanto el conocimiento que representa la red está compuesto por los siguientes elementos:

1. Un conjunto de nodos $\{X_i\}$ que representan cada una de las variables del modelo. Cada una de ellas tiene un conjunto exhaustivo de estados $\{x_i\}$ mutuamente excluyentes.
2. Un conjunto de enlaces o arcos (X_i, X_j) entre aquellos nodos que tienen una relación causal. De esta manera todas las relaciones están explícitamente representadas en el grafo.
3. Una tabla de probabilidad condicional asociada a cada nodo X_i indicando la probabilidad de sus estados para cada combinación de los estados de sus padres. Si un nodo no tiene padres se indican sus probabilidades a priori.

Estructura de una Red Bayesiana

Se asigna un vértice o nodo a cada variable (X_i) y se indica de qué otros vértices es una causa directa; a ese conjunto de vértices "causa del nodo X_i " se lo denota como el conjunto π_{X_i} , y se lo llamará "padres de X_i ".

Se une cada padre con sus hijos con flechas que parten de los padres y llegan a los hijos.

A cada variable X_i se le asigna una matriz $P(x_i|\pi_{X_i})$ que estima la probabilidad condicional de un evento $X_i = x_i$ dada una combinación de valores de los π_{X_i} .

Después que se ha diseñado la estructura de la red y se han especificado todas las tablas de probabilidad condicional se está en condiciones de conocer la probabilidad de una determinada variable dependiendo del estado de cualquier combinación del resto de variables de la red; para lo cual se debe calcular la probabilidad a posteriori de cada variable condicionada a la evidencia;

estas probabilidades a posteriori se podrán obtener de forma inmediata a partir de la probabilidad conjunta de todas las variables $P(x_1, x_2, \dots, x_t)$. Este proceso se ve simplificado al aplicar la propiedad de independencia condicional que permite obtener la probabilidad conjunta a partir de las probabilidades condicionales de cada nodo en función de sus padres.

Aprendizaje

El aprendizaje de Redes Bayesianas resulta de gran importancia porque es práctico y además provee un enfoque de comprensión y diseño de otros algoritmos. Entre sus características más representativas tenemos que cada nuevo ejemplo puede aumentar o disminuir la estimación de una hipótesis (flexibilidad - incrementalidad), el conocimiento a priori se puede combinar con datos para determinar la probabilidad de las hipótesis, da resultados con probabilidades asociadas, puede clasificar combinando las predicciones de varias hipótesis, sirve de estándar de comparación de otros algoritmos. Pero también presenta algunas dificultades, entre sus problemas principales podemos decir que se requieren conocer muchas probabilidades, es computacionalmente caro (depende linealmente del número de hipótesis).

Proceso de aprendizaje.

El aprendizaje en las redes bayesianas consiste en definir la red probabilística a partir de datos almacenados en bases de datos en lugar de obtener el conocimiento del experto. Este tipo de aprendizaje ofrece la posibilidad de inducir la estructura gráfica de la red a partir de los datos observados y de definir las relaciones entre los nodos basándose también en dichos casos; a estas dos fases se las puede denominar respectivamente aprendizaje estructural y aprendizaje paramétrico. A continuación se resume cada una de estas dos fases:

Aprendizaje estructural: obtiene la estructura de la red bayesiana a partir de bases de datos, es decir, las relaciones de dependencia e independencia entre las variables involucradas. Las técnicas de aprendizaje estructural dependen del tipo de estructura o topología de la red (árboles, poliárboles o redes multiconectadas). Otra alternativa es combinar conocimiento subjetivo del experto con aprendizaje, para lo cual se parte de la estructura dada por el experto y se la valida y mejora utilizando datos estadísticos.

Aprendizaje paramétrico: dada una estructura y las bases de datos, obtiene las probabilidades a priori y condicionales requeridas.

Algunos estudios sobre el aprendizaje de redes bayesianas indican que el requisito principal para poder realizar la tarea de aprendizaje a partir de datos es disponer de bases de datos muy extensas en las que esté especificado el valor de cada variable en cada uno de los casos. Por otro lado, el aprendizaje a partir de bases de datos incompletas generalmente consiste en inferir de alguna manera los datos ausentes para completar la base de datos.

Algoritmos Genéticos.

Los Algoritmos Genéticos son métodos adaptativos que pueden usarse para resolver problemas de búsqueda y optimización. Están basados en el proceso genético de los organismos vivos. Las poblaciones evolucionan en la naturaleza, a lo largo de las generaciones, acorde con los principios de la selección natural y la supervivencia de los más fuertes, postulados por Darwin. Imitando este proceso, los Algoritmos Genéticos son capaces de ir creando soluciones para problemas del mundo real. La evolución de dichas soluciones hacia valores óptimos del problema depende en buena medida de una adecuada codificación de las mismas.

Los Algoritmos Genéticos usan una analogía directa con el comportamiento natural. Trabajan con una población de individuos, cada uno de los cuales representa una solución factible a un problema dado. A cada individuo se le asigna un valor ó puntuación,

en dependencia de la bondad de dicha solución. En la naturaleza esto equivaldría al grado de efectividad de un organismo para competir por unos determinados recursos. Cuanto mayor sea la adaptación de un individuo al problema, mayor será la probabilidad de que el mismo sea seleccionado para reproducirse, cruzando su material genético con otro individuo seleccionado de igual forma. Este cruce producirá nuevos individuos, descendientes de los anteriores los cuales comparten algunas de las características de sus padres. Cuanto menor sea la adaptación de un individuo, menor será la probabilidad de que dicho individuo sea seleccionado para la reproducción, y por tanto de que su material genético se propague en sucesivas generaciones. De esta manera se produce una nueva población de posibles soluciones que reemplaza a la anterior y verifica la interesante propiedad de que contiene una mayor proporción de buenas características en comparación con la población anterior. Así a lo largo de las generaciones las buenas características se propagan a través de la población. Favoreciendo el cruce de los individuos mejor adaptados, van siendo exploradas las áreas más prometedoras del espacio de búsqueda. Si el algoritmo genético ha sido bien diseñado, la población convergerá hacia una solución óptima del problema.

El siguiente segmento de pseudo-código simula el proceso:

```
Generar población inicial,  $G(0)$ ;  
Evaluar  $G(0)$ ;  
 $t:=0$ ;  
Repetir  
 $t:=t+1$ ;  
Generar  $G(t)$  usando  $G(t-1)$ ;  
Evaluar  $G(t)$ ;  
Hasta encontrar una solución;
```

Inicialmente la población se genera de manera aleatoria, y estará compuesta por un conjunto de cromosomas, pudieran ser caracteres que representen las posibles soluciones de un problema. En caso de no hacerlo de forma aleatoria, es importante garantizar que dentro de la población inicial, se tenga una representación de la mayor parte de la población posible o al menos evitar la convergencia prematura. A cada miembro de la población se le aplicará una función de aptitud con el propósito de saber que tan buena es la solución que se está codificando, o sea para ver su comportamiento. Posteriormente se procede a hacer la selección de los cromosomas que van a cruzarse en la próxima generación, como es lógico se escogerán los mejores. El cruzamiento es el principal operador genético, representa la reproducción sexual, opera sobre dos cromosomas a la vez para generar dos descendientes donde se combinan las características de ambos cromosomas padres. De este cruzamiento surgirá el nuevo conjunto de cromosomas a los que se le aplicará el proceso anterior. También existe un operador de mutación que cambiará de manera aleatoria un alelo (“un bit de cadena representativa”) de un cromosoma. Esto garantiza la inserción de nuevo material cromosómico y la interconexión total del espacio de búsqueda. El algoritmo genético se ejecuta una cantidad determinada de generaciones o hasta que se establezca la población (cuando todos o la mayoría de los individuos tengan la misma actitud).

Aprendizaje

Los Algoritmos Genéticos constituyen un conjunto de modelos matemáticos inspirados en la teoría Darwinista de la evolución. Concretamente se dice que un algoritmo genético es un método de búsqueda de soluciones donde su funcionamiento consiste en evolucionar una población de potenciales soluciones de un problema con el objetivo de que las soluciones mejor adaptadas prevalezcan y transmitan sus características a soluciones hijas, y luego de una sucesión suficiente de generaciones se debería

disponer de soluciones bastante adaptadas al problema particular. Según Mitchell (Mitchell, 1997): Un agente artificial aprende de la experiencia E respecto a alguna clase de tareas T y medida de rendimiento P , si su desempeño en las tareas de T , según la medida P , mejora con la experiencia E .

Para abordar a los Algoritmos Genéticos en cuanto a su relación con el aprendizaje artificial se deben juntar ambas nociones, esto es lo que suele llamarse *Aprendizaje Genético*. Resulta conveniente aclarar que los individuos codifican conocimiento sobre el ambiente en forma de hipótesis o hechos inciertos, la noción de certidumbre siempre está en relación con la base de conocimientos y el procedimiento de demostración del agente. Según esta relación el proceso de aprendizaje se puede clasificar como:

Deductivo

La deducción se expresa:

Si se aceptan $p(1)$ y $\forall X(p(X) \supset q(X))$, entonces, por *deducción*, concluir $q(1)$.

En los Algoritmos Genéticos, la transmisión de la información a los hijos por parte de los progenitores constituye un proceder deductivo, por cuanto el conocimiento codificado en los progenitores es recibido parcial o íntegramente.

Inductivo

Se habla de aprendizaje genético inductivo cuando el algoritmo genético se usa con el fin de aprender teorías a partir de hechos observados.

En este caso, lo que se busca es obtener individuos que resulten más generales que sus predecesores dependiendo de la información que codifiquen, donde la relación de generalidad estará dada por el problema en particular. El proceso de inducción se define formalmente:

Si se observan los hechos $p(1)$, $p(2)$, $p(3)$, y los únicos objetos(constantes) del mundo son 1, 2 y 3, entonces, por *inducción*, concluir $\forall X p(X)$.

Abductivo

A diferencia de la deducción, la causa se infiere aquí a partir del efecto:

Si se sabe que $\forall X(p(X) \supset q(X))$, al observar $q(1)$, puede proponerse la hipótesis $p(1)$ para explicar la ocurrencia de $q(1)$.

En este caso, la capacidad de exploración del algoritmo genético se conjuga con la explotación de nuevas hipótesis explicativas de las observaciones. Generalmente, esto implica que el sistema de aprendizaje genético construye hipótesis donde su validez es comprobada por un evaluador. Es el razonamiento de los diagnósticos, que tratan de proporcionar alguna explicación a los síntomas o acontecimientos del ambiente.

Propuesta de la aplicación de las técnicas en los proyectos de la Facultad

Las técnicas de aprendizaje de elementos virtuales son de gran utilidad en los proyectos de Realidad Virtual ya que uno de los objetivos que se buscan con este tipo de aplicaciones es que sus elementos sean lo más cercanos a la realidad y para ello deben tener un comportamiento inteligente. Entre los proyectos que se desarrollan en la Facultad 5 se encuentran algunos donde la aplicación de estas técnicas de aprendizaje resulta de gran utilidad.

Proyecto Herramienta para Juegos

Este proyecto se dedica a incorporar las funcionalidades básicas para la producción de videojuegos en la UCI, en el mismo existe un módulo encargado de proporcionar inteligencia artificial a dichos videojuegos, respondiendo a las necesidades de los mismos. Este módulo constituye una biblioteca de inteligencia artificial la cual incluirá técnicas básicas de Inteligencia Artificial como las que están reflejadas en este trabajo de manera genérica.

El proyecto no cuenta con la bibliografía adecuada para poder cumplir con las demandas que tiene sobre las técnicas aquí expuestas, además necesita de un estudio de las mismas para poder seleccionar la forma óptima y genérica de implementarlas en dicha biblioteca.

Es por eso que en este proyecto las técnicas de aprendizaje tratadas en este trabajo son ampliamente aplicables y su utilización estará dada en dependencia de los problemas concretos a resolver por el proyecto.

Proyecto Herramienta de Desarrollo para Sistemas de Realidad Virtual (HDSRV)

El proyecto HDSRV se dedica a la elaboración de una herramienta base para todos los proyectos de Realidad Virtual de la facultad 5, la cual permita generar sistemas de Realidad Virtual.

Un tipo de productos que genera dicho proyecto es la realización de demos para probar las potencialidades de la herramienta, entre los cuales están los demos con inteligencia artificial que incluyen la aplicación de una o más de las técnicas expuestas en este trabajo.

Para demostrar la validez de esta propuesta se desarrolló un Demo de Tiro al cual se le aplico un Algoritmo Genético para lograr cierto grado de inteligencia. En esta aplicación existen un grupo de soldados controlados por la computadora que deben responder ante diversas situaciones provocadas por el usuario. Para lograr esto, se puebla el mundo del juego con diversas soluciones posibles a tener en cuenta de las cuales el Algoritmo Genético debe ser capaz de determinar las mejores a ejecutar por los soldados ante las acciones del adversario, claro, las soluciones no serán siempre iguales para cada soldado con el objetivo de lograr mayor diversidad, elevando el nivel de inteligencia en el juego.

Conclusiones

Las técnicas de aprendizaje de Inteligencia Artificial son de gran utilidad pues permiten que los elementos virtuales logren desarrollar determinados comportamientos inteligentes. Aplicando estas técnicas en proyectos de Realidad Virtual que requieran Inteligencia Artificial, y específicamente en los proyectos de la facultad que lo necesitan, se logra un mayor nivel de realismo e inteligencia.

Referencias Bibliográficas

1. Bourg, David M y Seeman, Glenn. *AI for Game Developers*. s.l.: O'Reilly, 2004.
2. Buckland, Mat. 2005. *Programming Game AI by Example*. s.l.: Wordware Publishing, 2005. ISBN: 1556220782.
3. Buckland, Mat y Collins, Mark. 2002. *AI Techniques for Game Programming*. s.l.: Thomson Course Technology, 2002. ISBN: 193184108X.
4. Champandard, Alex J. 2003. *AI Game Development: Synthetic Creatures with Learning and Reactive Behaviors*. s.l.: New Riders Publishing, 2003. ISBN: 1-5927-3004-3.
5. Felgaer, P.E. *Optimización de Redes Bayesianas Basado en Técnicas de Aprendizaje por Inducción*. Febrero 2005. Laboratorio de Sistemas Inteligentes. Facultad de Ingeniería. Universidad de Buenos Aires.
6. Luis, Joe y Guevara, Omar E. Junio 2007. *Algoritmos Genéticos en Entornos Virtuales*. Universidad de las Ciencias Informáticas. La Habana: s.n., Junio 2007.
7. Mitchell, T. *Machine Learning*. s.l.: McGraw-Hill, 1997. pp. 1-3.
8. Pearl, J. *Probabilistic Reasoning in Intelligent Systems: Networks of Plausible Inference*. Palo Alto: s.n., 1988. Morgan Kaufmann Publishers.
9. Russell, S. J. y Norvig, P. *Artificial Intelligence: A Modern Approach*. s.l.: 2nd Ed, Prentice Hall, 2002.
10. Schwab, Brian. 2004. *AI Game Engine Programming*. s.l.: Charles River Media, 2004. ISBN: 1584503440.