

AGENTES PEDAGÓGICOS

Ana Lilia Laureano-Cruces

Departamento de Sistemas, Universidad Autónoma Metropolitana-Azcapotzalco,
Av. San Pablo 180, Col Reynosa Tamps. CP 02200, MEXICO
clc@correo.azc.uam.mx

Resumen. Una corriente que cobra cada día más fuerza es la utilización de agentes pedagógicos como parte de los sistemas inteligentes aplicados a la educación. Estos agentes representan intervenciones amenas durante el proceso de enseñanza – aprendizaje. Estos agentes pueden intervenir con consejos, tácticas didácticas, introducciones e inclusive llamadas de atención. Este trabajo muestra el diseño de los distintos comportamientos y la relación que existe entre ellos y las distintas intervenciones del sistema tutorial aplicadas a un caso práctico. Los beneficios que reporta el utilizar estos agentes pedagógicos al entorno educativo son: 1) cuidan el progreso del estudiante y convencen al estudiante que están en ello juntos, 2) son sensibles al progreso del estudiante por lo que son capaces de intervenir cuando el estudiante pierde interés o está frustrado, 3) pueden ser emotivos y entusiasmar al usuario con distintos niveles similares al humano, 4) un agente con una rica e interesante personalidad puede simplemente hacer el aprendizaje más divertido.

Palabras clave: agentes pedagógicos, estrategias cognitivas, sistemas inteligentes aplicados a la educación, diseño instruccional.

1. Introducción

En la inteligencia artificial distribuida tradicional los sistemas están compuestos por un grupo de agentes, donde cada uno de ellos puede ser considerado como un sistema experto en sí, que cuenta con una base de conocimiento que le permite realizar su tarea, así como una vez desarrollada, comunicar los resultados a los demás agentes. En realidad los sistemas tradicionales son vistos como solucionadores de problemas, donde los agentes basan su mecanismo en la intencionalidad; para ello cuentan con objetivos y planes explícitos que les permiten lograr el objetivo final. Los problemas que se presentan son de cooperación, donde varios agentes deben coordinar sus actividades y ocasionalmente resolver los conflictos que se puedan presentar.

La otra corriente busca que los agentes no sean inteligentes de forma individual, pero sí, que su comportamiento de forma individual genere un comportamiento inteligente de forma global. Estos agentes no poseen modelos internos del entorno y basan su acción en un ciclo de estímulo-reacción, de acuerdo a los eventos que se presentan en el estado en curso del entorno en el cual están embebidos; de ahí que no cuenten con objetivos, ni mecanismos de planificación explícitos, y aún así puedan resolver los problemas clasificados como complejos.

XVII Congreso Nacional y III Congreso Internacional de Informática y Computación de la ANIEI. Tepic, Nayarit, 20-22 de octubre del **2004**. Memorias en CD, ISBN: 970-36-0155-3.

Esta escuela es menos representativa y más experimental en contraposición con la deliberativa, que es más formal. A estos agentes se les conoce como reactivos o basados en la conducta [12].

1.1. Sistemas basados en agentes reactivos

Los agentes reactivos, a pesar de que aparentemente presentan funcionalidades más limitadas que los agentes cognitivos, puesto que no abordan los temas de la planificación de tareas, y modelización completa del dominio, constituyen una aproximación a tener en cuenta para la implementación de los sistemas de aprendizaje inteligentes.

Ante todo hay que hacer constar que las necesidades de coordinación de las conductas que ellos realizan o el arbitraje mismo de estos agentes motiva el establecimiento de módulos encargados de su coordinación en forma de controladores o planificadores elementales dotándoles en realidad de la característica de híbridos. En definitiva, ya cabe poco referirse a agentes cognitivos puros o de reactivos puros; en realidad se trata de agentes que hacen más o menos énfasis en las tareas de planificación, modelización y control.

Por otra parte, es necesario tener en cuenta los nuevos enfoques educativos denominados *centrados en el estudiante* y que constituyen no meros intentos de mejorar las pautas de aprendizaje del alumno, sino realidades que han implicado por completo a diversas Universidades como Roskilde, Ahlborg, Maastricht, Eindhoven durante más de veinticinco años. Estos enfoques constituyen aproximaciones diversas entre las que destacan la enseñanza por problemas y la enseñanza por proyectos.

En todos estos enfoques el alumno asume el papel director y responsable de su propio aprendizaje relegándose las lecciones magistrales a un segundo término e incluso desapareciendo totalmente [5]. En cambio, las tareas de entrenamiento y *coaching* elevan su preponderancia adquiriendo un papel de importancia.

La característica particular de estas tareas es que permite realizar el seguimiento del alumno y ejecutar la función tutorial sin grandes cargas de planificación y modelización por lo que son perfectamente asumibles por este tipo de agentes.

Laureano y de Arriaga [11, 15] proponen una arquitectura multiagente que no utiliza modelo de estudiante, ni ningún tipo de control en el módulo pedagógico. Lo que en términos de la filosofía reactiva se traduce en no contar con objetivos previamente determinados, ni representación exhaustiva del entorno. Proponemos un sistema que basa sus acciones en lo que observa. Siguiendo la filosofía reactiva creada por Brooks [1].

Lo que ganamos con esta nueva arquitectura es: 1) tiempo de respuesta y 2) contar con subexpertos en distintas habilidades; donde los errores serán tratados de forma puntual. Lo anterior abre la posibilidad de un diagnóstico de errores, que se realizará de forma exhaustiva en los diferentes subexpertos. La posibilidad de ser expertos en una sola habilidad es difícil de encontrar en los instructores humanos, en general su conocimiento es global.

Se utiliza la técnica de seguimiento de asuntos para la intervención tutorial [20] combinada con un tutor tipo entrenador. Se detectan las habilidades que el estudiante utiliza de forma errónea; para lograrlo se utiliza el mecanismo propuesto por Burton et al. [2]. En esta arquitectura los agentes representan las distintas subhabilidades que conforman aquella motivo de la enseñanza. Cada agente se divide en dos subagentes. Uno de ellos es el que realiza el proceso de monitorización (diagnóstico) que es excluyente y con base en la evidencia obtenida se entra al siguiente subagente que es el encargado del proceso tutorial.

1.2 Trabajos relacionados

En este trabajo utilizamos un agente pedagógico cuyo comportamiento depende del aspecto reactivo del entorno. A continuación describimos algunos sistemas de aprendizaje que utilizan agentes pedagógicos.

Rickel y Johnson [19] desarrollan un agente autónomo con propósitos pedagógicos dentro de un entorno virtual de aprendizaje. Los entornos virtuales son utilizables en entrenamiento, especialmente donde la vida depende de ello; como es combate aéreo, o en procesos de manufactura complejos.

El dominio representado en el entorno está relacionado con el entrenamiento de uso y compostura de maquinaria compleja. El agente en cuestión se llama Steve y está capacitado para verificar y manipular entornos virtuales dinámicos. También puede adoptar distintas formas como el de una figura humana o manos que realizan tareas de indicadores.

Steve utiliza una serie de capacidades inteligentes durante sus interacciones con el estudiante y el entorno que le permiten realizar acciones de: revisión o ejecución de un plan, explicaciones y un proceso de monitorización sobre el desarrollo del estudiante.

Un agente virtual autónomo puede ser de invaluable valor cuando los estudiantes no reconocen que sus acciones son inapropiadas o simplemente no son óptimas; en cuyo caso un agente virtual puede intervenir con consejos apropiados. Otras veces pueden encontrarse con situaciones que no son familiares y debido a la insuficiencia de conocimiento para afrontar la situación se podrían ver beneficiados si tuvieran alguien que les guiara, contestara sus dudas o mostrara el procedimiento. Otro aspecto importante es que pueden simular el hecho de perder personal, permitiendo al estudiante entrenarse en tareas multi-persona sin necesidad de otros humanos.

Steve 'habita' en el entorno virtual y registra constantemente el estado del entorno; el cual periódicamente controla a través de acciones virtuales. El objetivo de Steve es ayudar en el aprendizaje del desarrollo de tareas procedurales; como la operación y reparación de dispositivos complejos. Todas estas habilidades tutoriales están integradas en un agente. En el caso de Steve podríamos considerar al componente cognitivo como un SIA, capaz de decidir cuándo, cómo y qué decir.

En el trabajo de Lester y Stone [17] se enfatiza la confianza basada en la credibilidad que estos agentes pedagógicos deben dar al estudiante. La confianza es producto de dos fuerzas: la calidad visual del agente y la máquina-de-secuencias-de-comportamientos que los administra. Esta administración se realiza con base en la evolución de las interacciones con el usuario.

Un punto importante en esta implementación es la capacidad de generar distintos comportamientos ad-hoc a los motivos pedagógicos. Y la forma del administrador de comportamientos para premiarlos o penalizarlos; que es registrando el desarrollo y comparándolo con los comportamientos ad-hoc para determinadas situaciones. Una vez que se elige un comportamiento este es un agente autónomo que es capaz de interactuar con el estudiante. Este trabajo presenta una evolución que a continuación se describe.

En Lester et. al [18] se describen tres proyectos que utilizan agentes pedagógicos incursionando en diferentes aspectos:

El primero de ellos examina el papel que los agentes pueden jugar en el diseño de un entorno centrado en el constructivismo. Este enfoque ha recibido una atención incremental con los años, debido a su énfasis en el papel activo que tienen los usuarios cuando se trata de aprender nuevos conceptos y procedimientos. Debido a la inherente complejidad en el aprendizaje de solución de problemas, el papel que juegan los agentes al proporcionar consejos y explicaciones resulta interesante desde el punto de vista de interacción. Los agentes en este tipo de entornos deben exhibir: contextualidad, continuidad y temporalidad.

En el segundo se estudia el aspecto crítico que estos agentes pueden exhibir cuando coordinan gestos, locomoción y velocidad en tiempo real, y además utilizar objetos del entorno para lograr sus explicaciones. Este tipo de agentes debe ser capaz de moverse en entornos de

XVII Congreso Nacional y III Congreso Internacional de Informática y Computación de la ANIEI. Tepic, Nayarit, 20-22 de octubre del 2004. Memorias en CD, ISBN: 970-36-0155-3.

aprendizaje; señalando objetos y refiriéndose a ellos de forma concreta con el fin de proporcionar consejo en la resolución de problemas. Aquí se consideran las propiedades físicas del mundo que 'habitan' así como un planificador de comportamiento ad-hoc a la ocasión en curso.

En el tercero se examina el papel que estos agentes pueden tener en un entorno de tres dimensiones; utilizando un frame work de AVATAR. En este caso se conjuntan los aspectos anteriores y se agrega dos elementos fundamentales: 1) Un AVATAR y 2) un manejador de errores manipulado directamente por el AVATAR que consisten en: a) un detector de errores, b) clasificador de errores y c) un corrector de errores. El aprendizaje en estos entornos consiste en manipular directamente los objetos del entorno virtual a través del AVATAR.

Los beneficios que reporta el utilizar estos agentes pedagógicos al entorno educativo son: 1) cuidan el progreso del estudiante y convencen al estudiante que están en ello juntos, 2) son sensibles al progreso del estudiante por lo que son capaces de intervenir cuando el estudiante pierde interés o está frustrado, 3) pueden ser emotivos y entusiasmar al usuario con distintos niveles similares al humano, 4) un agente con una rica e interesante personalidad puede simplemente hacer el aprendizaje más divertido.

2. Diseño del instruccional del mecanismo del proceso de enseñanza – aprendizaje

Este diseño instruccional propuesto por Laureano et al. [15] consta de tres etapas: 1) un diseño didáctico, 2) un diseño cognitivo y un diseño del modelo mental del experto de la materia de enseñanza desarrollado y reportado en [14]. En este caso el dominio de enseñanza esta centrado en los sistemas de un grado de libertad.

Diseño Tutorial: al resultado de un diseño didáctico se le conoce como modelo cognitivo y éste es la representación final de un conjunto integrado por componentes estratégicos que nos permitirá: 1) secuenciar el material, 2) utilizar grafos conceptuales, 3) utilizar ejemplos, 4) la incorporación de la práctica en un determinado momento, y 5) el uso de estrategias para motivar a los estudiantes. Otro aspecto importante de este modelo didáctico es que debe mostrar los diferentes aspectos que entran en juego en la enseñanza, con el fin de alcanzar los objetivos deseados del mejor modo posible y bajo las condiciones anticipadas.

Esquemas o modelos mentales: uno de los objetivos de los modelos mentales es encontrar relaciones entre los modelos cualitativos y las explicaciones causales, que permiten al estudiante involucrarse con distintas estrategias de aprendizaje como son: explorar, solicitar demostraciones tutoriales, y/o explicaciones, y/o resolución de problemas. Estas relaciones nos permitirán manejar los distintos razonamientos con el fin de abordar los distintos escenarios creados para el aprendizaje de los conceptos involucrados en el conocimiento específico del dominio (desde el punto de vista cualitativo).

Diseño Cognitivo: De acuerdo a Estévez uno de los principales conceptos que ha venido a revolucionar la inclusión de las ciencias cognitivas en el desarrollo de modelos didácticos es la concepción del conocimiento como representación interna que se construye y organiza en estructuras internas llamadas esquemas o modelos mentales [10].

Los esquemas mentales permiten conocer los diferentes estados que hacen posible la madurez de la experticia y la diferencia de comportamiento entre novatos y expertos en la solución de problemas utilizando diferentes estrategias para llegar a la solución. De aquí que sean un elemento a considerar cuando se desarrollan sistemas de software que conlleven el uso de técnicas de inteligencia artificial como son: los sistemas de aprendizaje inteligentes y los sistemas expertos, entre otros.

2.1 Los Modelos Cognitivos del aprendizaje

El resultado de la etapa anterior es un modelo cognitivo de aprendizaje con el fin de esclarecer los procesos de enseñanza-aprendizaje. Estos modelos han sido utilizados con éxito en el análisis: 1) del dominio [11], 2) para modelar conductas reactivas [11] y [12], 3) de la resolución de problemas para representar la forma en que el novato migra hacia la experticia [3], 4) de un modelo integral que además de incluir el aprendizaje de habilidades cognitivas incluye las afectivas, motivacionales y sociales [4], y 5) del diseño del currículo [7]. Laureano et al. proponen un procedimiento para desarrollar un modelo mental cualitativo [13]. Por otro lado el caso de estudio propone un entorno virtual [6] para el manejo del aprendizaje haciendo énfasis en la relación causa – efecto que guardan los elementos que constituyen los sistemas de un grado de libertad. Partiendo de esta propuesta y del modelo didáctico-cognitivo desarrollado en [14], se reportan las diferentes clases de errores que inducen a la elección del repertorio de conductas del agente pedagógico.

3. Planificación experimental de un entrono cualitativo

A continuación se desarrolla un ejemplo concreto; comenzando con la planificación experimental. Posteriormente se obtiene el análisis cognitivo de tareas (ACT) [15]; que nos ayuda a establecer los errores por pasos. Estos últimos serán los eventos que darán pauta al comportamiento del módulo tutorial que va acompañado de los distintos comportamientos del agente.

En el trabajo de García et al. [9] se desarrolla una didáctica general y este trabajo es tomado como base para incluir dentro de esta didáctica a los errores cometidos durante el desarrollo de proceso de aprendizaje de un estudiante [16]. Esta parte será explicada con más detalle en la sección 4. A continuación ofrecemos un ejemplo concreto que pertenece a los sistemas de un grado de libertad y comenzamos con la planificación experimental que se llevará a cabo en un entrono virtual.

La ecuación de movimiento de una estructura simple puede plantearse a partir de los siguientes pasos:

- a) Definir si la estructura es un S1GL. Dentro del contexto de este tutor, esto implica revisar si satisface los requisitos impuestos por condiciones físicas y de movimiento.
- b) Establecer con claridad el grado de libertad a partir del cual se establece el estado de movimiento de la masa (puede ser un desplazamiento o un giro).
- c) Establecer la masa concentrada del sistema masa-resorte-amortiguador a partir de la masa y su distribución en la estructura.
- d) Establecer la rigidez del resorte del sistema masa-resorte-amortiguador a partir de la rigidez que aportan los elementos estructurales de la estructura simple. La rigidez del resorte es igual a la fuerza que hay que aplicarle a la masa de la estructura simple para inducirle un desplazamiento unitario en dirección del grado de libertad escogido en b).
- e) Establecer el coeficiente del amortiguador. A estas alturas, este coeficiente será proporcionado por el tutor.
- f) Establecer la ecuación de movimiento de la estructura simple a partir de las propiedades del sistema masa-resorte-amortiguador.

La Tabla 1 muestra los errores que se pueden cometer en cada paso de la planificación experimental, estos errores son causa directa de una falta de conocimiento. Estos errores son los que alimentan el motor de inferencia del módulo tutorial. Y estas intervenciones son las que se vincularán a los distintos comportamientos que puede exhibir un agente pedagógico.

Table 1. Errores cometidos en los distintos pasos

Paso	Error(s)	Causa(s)	Estrategias didácticas
a	No puede definir las estructuras que se clasifican como SIGL	Por: 1. traslación o por giro y 2. condición física	Acciones didácticas ad-hoc
b	No logra establecer el grado de libertad	El alumno no identifica para donde se mueve la masa de la estructura	Acciones didácticas ad-hoc
c	Sobre-estimar la masa	Confusión entre los conceptos de masa y peso	Acciones didácticas ad-hoc
c	Sub-estimar la masa	1. No cuantificó bien el área o 2. Se despistaron con la magnitud del peso	Acciones didácticas ad-hoc
d	Sobre o sub – estimar la rigidez	1. no identifica todos los elementos resistentes 2. no calcula bien la restricción que aporta cada elemento	Acciones didácticas ad-hoc
e	No existe error	El dato es dado	Acciones didácticas ad-hoc
f	No poder establecer la ecuación	No conocer la ecuación	Acciones didácticas ad-hoc

4. Mecanismo de selección de las distintas conductas manejadas por el agente pedagógico

El problema de selección-acción puede ser visto como:

1. Dado un agente con múltiples objetivos y variación en el tiempo; implica la elección de una o varias acciones entre un conjunto de éstas.

XVII Congreso Nacional y III Congreso Internacional de Informática y Computación de la ANIEI. Tepic, Nayarit, 20-22 de octubre del 2004. Memorias en CD, ISBN: 970-36-0155-3.

2. Algunas de ellas son ejecutables de acuerdo a un conjunto de datos específicos en un instante dado.
3. Una acción debe ser elegida por el agente de forma tal que sean optimizados sus objetivos.
4. En teoría es posible calcular la óptima política de selección-acción para un agente con base en un conjunto fijo de objetivos que viven en un determinado entorno (determinístico o probabilístico).

Los diferentes modelos de selección-acción deben contemplar los siguientes tres problemas:

- 1.Cuál es la naturaleza de los objetivos
- 2.Cuál es la naturaleza de los datos percibidos
3. Cómo generar la mejor política de selección-acción (en función de los dos puntos anteriores)

Con base en las secciones anteriores y en: 1) el trabajo de Lester et al. [18] que nos sugiere un repertorio de comportamientos que debe tener un agente pedagógico, 2) el trabajo de Laureano et al. [16] donde se desarrolla un grafo conductual como base del motor de inferencia del módulo tutorial; se desarrolló la propuesta de los distintos tipos de comportamientos unidos a los distintos tipos de eventos detectados durante el proceso de enseñanza-aprendizaje.

En este caso, cada error es considerado un evento que alimentará al módulo del proceso tutorial quien es el encargado del proceso de selección, que elegirá la estrategia didáctica adecuada. En este caso el módulo del proceso tutorial es alimentado además por otros eventos producto de la historia del desarrollo del estudiante durante una sesión con el sistema de aprendizaje, estos eventos se encuentran en la Tabla 2. Todo el motor de intervención del módulo tutorial esta gobernado por un motor de inferencia ensamblado tomando como base un mapa cognitivo difuso [9, 16].

Cada estrategia didáctica esta ensamblada como una secuencia de acciones didácticas en las que interviene el agente pedagógico. En la Tabla 2. se muestran los distintos comportamientos que exhibe el agente pedagógico de acuerdo a los distintas entradas que percibe; mismas que son el producto de percibir el estado de aprendizaje del alumno.

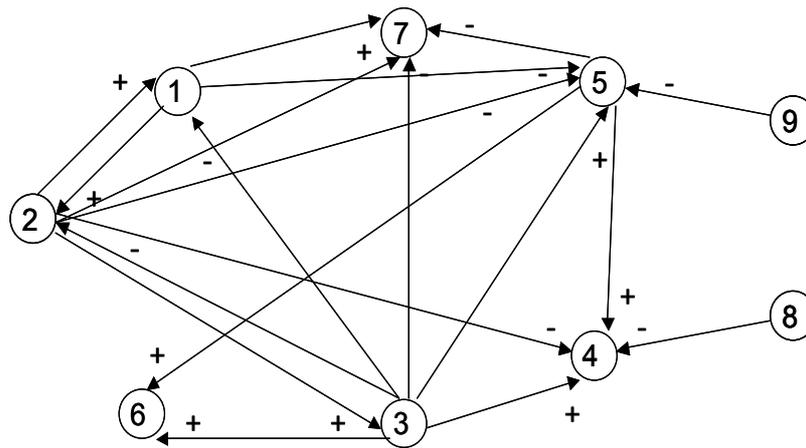
Tabla 2. Comportamientos del agente con base en el estado del entorno

Entradas del entorno (datos percibidos)	Tipos de comportamiento						
	1	2	3	4	5	6	7
1. Interés por el tema				✓		✓	
2. Gusto por seguir						✓	
3. Necesidad de ayuda		✓		✓	✓		
4. Uso de incentivos					✓	✓	
5. Interrupción necesaria	✓	✓		✓			
6. Salir del tutorial							
7. Expectancia	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
8. Tiempo sin hacer nada		✓			✓	✓	
9. Error	✓	✓		✓			✓

1. Explicaciones Conceptuales
2. Consejos a solución de problemas
3. Introducción a los problemas (contextualización)
4. Recordatorio (consejos previamente expuestos)
5. Sugerencias con nivel de prioridad (en novatos se sugiere y se toma el control)

6. Interjecciones (puntualiza aspectos importantes del progreso ejem. Felicitaciones, ánimo).
7. Transiciones (metacomentarios que señalan un comentario que viene ejem. Parece que tenemos dificultades, tal vez esto ayude).

Fig. 1 Grafo conductual



En el grafo de la Figura 1, se muestran las influencias de conductas. Podemos apreciar como el *error* alimenta directamente a una intervención de *sugerencias por nivel de prioridad*. Y como *el tiempo sin hacer nada* alimenta a la conducta que utiliza *uso de incentivos*. En este grafo se interrelacionan todas ellas dónde la influencia puede ser positiva o negativa. En el caso de una influencia positiva implica que la presencia de un determinado estímulo (datos percibidos) aumenta la posibilidad de que se presente el afectado y viceversa en el caso de influencia negativa, esto es, se disminuye la posibilidad de que se presente el afectado. En el caso de la expectativa estamos hablando del nivel de aprendizaje, lo que significa que su presencia implica que hay problemas en algún punto, como podría ser: a) que disminuya el interés por el tema, b) que necesite ayuda, c) que exceda el tiempo permitido sin hacer nada, d) que cometa un error, e) que exista la necesidad de una interrupción necesaria (ver Tabla 2). Este grafo representa el estado del entorno, en otras palabras, representa el estado del proceso de aprendizaje del estudiante y con base en este estado (que cambia momento a momento) es que se genera la intervención tutorial; y la intervención tutorial en este caso, esta vinculada a las conductas listadas en la Tabla 2.

5. Conclusiones

El tema de agentes pedagógicos es un tema poco desarrollado uno de los problemas de diseño que existen son la elección de los comportamientos, además de la complejidad del

XVII Congreso Nacional y III Congreso Internacional de Informática y Computación de la ANIEI. Tepic, Nayarit, 20-22 de octubre del 2004. Memorias en CD, ISBN: 970-36-0155-3.

diseño de software. Un primer paso es vincular los comportamientos a los eventos que se consideran en la dinámica del entorno reactivo. En este trabajo se describe dicha vinculación de acuerdo a los distintos eventos presentados durante el proceso de enseñanza-aprendizaje.

Actualmente se desarrolla un sistema de aprendizaje cuyo dominio se encuentra en los sistemas de un grado de libertad, hasta el momento tenemos desarrollados los entornos reactivos y el mecanismo de intervención tutorial a través de un mapa cognitivo genético.

Este es un proyecto que se está desarrollando con un enfoque de nivel universitario. Los trabajos reportados hasta el momento son desarrollos a nivel secundaria. Así que cada paso es un descubrimiento.

Agradecimientos: Este trabajo es parte de un proyecto financiado de **SEP-CONACYT 39970-H. Comportamiento Conductual y Cognitivo de Agentes Pedagógicos en los Sistemas Inteligentes de Aprendizaje.**

Referencias

1. Brooks, R. Intelligence Without Representation. *Artificial Intelligence*, 47. pp. 139-159. 1991.
2. Burton, R. y J. Brown. An Investigation of Computer Coaching for Informal Learning Activities. In D. Sleeman & J. S. Brown (Eds.) *Intelligent Tutoring Systems*, pp. 79-98. New York Academic Press. 1982.
3. de Arriaga, F., El Alami, M., Ugena A. Acceleration of the Transfer of Novices into Experts: the Problem of Decision Making, *Proceedings International Conference BITE'01*. pp-245-258, University of Eindhoven. 2001.
4. Castañeda, S., Martínez, R. Enseñanza y aprendizaje estratégicos: Modelo integral de evaluación e instrucción. En *Revista Latina de Pensamiento y Lenguaje*. 4:2B, 251-278. 1999.
5. de Arriaga F., El Alami M. El Aprendizaje Centrado en el Estudiante: Aprendizaje por Problemas. Capítulo 33, 515-529. *Educación, aprendizaje y cognición. Teoría en la Práctica*. Publicado por la Universidad de Guadalajara y la Editorial El Manual Moderno. 2004.
6. El Alami, M., de Arriaga, F. y Laureano, A. Simulación Inteligente para el aprendizaje de la toma de decisiones. Capítulo 35, 545-555. *Educación, aprendizaje y cognición. Teoría en la Práctica*. Publicado por la Universidad de Guadalajara y la Editorial El Manual Moderno. 2004.
7. Estévez-Nénninger E.H. *Enseñar a Aprender: estrategias cognitivas*. Colección Maestros y Enseñanza. (Ed.) Piados. México-Buenos Aires-Barcelona. 2002.
8. Forbus, K.D. Qualitative Process Theory. En *Revista Artificial Intelligence*. 24: 85-168. 1984.
9. García, H., Reyes C. and Morales, R. Diseño e Implementación de Mapas Cognitivos Difusos para Tutoriales Inteligentes. *Memorias del XV Congreso Nacional y I Congreso Internacional de Informática y Computación de la ANIEI*. Vol. I, pp. 51 – 59, octubre, 2002.
10. Johnson-Laird, P. N. *Mental Models*. Cambridge: Cambridge University Press. Cambridge, Mass.:Harvard University Press. 1983.
11. Laureano, A. y F. de Arriaga . Reactive Agent Design for Intelligent Tutoring Systems. En *Cybernetics and Systems (an International Journal)*. Vol. 31, pp. 1-47. ISSN: 0196-9722. (Ed). TAYLOR & FRANCIS. 2000.
12. Laureano, A., de Arriaga, F. y García-Alegre, M. Cognitive task analysis: a proposal to model reactive behaviours. En *Journal of Experimental & Theoretical Artificial Intelligence*. (13)(2001)227-239. 2001.

XVII Congreso Nacional y III Congreso Internacional de Informática y Computación de la ANIEI. Tepic, Nayarit, 20-22 de octubre del **2004**. Memorias en CD, ISBN: 970-36-0155-3.

13. Laureano, A., Terán, A., de Arriaga, F. y El Alami M. La Importancia de las Estrategias Cognitivas en el Diseño del Currícula Didáctico. Vol. I, pp. 35 – 41. En el *XVI Congreso Nacional y II Congreso Internacional de Informática y Computación de la ANIEI*. Zacatecas, 22-24 de octubre del 2003.
14. Laureano, A., Terán, A. And de Arriaga, F. Un Enfoque Didáctico-Cognitivo del Análisis de los Conceptos de los Sistemas de un Grado de Libertad. En *Revista Digital Universitaria*. <http://www.revista.unam.mx/> Vol. 4, Num 7, 30 de noviembre de 2003.
15. Laureano, A., de Arriaga, F. y El Alami, M. Técnicas Útiles a la Construcción de Simulación Inteligente en el Campo Educativo. Capítulo 36, 557-574. Libro *Educación, aprendizaje y cognición. Teoría en la Práctica*. Publicado por la Universidad de Guadalajara y la Editorial El Manual Moderno. 2004.
16. Laureano-Cruces, A., Ramírez-Rodríguez, J., Terán-Gilmore, A. Evaluation of the Teaching-Learning Process With Fuzzy Cognitive Maps. En *Memorias de Ibero-American Conference on Artificial Intelligence. IBERAMIA 2004*. LECTURE NOTES in COMPUTER SCIENCE, Springer-Verlag, Noviembre 22-26 Puebla, MÉXICO, 2004.
17. Lester, J.C. y B.A. Stone. Increasing Believability in Animated Pedagogical Agents. En *Memorias Autonomous Agents 97*, pp. 16-21. Marina del Rey California USA. ISBN: 0-89791-877-0/97/02. 1997.
18. Lester, J., Callaway, Ch., Grégoire, J., Stelling, G., Towns, S., y Zettlemoyer, L. Animated Pedagogical Agents in Knowledge-Based Learning Environments. *Smart Machines in Education*. The MIT Press. 2001.
19. Rickel, J. y L. Jhonson. Integrating Pedagogical Capabilities in a Virtual Environment Agent. En *Memorias Autonomous Agents 97*, pp. 30-38. Marina del Rey California USA. ISBN: 0-89791-877-0/97/02. 1997.
20. VanLhen, K. Student Modeling (Capítulo III). En *Foundations of Intelligent Tutoring Systems*. Eds. Martha C. Polson and J. Jeffrey Richardson. Lea eds. Hove & London. 1988.