

Novática, revista fundada en 1975, es el órgano oficial de expresión y formación continua de ATI (Asociación de Técnicos de Informática). Novática edita también Upgrade, revista digital de CEPIS (Council of European Professional Informatics Societies), en lengua inglesa.

<<http://www.ati.es/novatica/>>
<<http://www.upgrade-cepis.org/>>

ATI es miembro de CEPIS (Council of European Professional Informatics Societies) y tiene un acuerdo de colaboración con ACM (Association for Computing Machinery). Tiene asimismo acuerdos de vinculación o colaboración con AdaSpain, AF y ASTIC

CONSEJO EDITORIAL

Antoni Carbonell Noguera, Francisco López Crespo, Julián Marcelo Cocho, Celestino Martín Alonso, Josep Molas i Bertran, Roberto Moya Quiles, César Pérez Chirinos, Mario Piattini Velthuis, Fernando Piena Gómez (Presidente del Consejo), Miquel Sarries Grinó, Carmen Ugarte García, Asunción Yturbe Herranz

Coordinación Editorial
Rafael Fernández Calvo <rfcalvo@ati.es>

Composición y autoedición
Jorge Llácer

Administración
Tomás Brunete, María José Fernández, Joaquín Navajas, Felicidad López

SECCIONES TÉCNICAS: COORDINADORES

Arquitecturas
Jordi Tubella (DAC-UPC) <jordit@ac.upc.es>

Bases de Datos
Coral Calero Muñoz, Mario G. Piattini Velthuis (Escuela Superior de Informática, UCLM) <Coral.Calero@uclm.es>, <mpiattini@inf-cr.uclm.es>

Calidad del Software
Juan Carlos Granja (Universidad de Granada) <jcgranja@goliat.ugr.es>

Derecho y Tecnologías
Isabel Hernando Collazos (Fac. Derecho de Donostia, UPV) <ihernando@legaltek.net>

Enseñanza Universitaria de la Informática
Joaquín Ezpeleta (CPS-UZAR) <ezpeleta@posta.unizar.es>
Cristóbal Pareja Flores (DSIP-UCM) <cpareja@sip.ucm.es>

Informática Gráfica
Roberto Vivó (Eurographics, sección española) <rvivo@dsic.upv.es>

Ingeniería del Software
Luis Fernández (PRIS-ELIUEM) <lufern@dpris.esi.uem.es>

Inteligencia Artificial
Federico Barber, Vicente Botti (DSIC-UPV) <fvbotti_fbarber@dsic.upv.es>

Interacción Persona-Computador
Julio Abascal González (FI-UPV) <julio@si.ehu.es>

Internet
Alonso Álvarez García (TID) <alonso@ati.es>
Llorenç Pagés Casas (Indra) <spages@ati.es>

Lengua e Informática
M. del Carmen Ugarte (IBM) <cugarte@ati.es>

Lenguajes informáticos
Andrés Marín López (Univ. Carlos III) <amarin@it.uc3m.es>
J. Ángel Velázquez (ESCET-URJC) <a.velazquez@escet.urjc.es>

Libertades e Informática
Alfonso Escolano (FIR-Univ. de La Laguna) <aescolan@ull.es>

Lingüística computacional
Xavier Gómez Guinovart (Univ. de Vigo) <xgg@uvigo.es>
Mamuel Palomar (Univ. de Alicante) <mpalomar@dlsi.ua.es>

Mundo estudiantil
Adolfo Vázquez Rodríguez (Rama de Estudiantes del IEEE - UCM) <a.vazquez@ieee.org>

Profesión informática
Rafael Fernández Calvo (ATI) <rfcalvo@ati.es>
Miquel Sarries Grinó (Ayto. de Barcelona) <msarries@ati.es>

Seguridad
Javier Areitio (Redes y Sistemas, Bilbao) <jareitio@orion.deusto.es>

Sistemas de Tiempo Real
Alejandro Alonso, Juan Antonio de la Puente (DIT-UPM) <jaalonso.jp puente@diti.upm.es>

Software Libre
Jesús M. González Barahona, Pedro de las Heras Quirós (GSYC, URJC) <jgpb.pheras@gsyc.escet.urjc.es>

Tecnología de Objetos
Esperanza Marcos (URJC) <e.marcos@escet.urjc.es>
Gustavo Rossi (LIFIA-UNLP, Argentina) <gustavo@sol.info.unpl.edu.ar>

Tecnologías para la Educación
Benita Compostela (E. CC. PP. UCM) <benita@diel.unet.es>
Josep Sales Rufi (ESPIRAL) <jsales@pir.xtec.es>

Tecnologías y Empresa
Pablo Hernández Medrano <phmedrano@terra.es>

TIC para la Sanidad
Valentín Masero Vargas (DI-UNEX) <vmasero@unex.es>

Las opiniones expresadas por los autores son responsabilidad exclusiva de los mismos. Novática permite la reproducción de todos los artículos, salvo los marcados con © o copyright, debiéndose en todo caso citar su procedencia y enviar a Novática un ejemplar de la publicación.

Coordinación Editorial y Redacción Central (ATI Madrid)
Padilla 66, 3º, dcha., 28006 Madrid
Tf: 914029391; fax: 913093685 <novatica@ati.es>

Composición, Edición y Redacción ATI Valencia
Palomino 14, 2º, 46003 Valencia
Tf: fax 963918531 <secreval@ati.es>

Administración y Redacción ATI Cataluña
Via Laietana 41, 1º, 08003 Barcelona
Tf: 934125235; fax 934127713 <secregen@ati.es>

Redacción ATI Andalucía
Isaac Newton, s/n, Ed. Sadiel, Isla Cartuja 41092 Sevilla
Tf: fax 954460779 <secreand@ati.es>

Redacción ATI Aragón
Lagasca 9, 3-B, 50006 Zaragoza
Tf: fax 976235181 <secreara@ati.es>

Redacción ATI Asturias-Cantabria <gp-astucant@ati.es>
Redacción ATI Castilla-La Mancha <gp-clmancha@ati.es>

Redacción ATI Galicia
Recinto Ferial s/n, 36540 Silleda (Pontevedra)
Tf: 986581413; fax 986580162 <secregal@ati.es>

Suscripción y Ventas: <<http://www.ati.es/novatica/interes.html>>, o en ATI Cataluña y ATI Madrid

Publicidad: Padilla 66, 3º, dcha., 28006 Madrid
Tf: 914029391; fax: 913093685 <novatica.publicidad@ati.es>

Imprenta: 9-Impressió S.A., Juan de Austria 66, 08005 Barcelona.
Depósito Legal: B 15.154-1975

ISBN: 0211-2124; CODEN NOVAEC

Portada: Antonio Crespo Foix / © ATI 2002

NOVÁTICA

CEPIS UPGRADE

Revista
de la Asociación
de Técnicos
de Informática

SEPTIEMBRE - OCTUBRE 2002

159

SUMARIO

En resumen: **La Inteligencia Artificial o el sueño de Turing** 3
Rafael Fernández Calvo

Monografía: «Inteligencia Artificial: una tecnología con futuro»
(En colaboración con **Upgrade**)

Editores invitados: *Federico Barber, Vicente J. Botti y Jana Koehler*
Presentación. IA: pasado, presente y futuro 4
(Incluye «Referencias útiles sobre IA»)

Federico Barber, Vicente Botti, Jana Koehler
La comunicación oral con los computadores 8

Francisco Casacuberta Nolla
Avances en investigación sobre planificación en

Inteligencia Artificial y sus aplicaciones 11
Derek Long, Maria Fox

Tendencias en Aprendizaje Automático 25
Ramon López de Mántaras Badía

Sistemas Basados en Conocimiento 31
José Mira Mira, Ana E. Delgado García

Robots físicos cooperativos y fútbol robótico 38
Bernhard Nebel, Markus Jäger

Inteligencia Artificial y Educación: una visión panorámica 44
Maite Urretavizcaya Loinaz, Isabel Fernández de Castro

Secciones Técnicas

Bases de Datos
Metodologías de desarrollo de Sistemas de Información en la Web y análisis comparativo 49
M. José Escalona, Manuel Mejías, Jesús Torres

Enseñanza Universitaria de la Informática
Enfoques en el estudio de las interfaces de usuario 60
Juan Falgueras, Antonio Luis Carrillo, Antonio Guevara

Seguridad
La seguridad en las transacciones electrónicas a través de Internet 65
Ana Belén Alonso Conde, Rafael Moreno Vozmediano

Referencias autorizadas 70

Sociedad de la Información

Programar es crear
Gestión de una partición fija de memoria 73
25º Concurso Internacional de Programación ACM (2001): problema G
No taléis el bosque por culpa de los árboles: solución 74
Ángel Herranz, Julio Mariño, Manuel Carro, Pablo Sánchez

Asuntos Interiores

Coordinación editorial / Programación de Novática 78
Normas de publicación para autores / Socios Institucionales 79

Monografía del próximo número:
«Seguridad en Comercio/Negocio Electrónico»

Federico Barber¹, Vicente J. Botti¹, Jana Koehler²

¹Departamento de Sistemas Informáticos y Computación, Universidad Politécnica de Valencia; ²Laboratorio de Investigación de IBM, Zürich (Suiza)

<fbarber, vbotti}@dsic.upv.es>
<koe@zurich.ibm.com>

La **Inteligencia Artificial (IA)**, definida como “*El estudio de cómo programar computadoras que posean la facultad de hacer aquello que la mente humana puede realizar*” (Minsky), toma un sentido científico viable, como disciplina informática moderna, durante la segunda mitad del siglo XX y es el resultado directo de la confluencia de diversas corrientes intelectuales (Teoría de la Computación, Cibernética, Teoría de la Información, Procesamiento Simbólico, Psicología) desarrolladas sobre los cimientos formales de la Lógica y la Matemática Discreta, e impulsadas por el desarrollo de los ordenadores digitales. Particularmente, la IA supone un serio esfuerzo en entender la complejidad de la experiencia humana en términos de proceso de información. Y no solamente trata sobre cómo representar y usar lógicamente una compleja e incompleta información, sino cuestiones sobre cómo ver (visión), moverse (robótica), comunicarse (lenguaje natural, habla), aprender, etc.

El comportamiento inteligente humano, como el que la IA trata de emular, presenta diversos aspectos diferenciales. Uno de ellos trata fundamentalmente con procesos de razonamiento *cognitivo*, con claras relaciones con la lógica. Otro aspecto es de naturaleza más bien *perceptiva* (visión, habla, etc.) y, aunque comparte problemas y métodos con el anterior enfoque, suele ser más riguroso desde el punto de vista de la expresión formal. Particularmente, sus problemas, técnicas y métodos específicos constituyen el objeto de la disciplina conocida como *Reconocimiento de Formas*. Por otra parte, podemos considerar la IA *simbólica*, relacionada con un proceso sobre símbolos del conocimiento, y la IA *conexionista*, donde el proceso inteligente se simula mediante elemento básicos de proceso, usualmente cuantitativos.

Ciñéndonos al núcleo común de la IA, se encuentra una amplia variedad de orientaciones, considerando tanto aspectos propios del pensamiento humano como aspectos relacionados con su comportamiento. Cada uno de estos enfoques puede ser tratado mediante *aproximaciones empíricas*, utilización de hipótesis y posterior confirmación experimental, como mediante *aproximaciones racionalistas*, que requieren una combinación matemático-lógica y procesos de ingeniería (**tabla 1**).

Las definiciones que se incluyen en la **tabla 1** tratan específicamente de definir la IA desde cada uno de estos diferentes aspectos. Particularmente, las definiciones de la fila superior están enfocadas hacia procesos relacionados con el *razonamiento* o el *pensamiento* y las inferiores a procesos relacionados con el *comportamiento*. Las definiciones de la columna izquierda miden el éxito de la

Presentación

IA: pasado, presente y futuro

IA desde una perspectiva *humana* (que requiere una aproximación empírica) y las de la columna derecha desde una perspectiva racional, un ideal concepto de inteligencia, que puede llamarse racionalidad.

En los últimos años, la investigación en IA ha experimentado un notable cambio respecto a los contenidos y la metodología a seguir. Cada vez es más frecuente construir sistemas de IA basados en teorías existentes en lugar de

Editores invitados

Federico Barber, Ingeniero de Telecomunicación y Doctor en Informática, es actualmente Catedrático de Universidad en la Universidad Politécnica de Valencia. Ha sido Decano de la Facultad de Informática de dicha Universidad, editor de 'Inteligencia Artificial, Revista Iberoamericana de I.A.', y actualmente es Presidente de la Asociación Española para la Inteligencia Artificial (AEPIA). Sus áreas de trabajo se centran fundamentalmente en los problemas de satisfacción de restricciones (*scheduling*, optimización, planificación temporal con recursos, razonamiento temporal, etc.), donde ha desarrollado modelos y aplicaciones propias, así como en la temática de la ingeniería del conocimiento. Colidera un amplio grupo de investigación y ha publicado un relevante número de artículos científicos. Asimismo, ha participado/liderado proyectos de investigación nacionales e internacionales (CICYT, MCyT, ESPRIT, etc.), convenios de transferencia tecnológica, así como ha formado parte de diversos comités científicos en la materia. Es socio senior de ATI y coordinador de la sección técnica de IA de esta revista.

Vicente J. Botti, Ingeniero Industrial y Doctor en Informática, es actualmente Catedrático de Universidad del Área de Lenguajes y Sistemas Informáticos en la Universidad Politécnica de Valencia. Ha sido Director del Departamento de Sistemas Informáticos y Computación de dicha Universidad. Sus áreas de trabajo se centran fundamentalmente en los sistemas multiagente, en concreto en los sistemas multiagente de tiempo real, en los sistemas de tiempo real, en la robótica móvil, donde ha desarrollado modelos, arquitecturas y aplicaciones propias, así como en la temática de la ingeniería del conocimiento. Colidera un amplio grupo de investigación que tiene como línea de investigación general la Inteligencia Artificial, ha publicado del orden de 100 artículos científicos. Ha sido y es investigador principal de proyectos financiados con fondos nacionales e internacionales (CICYT, MCyT, ESPRIT, etc.), convenios de transferencia tecnológica, así como miembro diversos comités científicos en las áreas de interés. Es socio senior de ATI y coordinador de la sección técnica de IA de esta revista.

Jana Koehler es investigadora y jefa de proyecto en el Laboratorio de Investigación de IBM de Zürich (Suiza), desde la primavera de 2001. Obtuvo el título de Doctora en 1994 en la Universidad de Saarbrücken (Alemania), donde había trabajado en el Centro Alemán de Investigación sobre Inteligencia Artificial desde 1990 a 1995 en un proyecto de planificación de IA. Desde 1996 a 1998 fue profesora adjunta en la Universidad de Freiburg (Suiza), donde comenzó a trabajar como consultora de gestión de tecnología para la empresa Schindler Elevators. Desde 1999 a 2001 trabajó como jefe de proyecto para dicha empresa. En IBM trabaja en nueva tecnología *middleware* para la integración y automatización de procesos de negocio basados en servicios web.

	Aproximación Empírica	Aproximación Racional
Pensamiento Humano	<p><i>Sistemas que piensan como humanos</i></p> <p>Ciencia Cognitiva</p> <p>"La interesante tarea de lograr que los computadores piensen ... máquinas con mentes, en su amplio sentido literal".</p> <p>"La automatización de actividades que vinculamos con procesos de pensamiento humano, actividades tales como la toma de decisiones, resolución de problemas, aprendizaje...".</p>	<p><i>Sistemas que piensan racionalmente</i></p> <p>Procesos lógico-matemáticos.</p> <p>"El estudio de facultades mentales a través del uso de modelos computacionales".</p> <p>"El estudio de los procesos que hacen posible percibir, razonar y actuar".</p>
Comportamiento Humano	<p><i>Sistemas que actúan como humanos</i></p> <p>Simulación de tareas Cognitivas</p> <p>"Diseñar sistemas con capacidad de realizar funciones que, realizadas por personas, requieren de inteligencia".</p> <p>"El estudio de cómo hacer computadores que hagan lo que, hasta el momento, los humanos hacen mejor".</p>	<p><i>Sistemas que actúan racionalmente</i></p> <p>Ejecución de Procesos Inferenciales</p> <p>"Un campo de estudio que busca explicar y emular la conducta inteligente en términos de procesos computacionales".</p> <p>"La rama de la informática relacionada con la automatización del comportamiento inteligente".</p>

Tabla 1. Diversas consideraciones de la IA desde distintas perspectivas. (Fuente: Stuart Russell and Peter Norvig, *Artificial Intelligence: A Modern Approach*, Prentice Hall, 1995).

proponer nuevas teorías, tomar como base rigurosos teoremas ó sólidas evidencias experimentales más que la intuición y demostrar la utilidad de las aplicaciones en el mundo real más que crear ejemplos de juguete. En áreas tales como la de los juegos, inferencia lógica y demostración de teoremas y diagnóstico médico surgen sistemas que se basan en rigurosos principios teóricos cuya ejecución puede ser tan buena o mejor que la de los expertos humanos. En otras áreas, como la del aprendizaje, percepción visual, robótica y comprensión del lenguaje natural, están lográndose rápidos avances mediante la aplicación de mejores métodos analíticos y gracias a una mejor comprensión de los problemas implicados.

Un buen modelo de lo anterior es el campo de la comprensión del lenguaje natural. En la década de los 70 se sometió a prueba una gran variedad de arquitecturas y enfoques *ad hoc* que fueron probados sobre unos cuantos ejemplos elegidos especialmente. Recientemente prevalecen en éste área los enfoques basados en los **modelos ocultos de Markov**, los cuales se basan en una rigurosa teoría matemática donde los modelos se generan mediante un proceso de aprendizaje basado en un gran volumen de datos del lenguaje real. La utilización de dichos modelos permite obtener clasificaciones cada vez mejores y la tecnología del lenguaje y su campo vinculado a la comprensión de caracteres manuscritos actualmente está en transición hacia aplicaciones industriales y de consumo.

Durante los 90 del pasado siglo, la *Lógica Difusa* se ha consolidado en diversos contextos de la I.A., el *paradigma conexionista* sigue avanzando, así como los *algoritmos genéticos*, motivándose el desarrollo de *sistemas híbridos*, a los que se trata de dotar de adaptabilidad. Se aportan nuevas metodologías de *adquisición del conocimiento*, como KADS (Stewart Tansley).

En *aprendizaje* se producen avances significativos y se proponen nuevos métodos. En cuanto a arquitecturas cognitivas se concreta la revolución del *planteamiento reactivo* en el desarrollo de *agentes autónomos*. Finalmente

en visión artificial se observa un *cambio de paradigma*, desde el enfoque pasivo clásico al *enfoque activo* (Alan Yuille), se conecta la tarea perceptual con la ejecución de acciones (binomio percepción-acción) estudiándose sus implicaciones en el desarrollo de sistemas de robótica con mejores prestaciones. Los trabajos de Tate y Chapman han dado lugar a una elegante síntesis de programas de *planificación*, convirtiéndolos en un sencillo marco de trabajo. Actualmente, sistemas de planificación se utilizan para la programación de trabajo de fábricas y de misiones espaciales. Adicionalmente los sistemas de *scheduling inteligente*, tratados desde el paradigma CSP (*Constraint Satisfaction Problems*), con la inclusión de técnicas de razonamiento temporal, o desde los sistemas basados en el conocimiento, suponen una respuesta alternativa a problemas clásicos e irresolubles.

El texto *Probabilistic Reasoning in Intelligent Systems* de Pearl (1988) señaló la bienvenida al uso de la **probabilidad** y la **teoría de las decisiones** en IA. La invención del formalismo *red de creencias* obedece a la necesidad de poder razonar eficientemente ante una combinación de evidencias inciertas. Este enfoque supera con creces a los sistemas de razonamiento probabilístico de las décadas de los años 60 y 70, y actualmente prevalece en la investigación de IA que se hace sobre razonamiento incierto y sistemas expertos (SE). El trabajo de Pearl, Horvitz y Heckerman sirvió para promover la noción de *SE normativos*, es decir, los que actúan racionalmente de acuerdo a la teoría de la decisión, sin que intenten imitar a los expertos humanos. Siguiendo esta línea, la **lógica difusa**, basada en la teoría de la posibilidad, surge como respuesta ante la dificultad de proporcionar entradas de datos precisas a los problemas. La teoría de la posibilidad fue introducida por Zadeh en 1965 para manejar la incertidumbre en sistemas difusos (borrosos), y tiene mucho en común con la probabilidad. Aunque inicialmente fue considerada una teoría incorrecta por los matemáticos, en realidad la teoría de la posibilidad aborda una problemática distinta. La lógica difusa ha sido ampliamente utilizada por los japoneses en el diseño y construcción de electrodomésticos.

Similares evoluciones se han dado en **robótica**, **visión por ordenador**, **aprendizaje automático** (incluidas las redes neuronales) y **representación del conocimiento**. Una mejor comprensión de los problemas y su complejidad, unida a una mayor capacidad de manejo matemático, han favorecido la creación de sólidos métodos de razonamiento.

Posiblemente estimulados por los avances logrados en la resolución de subproblemas de IA y basándose en esta nueva línea de tendencia más formalista, los investigadores han reiniciado sus trabajos en relación con el problema del «agente total». El trabajo de Newell, Laird y Rosenbloom (SOAR) es el ejemplo más conocido de una arquitectura general para un sistema de IA. Uno de los aspectos fundamentales de una **arquitectura general** es la capacidad para incorporar una diversidad de tipos de **toma de decisión**, que van desde la deliberación basada en el conocimiento hasta las respuestas por acto reflejo. Las nuevas arquitecturas de agentes tratan de compensar estos dos factores, respuestas *rápidas* para situaciones en las que lo primordial es el tiempo y deliberaciones basadas en el conocimiento cuando el agente dispone de tiempo para tomar en cuenta más información, para planificar anticipadamente, para manejar situaciones en las que no hay disponible una respuesta inmediata y para proponer mejores respuestas adaptadas específicamente a la situación en curso. Arquitecturas tales como SOAR tienen precisamente esta estructura, donde, mediante procesos de compilación como el **aprendizaje basado en explicaciones**, convierten información declarativa a nivel de deliberación en representaciones más eficientes que al final alcanzan el nivel reflejo.

La investigación en **IA en tiempo real** estudia todos los aspectos mencionados anteriormente. Los agentes que se encuentran en ambientes reales necesitan disponer de medios para controlar sus propias deliberaciones y también deben ser capaces de utilizar el tiempo concedido para razonamiento en ejecutar aquellos cálculos que aporten el mejor rendimiento. A medida que los sistemas de IA vayan aplicándose a dominios más complejos, todos los problemas se convertirán en problemas de tiempo real, puesto que el agente nunca dispondrá de suficiente tiempo para encontrar una solución exacta a un problema.

Evidentemente existe una gran necesidad de métodos que funcionen adecuadamente en situaciones de toma de decisiones más generales. En los últimos años aparecen dos técnicas prometedoras, los **algoritmos anytime** y las **técnicas de la teoría de la decisión**. El último elemento de la arquitectura de un agente es su mecanismo de **aprendizaje**. Los mecanismos de aprendizaje inductivo, aprendizaje por refuerzo y compilación pueden servir para todas las actividades de aprendizaje de un agente. Dichos mecanismos dependerán, indudablemente, del tipo de representación escogido. Las representaciones basadas en la lógica, redes neuronales y probabilísticas son formalismos conocidos y bien estudiados para los que existe una gran variedad de métodos de aprendizaje; conforme se crean nuevas representaciones, como por ejemplo las lógicas probabilísticas de primer orden, será necesario crear los respectivos algoritmos de aprendizaje.

La tecnología de **agentes/sistemas multiagente** (SMA) está realizando importantes aportaciones en la resolución de problemas de diversos dominios (comercio electrónico, subastas electrónicas, medicina, bolsa, sistemas de fabricación, sistemas de telefonía, etc.), donde aproxi-

maciones tradicionales no proporcionan soluciones suficientemente satisfactorias. El estudio de Sistemas Multi-Agentes se inició hace cerca de 20 años, dentro del área de la **Inteligencia Artificial Distribuida** (*Distributed Artificial Intelligence*, DAI). La DAI es un subcampo de investigación de la Inteligencia Artificial.

La DAI estudia el comportamiento inteligente de grupo que se deriva a partir de la cooperación de entidades llamadas agentes. Estudia cómo un grupo de módulos cooperan para dividir y compartir el conocimiento del problema y cómo se desarrolla la solución. La DAI se centra en el comportamiento global, con un comportamiento prefijado de los agentes. Estudia las técnicas y el conocimiento necesarios para la coordinación y distribución del conocimiento y las acciones en un entorno multi-agente.

Cuando examinamos la evolución de la IA, en su reciente medio siglo de historia, observamos una transición desde las teorías y sistemas embrionarios iniciales a los adaptables, robustos y amigables entornos actuales, basados en una amplia variedad de teorías lógicas, modelos cognitivos y aproximaciones desde la ingeniería. El *desarrollo tecnológico* y el *progreso en campos afines* (Neurofisiología, Psicología, Biología) tendrán mucho que decir en el futuro. Mediante un análisis de los sistemas de IA actuales y del modo en que éstos pueden ser ampliados, estaremos en disposición de identificar una diversidad de interrogantes cuya respuesta nos aproximará a sistemas inteligentes de propósito general.

En esta monografía de *Novática y Upgrade* se introducen algunas de las áreas y técnicas de la IA, que por su extensión resultaría imposible tratarlas en su totalidad, con la intención de ir publicando en futuros números nuevos trabajos introductorios sobre otras áreas y técnicas que permitan crear una cultura general sobre esta disciplina, con especial atención a su aplicabilidad y utilidad como solución alternativa donde otras técnicas o metodologías han fracasado o no proporcionan soluciones satisfactorias, o donde estas técnicas pueden proporcionar mejores soluciones.

Los artículos que se incluyen han sido realizados por muy relevantes investigadores/desarrolladores y cubren cada una de las áreas tratadas bajo un múltiple aspecto generalista, científico y aplicado, así como con una especial incidencia en sus desarrollo futuro. Mediante dichas contribuciones el lector puede hacerse una idea sobre la perspectiva histórica, su estado actual y posibilidades de futuro. Esperamos que las mismas permitan al lector un acercamiento a dichas áreas y conozca más las realidades actuales y retos planteados en las mismas. Los artículos que se incluyen son:

- «*La comunicación oral con los computadores*», por **Francisco Casacuberta Nolla**, sobre el desarrollo de sistemas que permiten una interacción oral con los computadores, de amplia utilidad en sistemas de reconocimiento de habla, traducción, etc.
- «*Avances en investigación sobre planificación en Inteligencia Artificial y sus aplicaciones*», por **Derek Long** y **María Fox**, donde se hace un repaso de las técnicas de planificación inteligentes, aplicaciones y retos actuales, que resultan de utilidad en la planificación de tareas, robots, recursos, etc.
- «*Tendencias en Aprendizaje Automático*», por **Ramón López de Mántaras Badía**, donde se revisa la capacidad y técnicas para aprender en los sistemas informáticos

Referencias útiles sobre IA

Elaboradas por *Federico Barber* y *Vicente J. Botti*

La Inteligencia Artificial es un área excepcionalmente viva. Además de sus aplicaciones y realizaciones prácticas reales, existe un gran componente de investigación y desarrollo, síntoma de los grandes retos por cubrir en sus objetivos. A continuación indicamos algunas de las referencias de asociaciones, conferencias, publicaciones de prestigio, enlaces de interés, etc. que reflejan la actividad y desarrollos en esta materia. *Sin pretender ofrecer una lista exhaustiva*, resumimos como muestra algunos de los items más relevantes, a los que hay que añadir las referencias que parecen en los artículos que componen esta monografía:

Asociaciones principales

- IJCAI (International Joint Committee on AI)
- ECCAI (European Coordination Committee for AI) <<http://www.eccai.org/>>
- AAAI (American Association for AI) <<http://www.aaai.org/>>
- IBERAMIA (Asociación de Asociaciones Iberoameri-canas) <<http://www.iberamia.org/>>
- AEPIA (Asociación Española Para la Inteligencia Artificial) <<http://www.aepia.org/>>

Algunas publicaciones electrónicas

- JAIR: Journal of A.I. Research <<http://www.jair.org/>>
- ETAIJ: Electronic Trans. on A.I. - ECAI <<http://www.etaij.org/>>
- Cognitive Systems Research <<http://www.elsevier.com/locate/cogsys>>

Publicaciones específicas

- AI Magazine (AAAI)
- Artificial Intelligence
- Artificial Intelligence Review
- Cognitive Brain Research
- Cognitive Science
- Computer Speech and Language
- Electronic Trans. on AI (AI Communications).
- Engineering Applications of Artificial Intelligence
- Data & Knowledge Engineering
- Data Mining and Knowledge Discovery
- Fuzzy Sets and Systems
- IEEE Trans. on Pattern Analysis and Machine Intelligence
- IEEE Transactions on Fuzzy Systems
- IEEE Transactions on knowledge and data engineering.
- IEEE Transactions on Man and Cybernetics
- IEEE Transactions on Neural Networks
- International Journal of Approximate Reasoning
- International Journal of Computer Vision

- Intelligent Systems and their applications
- International Journal of Pattern Recognition and A.I.
- Int. J. of Uncertainty Fuzzyness and Knowledge-Based Systems
- Knowledge Eng. Review.
- Machine learning
- Neural computation
- Neural Networks
- Pattern recognition.
- etc.

Conferencias y congresos

- IJCAI: International Joint Conference on A.I.
- ECAI: European Conference on A.I.
- IEEE Conference on Artificial Intelligence
- CAEPIA: Conferencia Española de Inteligencia Artificial.

Listas de distribución

- INT-ARTIF: Lista de Distribución de I.A. (RedIRIS) <<http://www.rediris.es/list/info/int-artif.html>>

Grupos de noticias

- comp.ai
- comp.ai.edu
- comp.ai.digest
- comp.ai.doc-analysis
- comp.ai.fuzzy
- comp.ai.games
- comp.ai.genetic
- comp.ai.nat-lang
- comp.ai.nlang-know-rep
- comp.ai.neural-nets
- comp.ai.philosophy
- comp.ai.shells
- comp.ai.vision

Otros enlaces de interés

- Instituto de Investigación en Inteligencia Artificial (IIIA), Consejo Superior de Investigaciones Científicas <<http://www.iiia.csic.es/>>
- Servicio de Noticias de la AAAI <<http://www.aaai.org/Pathfinder/html/current.html>>
- AI Topics <<http://www.aaai.org/Pathfinder/pathfinder.html>>
- TECNOCENCIA. Directorio en IA <<http://www.portaltecnociencia.es/index/DirectorioSEC.jsp?ISI=0616>>
- Artificial Intelligence Laboratory (MIT). <<http://www.ai.mit.edu/>>
- CMU Artificial Intelligence Repository <<http://www.cs.cmu.edu/Web/Groups/AI/html/air.html>>
- Artificial Intelligence Resources en el Institute For Information Technology <http://ai.iit.nrc.ca/ai_point.html>

inteligentes, como una de las características fundamentales y propias de la inteligencia.

- «*Sistemas Basados en Conocimiento*», por *José Mira Mira* y *Ana E. Delgado García*. Se presenta, con especial énfasis en los aspectos metodológicos, la Ingeniería del Conocimiento (Sistemas Basados en el Conocimiento, Sistemas Expertos), con un intento de aproximación al rigor de otras ingenierías.
- «*Robots físicos cooperativos y fútbol robótico*», por *Bernhard Nebel* y *Markus Jäger*. Aquí se hace un análisis de las técnicas y aplicaciones correspondientes a la actuación de robots físicos en tareas realizadas en entornos reales, donde es especialmente útil y requerida la adecuada cooperación de dichos robots.
- «*Inteligencia Artificial y Educación: una visión panorámica*», por *Maite Urretavizcaya Loinaz* e *Isabel Fernández de Castro*. Contiene una panorámica de las

diferentes aportaciones de la Inteligencia Artificial al mundo de la informática educativa y una revisión de los sistemas inteligentes educativos.

Por último quisiéramos agradecer a todos los participantes en esta monografía su interés y esfuerzo, así como a los editores de *Novática* y de *Upgrade* su apoyo, sugerencias e infinita paciencia en su gestación y desarrollo.

Nota del Editor de Novática: por razones ineludibles de espacio no se incluye en esta monografía el artículo «*Agentes autónomos y sistemas multiagente*» de *Carles Sierra*. Dicho artículo será publicado, en inglés, en el número 5/2002 de *Upgrade*, <<http://www.upgrade-cepis.org>>, y en un próximo número de *Novática*, en español