

Desarrollo y tendencias de la inteligencia artificial

Developing and artificial intelligence tendencies

Rueda C. Fabio¹, Rodríguez S. Alfonso² y Castellanos G. H. Camilo².
Fundación Universitaria de San Gil - UNISANGIL, Facultad de Ciencias Naturales e Ingenierías
Programa Ingeniería de Sistemas
San Gil, Colombia

frueda@unisangil.edu.co
arodriguez@unisangil.edu.co
hcastellanos@unisangil.edu.co

Recibido: 20 de diciembre de 2012

Aceptado: 04 de octubre de 2013

Resumen — Este artículo presenta una revisión en el tema del desarrollo y tendencias de la inteligencia artificial, pues está tomando amplia relevancia a nivel mundial en razón de la gran flexibilidad que tiene para resolver problemas relacionados con la medicina, ingenierías, militar y entretenimiento. El cine y los medios de comunicación han jugado un papel decisivo en la acogida y el interés suscitado por la inteligencia artificial. Tanto el desarrollo de entornos de programación amigables como lenguajes de programación especializada para inteligencia artificial, han facilitado enormemente el desarrollo de aplicativos que se encuentran en campos de estudio. Existe software por módulos que permiten modelar soluciones a problemas de forma fácil, atractiva y muy genérica usando inteligencia artificial.

Palabras clave — Inteligencia artificial, modelado de soluciones, agentes inteligentes, redes neuronales artificiales, lógica difusa.

Abstract — This article presents an overview on the issue of development and trends in artificial intelligence. Artificial intelligence is taking extensive global relevance, because its flexibility to solve the problems related to medicine, engineering, military and entertainment. The movies and the communication media have played a decisive role in the receptions and in the interest in artificial intelligence. Developing friendly programming environments and specialized programming languages for artificial intelligence have greatly facilitated the development of applications, in many study fields. There are software modules that allow modeling solutions to solve problems easily, attractively and in a generic way, using artificial intelligence.

Keywords — Artificial intelligence, solution modeled, intelligent agents, artificial neural network, fuzzy logic.

I. INTRODUCCIÓN

Películas como AI (por sus siglas en inglés Artificial Intelligence), Yo Robot, Aliens, Terminator y otras de

ciencia ficción, han estimulado la imaginación de personas del común, así como a quienes están de alguna forma vinculados a la academia. Sin embargo, estas no son del todo ficción, tienen un trasfondo de verdad, pues parte de las ideas que motivaron su creación, son producto de trabajos de investigación en curso o ya concluidos. Las películas de ficción prestan gran utilidad a la ciencia, como medio incentivador y motivador de nuevos proyectos de investigación. También ha resultado una herramienta poderosa para sensibilizar a autoridades y gobernantes sobre la importancia y utilidad que las inversiones públicas tienen el desarrollo científico.



Fig. 1: Películas de ciencia ficción, video juegos y robots usan Inteligencia Artificial.

¹ Doctor en tecnologías Energéticas y nucleares; Profesor, investigador y Director Grupo de investigación HYDRA.

² Magister en Gestión, aplicación y desarrollo de software; Profesor e investigador.

La actual generación de jóvenes, se está formando bajo un entorno "tecnológico", pues los medios de comunicación dedican gran parte de su tiempo a difundir noticias sobre adelantos tecnológicos, nuevas formas de trabajo, productos, esparcimiento y tendencias, información que está contenida en películas, documentales, entrevistas, eventos promocionales, exhibiciones y ferias, donde el público objetivo son niños y jóvenes. En esta época por la conquista del conocimiento, la herramienta con mayor acogida ha sido el computador, el cual ha permitido informarse, aprender y compartir temas de interés, además de facilitar que los jóvenes inicien proyectos científicos desde cada vez más temprano, pues no requieren permisos especiales, infraestructura física o profesores especializados ya que programas de simulación, modelado, planeación y construcción de prototipos han facilitado el auto-aprendizaje [1].

Todas estas tecnologías informáticas presentan un elemento en común, la I.A. (Inteligencia Artificial), debido a que todo programa computador presente en el mercado, contiene en alguna medida elementos de I.A, llámese: Lógica difusa, Redes Neuronales Artificiales, Sistemas Expertos, Algoritmos genéticos, Sistemas Híbridos, etc. [2].

II. TÉCNICAS ACTUALES

Hoy la Inteligencia Artificial esta siendo desarrollada usando un compendio amplio de tecnologías y técnicas como: Lógica difusa, Redes Neuronales Artificiales, Sistemas Expertos, Algoritmos genéticos, Sistemas Híbridos. Se han desarrollado lenguajes de programación, específicamente para inteligencia artificial así como se están desarrollando algunos que ubiquen la inteligencia artificial, en un nivel más elevado.

A. *Lógica difusa*

La lógica difusa es un conjunto extendido de la convencional (Booleana), que ha sido ampliada para introducir el concepto de verdad parcial, la cual se encuentra presente entre los valores de "verdad absoluta" y "falso absoluto". Este concepto fue introducido por el Dr. Lotfi Zadeh en la década de 1960, para modelar la incertidumbre presente en el lenguaje natural.

Más que considerar la teoría de lógica difusa como una simple teoría. Se debe pensar en un proceso "difuso" metodológico para generalizar cualquier teoría, de una forma discontinua (discreta) a una forma continua (difusa). También se esta investigando a nivel científico el "cálculo difuso", las "ecuaciones diferenciales difusas", y así sucesivamente [3].

B. *Redes Neuronales Artificiales*

Las redes neuronales artificiales (RNA), con su notable capacidad de adquirir conocimiento a partir de datos complejos o imprecisos, son usadas para extraer patrones y

detectar tendencias, que pueden resultar tarea titánica para un humano, o imposible de aislar con técnicas computacionales convencionales. Una red neuronal entrenada, se asemeja en su comportamiento a un "experto", en nuestro medio humano. Este puede proporcionar información a proyecciones futuras de situaciones enmarcadas en el área de entrenamiento. La red neuronal entrenada estaría en capacidad de responder a la pregunta "qué pasa si...".

Otras ventajas de las redes neuronales artificiales incluyen:

- **Aprendizaje adaptativo:** habilidad de aprender mientras realiza tareas basadas en conjuntos de datos proporcionados de forma continua, sobre nuevas experiencias.
- **Auto-organización:** Una RNA puede crear su propia topología organizacional, que responde a la representación "grafica" de la información dada durante el entrenamiento.
- **Operaciones en Tiempo Real:** Los cálculos en RNA pueden realizarse en paralelo. La industria de componentes electrónicos está diseñada y fabricada con dispositivos electrónicos que aprovechan esta característica de las RNA.
- **Tolerancia a fallos vía codificación de información redundante:** En redes de comunicación es casi inevitable la destrucción parcial de la misma, generalmente por motivos ajenos al control humano. En este punto, las RNA juegan un papel decisivo pues tienen la capacidad de auto-regenerarse y encontrar soluciones a problemas previsibles, capacidad de adaptación que a su vez es una característica importante en las redes neuronales.

C. *Sistemas Expertos*

Puede afirmar que un sistema experto, es un programa informático que simula de forma aproximada el juicio y el comportamiento de una persona, empleando un conocimiento de especializado y usando experiencias anteriores en un campo determinado. De forma general, el sistema contiene una base de conocimiento que almacena las experiencias en formato entendible para el computador (numérica). Asociada a la base, se encuentra un conjunto de reglas de aplicación para cada situación particular.

Las bases de conocimiento pueden ser cruzadas para mejorar el desempeño del sistema, así como también las reglas de aplicación pueden ser combinadas, ofreciendo de tal modo la característica de adaptabilidad tan importante en la inteligencia artificial.

D. *Algoritmos genéticos*

Un algoritmo genético es una clase de algoritmo adaptativo estocástico, que implica búsqueda y

optimización. Los algoritmos genéticos fueron utilizados en Holanda en (1975) por primera vez.

Holland creó un organismo electrónico organizado en una cadena binaria ("cromosoma"), usando principios genéticos y evolutivos de selección con aptitud para la reproducción (incluyendo cruce y la mutación aleatoria). Se busca entre un enorme conjunto de posibilidades la solución más eficiente.

La idea básica, es tratar de reproducir de forma sencilla el proceso de la selección natural, con el objetivo de encontrar un algoritmo adecuado para la solución de un problema específico.

Hay diferentes tipos de algoritmos genéticos y ellos se diversifican en la etapa de mutaciones, pues dependen enteramente de las reglas establecidas para selección y cruce de especies [4].

E. *Sistemas Híbridos*

Un sistema híbrido de inteligencia artificial está formado por la integración de varios subsistemas inteligentes, cada uno de los cuales mantiene su propio lenguaje de representación y un mecanismo diferente de inferir soluciones. El objetivo de los sistemas híbridos es mejorar la eficiencia y la capacidad de razonamiento, así como la integración de los sistemas inteligentes aislados. Medsker en 1995 mostró por primera vez ejemplos de solución a problemas, donde se mejora la eficiencia del modelo usando mecanismos de control. El sistema consigue determinar y seleccionar los elementos que deben utilizarse en cada momento [5].

III. TECNOLOGÍAS

En el deseo por hacer máquinas más inteligentes, autónomas y con capacidad de decisión, se ha creado una gran variedad de tecnologías, que en muchas formas está colaborando con el desarrollo de la inteligencia artificial, este es el caso de los lenguajes de programación y el software desarrollado, pues pretende mejorar aplicaciones o servir como módulos en otros más complejos.

a. *Lenguajes de Programación*

IPL (Imperative Programming Languages) fue el primer lenguaje desarrollado para inteligencia artificial, incluye características orientadas a apoyar los programas que eventualmente podrían hallar la solución a problemas muy generales, realizando listas, asociaciones, esquemas, asignación de memoria dinámica, flexibilidad, recuperación por asociación, uso de funciones como argumentos, generadores de vectores y multitareas cooperativas [6].

LISP deriva del nombre "LISt Processing" (Proceso de LIStas) y funciona con notación matemática práctica para los programas de ordenador basado en el cálculo lambda.

Las listas enlazadas son una de las estructuras de datos de los lenguajes Lisp importantes, y el código fuente Lisp es a su vez formado por listas. Como resultado, los programas pueden manipular el código fuente como una estructura de datos, dando lugar a los sistemas de macro que permiten a los programadores crear una nueva sintaxis o incluso nuevos lenguajes específicos de dominio de programación incrustados en Lisp. Hay muchos dialectos de Lisp en uso hoy en día, entre los que se encuentran; Common Lisp, Scheme, y Clojure [7].

PROLOG (logic programming language) es un lenguaje declarativo donde los programas se expresan en términos de relaciones, y la ejecución se produce mediante consultas sobre estas relacionadas. Prolog es particularmente útil en aplicaciones donde se realicen análisis simbólicos de razonamiento, revisión de base de datos y símbolos idiomáticos. Prolog es ampliamente utilizado en I.A. [8].

STRIPS (Stanford Research Institute Problem Solver) es un lenguaje para expresar automatizados instancias de problemas de planificación. Se expresa un estado inicial, los estados de meta, y un conjunto de acciones. Por cada acción de condiciones previas (lo que se debe establecer antes de la acción se lleva a cabo) y postcondiciones (lo que se estableció después de que se realiza la acción) se especifican.

Planner es un híbrido entre las lenguas de procedimiento y lógica. Se da una interpretación procesal de oraciones lógicas consecuencias que se interpretan con el patrón dirigida por inferencia [9].

POP-11 es un lenguaje reflexivo, cuyo código de programación se compila incrementalmente, esto es, por pedazos según sean los requerimientos del programa, esto para reducir el espacio en la memoria. Es el núcleo del lenguaje del entorno de programación Poplog, desarrollado originalmente por la Universidad de Sussex, y recientemente en la Facultad de Ciencias de la Computación en la Universidad de Birmingham. A menudo se utiliza para introducir técnicas simbólicas de programación para programadores de más lenguajes convencionales como Pascal, que encuentran sintaxis POP más familiar que el de Lisp. Uno de POP-11 de las características es que soporta funciones de primera clase [10].

b. *Software*

A partir del software desarrollado para construir aplicaciones en inteligencia artificial, nacen nuevos desafíos y se crean nuevas soluciones. En este orden de ideas, los agentes inteligentes y las ontologías heurísticas han tomado relevancia en el desarrollo de aplicaciones. Aquí se citan dos ejemplos:

Para hallar la mejor ruta: Este presenta una solución al problema clásico de hacerlo en el desplazamiento de un punto de partida a un punto de llegada dentro una ciudad,

para el caso de un mapa, el sistema evita los obstáculos que se interpongan en la ruta. Para la hallar solución al problema se usan agentes inteligentes, programados desde la plataforma JADE, que aplica técnicas Heurísticas, para solucionarlos de forma óptima. El método emplea una planeación detallada del problema, donde aplica conceptos de Inteligencia Artificial y se ejecuta el desarrollo teórico (planeación) de la solución.

Para toma de decisiones: Este sistema fundamentó su diseño en dos agentes con funciones simples, donde uno esta encargado de resolver situaciones, mientras el otro se encarga de realizar las comparaciones. Para lo cual se usan ontologías, donde se crean pequeñas bases de comunicación con la finalidad de administrar la información proporcionada por el testigo punto de referencia para las comparaciones.

Este constituye un sistema multiagente, pues uno solo no podría llevar a cabo las dos tareas ya que sus funciones son totalmente diferentes. La mejor solución en este caso, resultó ser la cooperación entre una ontología y un agente [11].

IV. CONCLUSIONES

Las tecnologías de la información son un campo de estudio que siempre está en constante movimiento y en los últimos años sufriendo un cambio importante hacia la construcción e implementación de los sistemas inteligentes. En los campos en que se aplican los sistemas de información, ingeniería de sistemas y ciencias de la comunicación, están siendo empleados muy frecuentemente en aplicaciones, debido principalmente a la flexibilidad que ofrecen.

Es relativamente fácil hoy programar un sistema inteligente o experto, pues existe un gran número de plataformas de desarrollo, unas libres y otras pagas, para desarrollar agentes, sistemas expertos y redes neurales artificiales. También existen lenguajes de programación especializada para el desarrollo de aplicativos inteligentes o expertos.

La tarea que deben asumir quienes de alguna manera estén relacionados con los sistemas de información, es adaptar, aplicar e implementar la inteligencia artificial en todos los sistemas que desarrollen. Pues de no hacerlo se puede incurrir en el riesgo de quedar desactualizados de la tendencia mundial así los sistemas inteligentes.

REFERENCIAS

[1] Fabio Rueda C., Alfonso Rodríguez S. Hernán C. Castellano G. *Inteligencia Artificial: reconocimiento de patrones para inteligencia artificial*, Asociación Colombiana de facultades de ingeniería (2012), Pag. 99 – 101.
 [2] Sol Beatriz Vasquez, *Tecnología e Informática: Inteligencia Artificial* (Agosto de 2010), <http://solvasquez.wordpress.com/2010/08/15/inteligencia-artificial/>

[3] Yingming Liu, Guoqing Chen & Mingsheng Ying, *Fuzzy Logic, Soft Computing and Computational intelligence*, Eleventh International Fuzzy Systems Association World Congress, Ed.1, Tsinghua University Press ad Springer, Vol. 2, Pag. 1014 - 1019, (July 2005, Beijing, China)
 [4] Daniel Graupe, *Principles Of Artificial Neural Networks*, Ed. 2do, World Scientific Publishing Co. Pte. Ltd.(2007). http://www.znu.ac.ir/data/members/fazli_saeid/ANN/Principles%20of%20Artificial%20Neural%20Networks%209812706240.pdf (consultado en 04/12/2012).
 [5] John Lygeros, *Lecture Notes on Hybrid Systems*, Department of Electrical and Computer Engineering - University of Patras (2004). <http://robotics.eecs.berkeley.edu/~sastry/ee291e/lygeros.pdf>
 [6] Cecilia Urbina, *Lenguajes de programación: Cálculo lambda* (Nov. 2010), <http://ceciliaurbina.blogspot.com/2010/11/calculo-lambda.html> (consultado en 04/12/2012).
 [7] Paul W. Abrahams, Edmund C. Berkeley et al., *The Programming Language LISP: Its Operation and Applications*, Ed. 4, The M.I.T. Press (1974).
 [8] Ulle Endriss, *Lecture Notes: An Introduction to Prolog Programming*, Institute for Logic Language and Computation, University of Amsterdam (2007) www.swi-prolog.org (consultado en 04/12/2012)
 [9] Russell, Stuart J.; Norvig, Peter, *Artificial Intelligence: A Modern Approach* (2nd ed.), Upper Saddle River, New Jersey: Prentice Hall, (2003).
 [10] Aaron Sloman, *Teach Primer: An Overview Of POP-11, Ed. 4*, School of Computer Science, The University of Birmingham (2011), <http://www.cs.bham.ac.uk/research/projects/poplog/primer> (consultado 04/12/2012).
 [11] Jorge Luis Calderon Franco, Omar Guillermo Villamil Velasco, *Implementación de una base de conocimiento y prácticas enfocadas al estado del arte de la programación orientada al paradigma de agentes inteligentes*, Trabajo de grado presentado como requisito para optar al título de Ingeniero de sistemas, Fundación universitaria de San Gil - UNISANGIL (2012).
 [12] S. J. Russell and P. Norvig. *Artificial Intelligence. A Modern Approach*. Prentice-Hall, Englewood Cliffs, NJ, 2nd Ed, 2003.
 [13] J. E. Hopcroft, R. Motwani, and J. D. Ullman. *Introduction to Automata Theory, Language, and Computation*. Addison-Wesley, 2nd edition, 2001.
 [14] M. Li and P. M. B. Vitányi. *An Introduction to Kolmogorov Complexity and its Applications*. Springer, Berlin, 2nd edition, 1997.
 [15] R. S. Sutton and A. G. Barto. *Reinforcement Learning: An Introduction*. MIT Press, Cambridge, MA, 1998.
 [16] B. Goertzel and C. Pennachin, editors. *Artificial General Intelligence*. Springer, 2007.
 [17] M. Hutter. *Universal Artificial Intelligence: Sequential Decisions based on Algorithmic Probability*. Springer, Berlin, 2005. <http://www.hutter1.net/ai/uaibook.htm>.
 [18] Buchanan, B. G. and Shortliffe, E. H., Eds, *Rule-based Expert Systems*, Addison-Wesley, Reading, MA, 1984.
 [19] Jackson, P., *Introduction to Expert Systems*, Addison-Wesley, Reading, MA, 1986.
 [20] Konar, A., *Uncertainty Management in Expert Systems Using Fuzzy Petri Nets*, Ph.D. thesis, Jadavpur University, Calcutta, chapter 1, 1994.
 [21] Luger, F. G. and Stubblefield, A. W., *Artificial Intelligence: Structures and Strategies for Complex Problem Solving*, Addison-Wesley, Reading, MA, ch. 3, pp. 88-89, 1993.
 [22] Nilson, N. J., *Principles of Artificial Intelligence*, Morgan Kaufmann, San Mateo, CA, pp. 6-7, 1980.
 [23] Rich, E. and Knight, K., *Artificial Intelligence*, McGraw-Hill, New York, 1996.
 [24] Zupan, B. and Cheng, A. M. K., "Optimization of rule-based systems using state-space graphs," *IEEE Trans. on Knowledge and Data Eng.*, vol. 10, no. 2, March / April 1998.
 [25] Bender, E. A., *Mathematical Methods in Artificial Intelligence*, IEEE Computer Society Press, Los Alamitos, pp. 33-84, 1996.
 [26] Ginsberg, M., *Essentials of Artificial Intelligence*, Morgan Kaufmann, San Mateo, CA, pp. 49-103, 1993.
 [27] Luger, G. F. and Stubblefield, W. A., *Artificial Intelligence: Structures and Strategies for Complex Problem Solving*, The

- Benjamin/ Cummings Publishing Co., Menlo Park, CA, pp.116-149, 1993.
- [28] Mahanti, A. and Daniels, J. C., "A SIMD approach to parallel heuristic search," *Artificial Intelligence*, vol. 60, pp. 243-282, 1993.
- [29] Nilson, J. N., *Principles of Artificial Intelligence*, Morgan-Kaufmann, San Mateo, CA, pp. 112-126, 1980.
- [30] Pearl, J., *Heuristics: Intelligent Search Strategies for Computer Problem Solving*, Addison-Wesley, Reading, MA, pp. 1-75, 1984.
- [31] Rich, E. and Knight, K., *Artificial Intelligence*, McGraw-Hill, New York, pp. 29-98, 1991.
- [32] Sarkar, S., Chakrabarti, P. P. and Ghose, S., "A framework for learning in search-based systems," *IEEE Trans. on Knowledge and Data Engg.*, vol. 10, no. 4, July / Aug. 1998.
- [33] Anderson, D. and Ortiz, C., "AALPS: A knowledge-based system for aircraft loading," *IEEE Expert*, pp. 71-79, Winter 1987.
- [34] Ben-Ari, M., *Mathematical Logic for Computer Science*, Prentice-Hall, Englewood Cliffs, NJ, pp. 11-87, 1993.
- [35] Bender, E. A., *Mathematical Methods in Artificial Intelligence*, IEEE Computer Society Press, Los Alamitos, chapter 1, pp. 26, 1996.
- [36] Dougherty, E. R. and Giardina, C. R., *Mathematical Methods for Artificial Intelligence and Autonomous Systems*, Prentice-Hall, Englewood Cliffs, NJ, 1988.
- [37] Herbrand, J., *Researches sur la Theorie de la Demonstration*, Ph.D. Thesis, University of Paris, 1930.
- [38] Leinweber, D., "Knowledge-based system for financial applications," *IEEE Expert*, pp. 18-31, Fall 1988.
- [39] Patterson, D. W., *Introduction to Artificial Intelligence and Expert Systems*, Prentice Hall, Englewood-Cliffs, pp. 345-347, 1990.
- [40] Robinson, J. A., "A machine oriented logic based on the resolution principle," *Journal of the ACM*, vol. 12. no.1, pp. 23-41.
- [41] Russel, S. and Norvig, P., *Artificial Intelligence: A Modern Approach*, Prentice-Hall, Englewood Cliffs, pp. 286-294, 1995.
- [42] Wang, H., "Toward mechanical mathematics," *IBM Journal of Research and Development*, vol. 4, pp. 2-22, 1960.
- [43] Alferes, J. J. and Pereira, L. M., *Reasoning with Logic Programming*, Springer-Verlag, Berlin, pp. 1-28, 1996.
- [44] Clocksin, W. F. and Mellish, C. S., *Programming in PROLOG*, Springer-Verlag, New York, 1981.
- [45] Dung, P.M. and Kanchanasut, K., *A fixpoint approach to declarative semantics of Logic Programs in LOGIC PROGRAMMING: Proceedings of the North American Conference*, MIT Press, Cambridge, MA, 1989.
- [46] Hogger, J. C., *Essentials of Logic Programming*, Oxford University Press, Oxford, 1990.
- [47] Marek, V. W., Nerode, A. and Truszczyński, M., *Logic Programming and Nonmonotonic Reasoning*, Lecture Notes in Artificial Intelligence series, Springer-Verlag, Berlin, pp. 236-239, 1991.
- [48] Nerode, A. and Shore, R. A., *Logic for Applications*, Springer-Verlag, Berlin, 1993.
- [49] Pratt, W. K., *Digital Image Processing*, Wiley-Interscience Pub., John Wiley and Sons, New York, pp. 570-587, 1978.
- [50] Patterson, D. W., *Introduction to Artificial Intelligence and Expert Systems*, Prentice-Hall, Englewood Cliffs, NJ, pp. 285-326, 1990.
- [51] Spivey, M., *An Introduction to Logic Programming through Prolog*, Prentice-Hall Inter. Series, Englewood Cliffs, NJ, 1996.
- [52] Townsend, C., *PROLOG*, BPB Publications, Indian Reprint, New Delhi, 1990.
- [53] Winston, M. and Borning, A., *Extending hierarchical constraint logic programming: Non-monotonicity and inter hierarchy comparison in LOGIC PROGRAMMING: Proceedings of the North American Conference*, MIT Press, Cambridge, MA, 1989.
- [54] Alferes, J. J. and Pereira, L. M., *Reasoning with Logic Programming*, Springer-Verlag, Berlin, pp.1-35, 1996.
- [55] Antoniou, G., *Nonmonotonic Reasoning*, The MIT Press, Cambridge, MA, pp. 21-160, 1997.
- [56] Bender, E. A., *Mathematical Methods in Artificial Intelligence*, IEEE Computer Society Press, Los Alamitos, pp. 199-254, 1996.
- [57] Besnard, P., *An Introduction to Default Logic*, Springer-Verlag, Berlin, pp. 27-35, pp.163-177, 1989.
- [58] Doyle, J., *A Truth Maintenance System*, *Artificial Intelligence*, vol. 12, pp. 231-272, 1979.
- [59] Marek, V. W., Nerode, A. and Truszczyński, M., *Logic Programming and Nonmonotonic Reasoning*, Lecture Notes in Artificial Intelligence series, Springer-Verlag, Berlin, pp. 388-415, 1995.
- [60] McCarthy, J., "Circumscription- a form of non-monotonic reasoning," *Artificial Intelligence*, vol. 13, pp. 27-39, 1980.
- [61] McDermott, D. and Doyle J., "Nonmonotonic Logic I," *Artificial Intelligence*, vol. 13 (1-2), 1980.