

ESTUDIO PRELIMINAR DE INTERFACES GRÁFICAS DE UN SOFTWARE DE CÁLCULO CIENTÍFICO ORIENTADAS AL DESARROLLO DE MODELOS DE REDES NEURONALES ARTIFICIALES

SONIA I. MARIÑO^{1,2} - LILIANA M. FERNANDEZ¹

¹ Facultad de Ciencias Exactas y Naturales y Agrimensura. Departamento de Informática. Corrientes. ARGENTINA

² Universidad Nacional Nordeste. Facultad de Humanidades. Chaco. ARGENTINA
simarinio@yahoo.com - lmfernandez00@hotmail.com

Fecha Recepción: Junio 2012 - Fecha Aceptación: Julio 2013

RESUMEN

Las Redes Neuronales Artificiales (RNA) es una de las técnicas de la Inteligencia Artificial. Se presenta un estudio preliminar y análisis de las interfaces de un software de cálculo científico para modelizar RNA. El trabajo se compone de cuatro secciones. En la primera se sintetiza el estado del arte. En la segunda sección se describe la metodología adoptada en el desarrollo del trabajo. La tercera resume los resultados obtenidos en la validación. Finalmente, se enuncian algunas conclusiones y futuros trabajos.

PALABRAS CLAVES. Interfaces Gráficas de Usuario, software de simulación, software científico, Redes Neuronales Artificiales, Inteligencia Artificial

ABSTRACT

Artificial Neural Networks (ANN) is one of the techniques of Artificial Intelligence. The paper presents a preliminary study and analysis of the interfaces of one scientific computing software to model RNA. This work is composed by four sections which describe: the state of art, the applied methodology, the obtained results and some conclusions and future works.

KEYWORDS: Graphical User Interfaces, simulation software, scientific software Artificial Neural Networks, Artificial Intelligence

1. INTRODUCCIÓN

Diversos autores comentan como las Tecnologías de la Información y Comunicación (TIC) se incorporaron en diversos sectores de la sociedad del

conocimiento. CURSACK *et al.* (2009) manifestaron que “un gran avance en la comprensión del mundo real se produjo con el enfoque sistémico y el modelaje matemático; sumado a ello las nuevas tecnologías de gerenciamiento, dentro de las cuales se ubican los Sistemas de Apoyo a las Decisiones (SAD)”.

Existen diversos métodos proporcionados por las tecnologías informáticas que facilitan la toma de decisiones. Entre ellos se pueden mencionar aquellos brindados por la Inteligencia Artificial (IA).

NILSSON (2001) establece que el objeto de estudio de la IA, es el comportamiento inteligente en las máquinas. CASTILLO *et al.* (1997) explica que la IA es la rama de computación que se encarga, entre otras cosas, de los problemas de percepción, razonamiento y aprendizaje en relación con sistemas artificiales, y que tiene como áreas de investigación a los sistemas expertos y de conocimiento, la robótica, los lenguajes naturales, las redes neuronales y la lógica difusa.

La mayoría de los autores coinciden en los paradigmas existentes para el desarrollo de sistemas inteligentes: los sistemas simbólicos y los sistemas conexionistas. Estos principios ideológicos o paradigmas clasifican a las técnicas utilizadas para la construcción de esta clase de sistemas.

Las redes neuronales artificiales (RNA) (CASTILLO *et al.* 1999; FREEMAN y SKAPURA, 1991; KLERFORS y HUSTON, 1998; RUSELL y NORVING, 1996 y RZEMPOLUCK, 1997), representantes del paradigma conexionista, están constituidas por nodos, o unidades, vinculadas mediante conexiones o enlaces sinápticos. Estos modelos no requieren conocer la expresión o la función a modelar, sólo se requiere disponer de un conjunto de ejemplos satisfactorios (conjunto de aprendizaje) para que la red pueda aproximar esta función aplicando una regla de aprendizaje. A cada conexión se asigna un peso numérico. Los pesos constituyen el principal recurso de memoria de la red neuronal y el aprendizaje se realiza usualmente con la activación de estos pesos. Para facilitar su comprensión WINTERMUTE (2002) compara las RNA con el estudio de los grafos en la matemática discreta. Como lo expresan VAZQUEZ *et al.* (2008) las RNA son herramientas auxiliares, cuando se desconoce la relación existente entre los factores y sus determinados, al suponer complejo y no lineal el dominio del problema.

Un Perceptrón Multicapa es un conjunto de perceptrones unicapa conectados en cascada (RUSELL y NORVING, 1996).

Las RNA multicapa están organizadas en al menos tres niveles de nodos o capas: un nivel de entrada pasiva por lo menos en nivel oculto y un nivel de salida o rendimiento donde el termino nodo se refiere a una neurona simulada (CASTILLO *et al.* 1999).

En RUSELL y NORVING (1996), CASTILLO *et al.* (1999) y otros, se explicitan los componentes, arquitectura y métodos de entrenamiento y aprendizaje así como el proceso de inferencia de un modelo neuronal. Asimismo, se expone el modelo denominado Perceptrón Multicapa uno de los más ampliamente difundidos en el desarrollo de trabajos empíricos, atendiendo a los buenos resultados logrados.

Las aplicaciones más exitosas de las RNA se relacionan con la predicción, la categorización y el reconocimiento de patrones.

La Ingeniería del *Software* (IS) es la disciplina orientada a “proporcionar un marco de trabajo para construir software con mayor calidad” (PRESSMANN, 2005).

Al desarrollar *software*, una de las fases que componen la metodología o el ciclo de vida aborda el diseño de la interfaz. PRESSMANN, (2005) expone que el objetivo del diseño de la interfaz es “definir un conjunto de objetos y acciones de interfaz (y sus representaciones en la pantalla) que posibiliten al usuario llevar a cabo todas las tareas definidas de forma que cumplan todos los objetivos de usabilidad definidos por el sistema”. Asimismo, se reconoce que los usuarios acceden al software “con diferentes objetivos y niveles de conocimiento” (ALVA OBESO, 2005).

En TOGNAZZINI (2005) se mencionan los principios “fundamentales para el diseño e implementación de interfaces gráficas efectivas, bien se trate de GUI de escritorio o de la web”. Matlab es un producto cerrado, por lo cual al realizar este trabajo se desconocen las métricas de usabilidad aplicadas en su desarrollo. Sin embargo, considerando las características de la interfaz se infiere que se basó en un diseño centrado en el usuario, más amigable con respecto a las versiones anteriores.

MatLab 7.8 (R2009a) es un entorno de programación de alto rendimiento. Dispone de un vasto arsenal de herramientas (*toolkits*) para cálculo matemático y computación técnica.

Este trabajo se centra en el estudio preliminar de las interfaces de usuario NPRtool y NNtool con miras a conocer el grado de aceptación en los usuarios especialistas en esta área del conocimiento y la adaptación de aquellos que pueden estar lejanos a entornos de programación.

2. METODOLOGÍA

Se realizó un estudio exploratorio. La metodología aplicada se basó en las siguientes fases:

- Investigación bibliográfica. Consistió en la revisión de antecedentes. Particularmente referido al estudio de usabilidad en herramientas de simulación de técnicas de la IA, específicamente RNA; y el creciente auge de las interfaces gráficas de usuario (GUI) en la mayoría de las áreas de investigación.
- Profundización del marco teórico referido al tema. Análisis y estudio siguiendo la propuesta de usabilidad orientada al usuario de acuerdo a la clasificación de Beban, Kirakowsky y Maissel, más precisamente tomando de base el punto de vista del usuario primario (EASON, 1987 citado en LACALLE, 2007). Es decir, quien usa frecuentemente el *software*.
- Selección de herramientas *software*, con funcionalidades para el desarrollo de modelos de RNA, optándose por MatLab R2009a versión 7.8.0.347, debido a que dispone de una amplia gama de interfaces gráficas para el modelado de RNA, a saber:
 - ✔ NCtool: resuelve un problema de *clustering* mediante la técnica de mapas autoorganizados.
 - ✔ NFtool: resuelve un problema de ajuste de datos mediante una red *feed-forward* de dos capas.
 - ✔ NNtool: crea, usa y exporta una red a partir de una ventana de administración de red y datos.
 - ✔ NNTRAINtool: es llamada desde otras interfaces para mostrar los resultados de la red.
 - ✔ NPRtool: resuelve un problema de reconocimiento de patrones.
- Elaboración de una propuesta de evaluación de usabilidad. Se siguieron los lineamientos de FERNÁNDEZ PANADERO y VILLENA (2008), quienes sugieren que el plan de prueba debe incluir el tipo de propiedades a experimentar y el propósito de la misma y la propiedad de usabilidad a la que referencia. Asimismo, para determinar las propiedades a comprobar se utilizó como base un estudio comparativo referente a los principios de usabilidad publicado por KEINONEN (2007). Se seleccionaron los explicitados en la TABLA 1. Para cada prueba (mencionadas en la TABLA 1) se determinaron los pasos de ejecución y se registraron los resultados
- Elección de individuos participantes. El estudio se desarrolló con un usuario primario (LACALLE, 2007). Es decir, un experto en informática, conocimientos básicos sobre RNA y nivel medio de inglés.

- Aplicación de las pautas propuestas por varios autores. En el testeo de las interfaces gráficas se utilizaron las bases de datos quiebras.xls y seguros.xls, citadas por SERRANO CINCA y DEL BIO (1993) y disponible en SERRANO (2010). La primera consta de 66 muestras, formadas por 9 ratios financieros correspondientes a empresas solventes y en quiebra. La segunda consta de 40 muestras, formadas por 3 atributos influyentes en la aceptación o rechazo de pólizas de seguro.
- Sistematización y procesamiento de los datos. Los datos relevados fueron sistematizados. Se elaboraron las TABLAS 2 a 7 que presentan los pasos y los resultados obtenidos en cada prueba realizada.
- Análisis de los resultados y elaboración de conclusiones y recomendaciones.

Prueba N°	Propiedad	Propósito
1	Consistencia Visual	Demostrar que el diseño es orientado al usuario
2	Control por usuario	Exponer la eficacia en la interacción HCI
3	Presentación Apropiaada	Comprobar que las interfaces estén libres de ambigüedades
4	Gestión de error y recuperación	Descartar las terminaciones anormales de programa
5	Reducción de la carga de memoria	Probar que el diseño es intuitivo
6	Flexibilidad	Exponer que es satisfactorio para usuarios primarios y secundarios
7	Guía y Ayuda	Señalar si la ayuda es eficaz

TABLA 1: Nómima de pruebas y objetivos a concretar para cada una de ellas.

3. DESARROLLO

En esta sección se sintetiza el desarrollo abordado en el trabajo, explicitando los resultados obtenidos al aplicar el plan de pruebas a Interfaces Gráficas de Usuario, con la finalidad de comprobar que éste diseña un modelo de RNA de acuerdo a sus necesidades.

Las TABLAS 2 a 7 reflejan en qué consiste cada prueba así como el resultado obtenido y alguna observación de interés. Cabe aclarar que en la columna resultados los valores posibles son: OK: la ejecución de la prueba es satisfactoria. R: efectos regulares. NA: prueba no aplicable. En la columna "Observación", se especifica un comentario referente a la interface sobre la que se aplicó la prueba.

En las pruebas identificadas como 2 a la 5 se aplicaron la secuencia lógica de ejecución en las interfaces gráficas NPRtool y Nntool. Los pasos realizados para las pruebas 6 y 7 se basaron en la lectura y análisis de las propuestas en Anónimo (2011) y Roe (2004). La columna “observación” de la tabla 7 es subjetiva, debido a que contiene apreciaciones del usuario de prueba.

La **Prueba de Control de Usuario** aborda la adaptación del usuario a la interfaz y su capacidad de interacción. Se aplicó para la secuencia de creación del objeto red en las interfaces NNtool y NPRtool (TABLA 2).

La **Prueba de Presentación Apropia** de los datos estudia la forma en que la interfaz presenta los resultados al usuario. La misma se aplicó en el análisis de NNTRAINtool, cuya función se invoca desde NNtool y NPRtool. En la Tabla 3 se muestran los resultados obtenidos.

Se entiende por **Prueba de Gestión de Error y Recuperación** la capacidad de la herramienta para indicar al usuario el error y de ser posible indicarle una solución. En la TABLA 4 se ilustran los resultados obtenidos.

La **Reducción de Carga de Memoria** consiste en demostrar que la interfaz presenta un diseño intuitivo que guía al usuario en cada instancia, sin necesidad de que éste deba memorizar la secuencia de pasos correspondiente. La TABLA 5 ilustra esta prueba aplicada a las herramientas NNtool, NPRtool y NNTRAINtool.

La **Prueba de Flexibilidad** consiste en demostrar que la interfaz puede adaptarse al tipo de usuario proporcionado ayuda en línea a usuarios inexpertos y abreviando los pasos a usuarios avanzados. Se aplicó a las herramientas NNtool, NPRtool, incluyendo NNTRAINtool y secuencias de importación y exportación (TABLA 6). Los pasos se elaboraron a partir de sugerencias presentes en varios textos como los expuestos en ACEVEDO *et al.* (2009), BORGES de BARROS PEREIRA (2002), FERRÉ GRAU (2010), VEGA FERNÁNDEZ (1999).

La TABLA 7 resume la **Prueba de Guía y Ayuda** elaborada a partir de la documentación disponible para *Neural Network Toolbox*.

Pasos	Resultados	Observación
Inicializar la interfaz de usuario	Ok	Desde workspace
Cargar patrones de entrenamiento y target	Ok	Ampliado en Prueba 4
Dividir las muestras para validación y testeo	Ok	Solo para NPRtool
Seleccionar el número de neuronas en la capa oculta	Ok	Se aplica a ambos

TABLA 2: Prueba de Control de Usuario

TABLA 3: Prueba de Presentación Apropiada de los datos

Pasos	Resultados	Observación
Análisis de la representación de performance	Ok	Se aplica a NPRtool y NNtool
Análisis de la representación de estados de entrenamiento	Ok	Se aplica a NPRtool y NNtool
Análisis de la representación de Matriz de confusión	Ok	Solo en NPRtool
Pasos	Resultado	Observación
Probar que el diseño es intuitivo	Ok	Se aplica a ambos
Probar que no requiere conocimiento previo de pasos	Ok	Se aplica a ambos
Análisis de la representación de plotroc (Receiver Operating Characteristic)	Ok	Se aplica a NPRtool y NNtool
Análisis de Regresión	Ok	Solo en NNtool

TABLA 4: Prueba de Gestión de Error y Recuperación

Pasos	Resultados	Observación
Ensayo del uso de ventanas Import y Export	Ok	Solo en NNtool
Ensayo del uso de Load example dataset	R	Solo en NPRtool
Prueba de selección para Import Wizard	R	Solo en NPRtool
Ventana de ayuda para tipos de conversión	R	No disponible

TABLA 5: Prueba de Reducción de Carga de Memoria

TABLA 6: Prueba de Flexibilidad

Pasos	Resultado	Observación
Probar adaptación del usuario a cada interfaz	Ok	En NNtool y NPRtool
Probar todos los caminos posibles	Ok	En NNtool y NPRtool

TABLA 7: Prueba de Guía y Ayuda

Pasos	Resultado	Observación
Observar la navegación entre páginas de ayuda	Ok	Incluye botones que facilitan la navegación
Comprobar la eficiencia de búsqueda	Ok	Provee búsqueda en manuales y on-line
Verificar la capacidad de respuesta	Ok	Mediana
Ver calidad del contenido	Ok	Contenido basado en autores

A continuación se expone una sintética interpretación de los resultados alcanzados mediante el estudio realizado.

- Control del usuario: La generación de un modelo, requiere la especificación de pocos parámetros para la construcción del objeto red, facilitado el trabajo del usuario. Además, proporciona automáticamente cuadros de resultados útiles para el posterior análisis. Los parámetros para la prueba de validez se incluyen en la interfaz NPRtool.
- Presentación apropiada: Las cuatro interfaces invocan NNTRAINtool para la presentación de resultados. Si bien algunas gráficas como plotperform se generan automáticamente para todos los tipos de redes, cada modelo posee representaciones propias, tal es el caso de la matriz de confusión (*plotconfusion*) disponible solo para NPRtool. Aunque la generación de gráficas o cuadros de resultados puede resultar abrumadora para usuarios poco entrenados, esta versión incorpora mejoras, que en versiones anteriores solo se obtenían mediante programación desde la línea de comandos.
- Gestión de error y recuperación: Al reducir el número de parámetros ingresados por el usuario se disminuye la posibilidad de incurrir en errores. Los datos originales se convirtieron a varios tipos de formato *.txt (Unicode, para DOS, separados por tabulación) a fin de probar la importación/exportación de datos. Fue necesario reemplazar la coma decimal por punto, pues sin esta salvedad el archivo se lee como indeterminado o de tipo char, y genera errores en la ventana de comandos. No hay ninguna indicación al respecto. La misma situación se puede apreciar en la ventana del Asistente de Importación (*Import Wizard*).
- Reducción de memoria: Esta es una prueba de carácter subjetivo. El diseño intuitivo de las interfaces acompañadas de una breve reseña introductoria, evita al usuario la necesidad de recordar la secuencia exacta de pasos a seguir para obtener resultados aceptables. Cada interfaz especifica claramente la funcionalidad a la que está orientada. Es responsabilidad del usuario determinar el marco en que encuadra el problema a resolver. Es decir, si es conveniente modelizarlo como un problema de clasificación, de predicción o simplemente un ajuste de funciones.
- Flexibilidad: Actualmente la herramienta para modelar RNA está diseñada para un rango amplio de usuarios, desde neófitos que utilicen las interfaces GUI con los parámetros asignados por defectos hasta programadores que prefieren diseñar su propio objeto red modificando los parámetros desde la línea de comandos.

- Guía y Ayuda: En el producto *Help* la información se halla organizada, dispone de un sistema de navegación y búsqueda eficiente. Además del documento imprimible se accede a ayuda en línea. Cada arquitectura de RNA contemplada en la librería de *Neural Network Toolbox*, incluye una referencia bibliográfica a libros o artículos. Las interfaces gráficas incluyen breves comentarios del procedimiento a realizar a excepción de las ventanas de Importar y Exportar datos.

4. CONCLUSIONES

La investigación bibliográfica permitió elaborar los pasos mencionados en la “Prueba de Flexibilidad” (TABLA 6) y en la “Prueba de Guía y Ayuda” (TABLA 7), la compilación y adaptación a la evaluación de interfaces de herramientas computacionales puede proponerse como una innovación en el marco de este trabajo.

Matlab es un producto diseñado para usuarios con conocimientos técnicos. Sin embargo, con el tiempo ha evolucionado hasta desarrollar interfaces amigables para usuarios con conocimientos intermedios. Un claro ejemplo, es la herramienta para el diseño de redes neuronales artificiales denominada *Neural Network Toolbox*.

Esta herramienta permite el desarrollo de modelos de RNA empleando las siguientes alternativas: i) funciones desde la línea de comandos, ii) la interfaz grafica de usuario (NNtool) y iii) herramientas GUI para ajuste de funciones (NFtool), reconocimiento de patrones (NPRtool) y *clustering* de datos (NCtool). Específicamente, los resultados obtenidos ilustran la usabilidad de las interfaces NNtool y NPRtool.

Aunque la calidad de la presentación visual es notable y que el anclaje de ventanas en la pantalla principal dota de versatilidad al *software*, puede resultar un tanto engorroso hallar la disposición óptima.

Con respecto a la pontencialidad gráfica de MatLab, la presentación de cuadros de resultados y gráficas de validación son importantes para comparar el desempeño de un modelo de RNA respecto a otro, una concisa explicación de lo que se visualiza aportaría claridad a usuarios inexpertos.

Como trabajos futuros se mencionan: i) Incorporar la interface NCtool al estudio. ii) Realizar cuestionarios incluyendo usuarios primarios y secundarios.

REFERENCIAS

- ACEVEDO, J. J., HIDALGO, D. H., MARIÑO, S. I.; GODOY M. V. (2010): "ESTUDIO PRELIMINAR DE ACCESIBILIDAD EN SITIOS WEB DE NOTICIAS DEL NEA ARGENTINO", SSI 2010. Simposio sobre la Sociedad de la Información 2010. 39° Jornadas Argentinas de Informática. Argentina.
- ALVA OBESO, M. E. (2005): "METODOLOGÍA DE MEDICIÓN Y EVALUACIÓN DE LA USABILIDAD EN SITIOS WEB EDUCATIVOS. UNIVERSIDAD DE OVIEDO". Tesis Doctoral. En: <http://di002.edv.uniovi.es/~cueva/investigacion/tesis/Elena.pdf>. Fecha de consulta: 25/10/10.
- ANÓNIMO. (2011): "DISEÑO DE INTERFAZ DE USUARIO". Disponible en <http://webdesign.lifetips.com/es/cat/65788/dise-o-de-interfaz-de-usuario/index.htm>. Fecha de consulta: 25/02/11.
- BORGES DE BARROS PEREIRA, H. (2002): "ANÁLISIS EXPERIMENTAL DE LOS CRITERIOS DE EVALUACIÓN DE USABILIDAD DE APLICACIONES MULTIMEDIA EN ENTORNOS DE EDUCACIÓN Y FORMACIÓN A DISTANCIA". Tesis doctoral. Universidad Politécnica de Catalunya. Disponible en: <http://www.tesisenred.net/handle/10803/6542>. Fecha de consulta: 15/04/11
- CASTILLO, E., GUTIÉRREZ, J. M.; HADI, A. S. (1997): "SISTEMAS EXPERTOS Y MODELO DE REDES PROBABILÍSTICAS". Ed Springer-Verlag, New York.
- CASTILLO, E., COBO, A., GUTIÉRREZ, J. M.; PRUNEDA, R. E. (1999): "INTRODUCCIÓN A LAS REDES FUNCIONALES CON APLICACIONES. UN NUEVO PARADIGMA FUNCIONAL". Ed. Paraninfo.
- CURSACK, A. M., CASTIGNANI, M. I., TRAVADELO M., OSAN, O., SUERO, M.; CASTIGNANI, H. (2009). TAMBO (2006): "SISTEMA DE APOYO A LA TOMA DE DECISIONES EN EMPRESAS PREDOMINANTEMENTE LECHERAS 1". Anales del Congreso Argentino de Agroinformática 2009. (ISSN 1852-4850) Jornadas Argentinas de Informática 2009: ISSN 1850-2776.
- FERNÁNDEZ PANADERO, M. C.; VILLENA, R. J. (2008): "PRUEBAS DE PROGRAMACIÓN". Universidad Carlos III de Madrid. Disponible en <http://www.it.uc3m.es/~ttrd/material/05-pruebas-de-programas.pdf> Fecha de consulta: 25/01/11
- FERRÉ GRAU, X. (2010): "PRINCIPIOS BÁSICOS DE USABILIDAD PARA INGENIEROS SOFTWARE". Facultad De Informática. Universidad Politécnica de Madrid. Disponible en <http://educacion.usach.cl/ojs/index.php/ojsprueba1/article/view/7/5> Fecha de consulta: 25/02/11
- FREEMAN, J. A.; SKAPURA, D. M. (1991): "REDES NEURONALES. ALGORITMOS, APLICACIONES Y TÉCNICAS DE PROGRAMACIÓN". Addison-Wesley Iberoamericana S.A.y Ed. Díaz de Santos S.A.
- KLERFORS, D.; HUSTON, T. L. (1998): "ARTIFICIAL NEURAL NETWORKS. AN INDIVIDUAL PROJECT" within MISB-420-0. St. Louis.

Saint Louis University. School of Business & Administration.
<http://www.hj.se/~de96klda/NeuralNetworks.htm>. Fecha de consulta:
 25/03/11

- LACALLE SAEZ, A. (2007): "DISEÑO DE SOFTWARE ¿QUIÉN ES USUARIO?". <http://www.albertolacalle.com/hci/usuario> Fecha de consulta: 12/2010
- ISO. 1997. ISO 9241 (1997): "ERGONOMIC REQUIREMENTS FOR OFFICE WORK WITH VISUAL DISPLAY TERMINALS", International Organization for Standardization, Gêneve.
- MARIÑO, S. I.; TRESSSENS, S. G. (2000): "APLICACIÓN DE REDES NEURONALES EN LA IDENTIFICACIÓN DE DOS ESPECIES DE ROLLINIA A. ST.-HIL. ANNONACEAE". XII Reunión anual de la Sociedad Botánica de Chile. XXVII Jornadas Argentinas de Botánica. Gayana Botánica. 57(Sup.). 66.
- NILSSON, N. J. (2001): "INTELIGENCIA ARTIFICIAL. UNA NUEVA SÍNTESIS". Ed. Mc. Graw Hills.
- PRESSMANN, R. (2005): "INGENIERÍA DEL SOFTWARE UN ENFOQUE PRÁCTICO". Ed. Mc Graw-Hill Interamericana. Edición Quinta.
- ROE, B. (2004): "DISEÑO DE INTERFACES DE USUARIO USABLES: UNA GUÍA RÁPIDA PARA DESARROLLADORES DE SOFTWARE LIBRE Y DE CÓDIGO ABIERTO DISPONIBLE". En: <http://mundogeek.net/traducciones/interfaces-usuario-usables/gui.html>.
- RUSELL, S.; NORVING, P. (1996): "INTELIGENCIA ARTIFICIAL: UN ENFOQUE MODERNO". Ed. Prentice Hall
- RZEMPOLUCK, E. J. (1997): "NEURAL NETWORKS DATA ANALYSIS USING SIMULNET". Ed. Springer.
- SERRANO CINCA, C. (2000) "LAS REDES NEURONALES ARTIFICIALES", [en línea] *5campus.org*, *Sistemas Informativos Contables* <http://www.5campus.org/leccion/redes>. Fecha consulta: 25/10/10.
- SERRANO CINCA, C.; DEL BRÍO, M. (1993): "PREDICCIÓN DE LA QUIEBRA BANCARIA MEDIANTE EL EMPLEO DE REDES NEURONALES ARTIFICIALES". Revista Española de Financiación y Contabilidad Vol. XXIII, n. 74. Enero-marzo 1993, pag. 153-176. 02/04/11
- TOGNAZZINI, B. (2005): "FIRST PRINCIPLES OF INTERACTION DESIGN". En: <http://galinus.com/es/articulos/principios-diseno-de-interaccion.html>. Fecha consulta: 25/10/10.
- KEINONEN, T. (2007): "TEORÍA SOBRE UNA META DE DISEÑO: USABILIDAD DE LOS PRODUCTOS INTERACTIVOS". Disponible en <http://www2.uiah.fi/projects/metodi/> Fecha de consulta: 20/02/2011
- VAZQUEZ, J. C., CASTILLO, J. ROJAS, M. C.; MARCISZACK, M. (2008): "REDES NEURONALES ARTIFICIALES APLICADAS A CIENCIAS SOCIALES". Anales del X Workshop de Investigadores en Ciencias de la Computación. 2008. 129-135 pp.
- WINTERMUTE (2002): "REDES DE NEURONAS ARTIFICIALES Y PENSAMIENTO". <http://www.genaltruista.com>. onsulata: 20/01/2011