

L. DELGADO - F. MATÍA - J.E. GUTIÉRREZ - A. JIMÉNEZ - A. DE ANTONIO

SINCRO: UNA HERRAMIENTA ON-LINE PARA EL CONTROL INTELIGENTE DE PROCESOS MEDIANTE TECNOLOGÍA AMFE

SINCRO es una herramienta diseñada para controlar un proceso industrial en tiempo real. Los datos históricos del proceso se recogen a través del Análisis Modal Fallo Efecto (AMFE) los cuales son relacionados con los datos del proceso obtenidos en tiempo real a través de la Lógica Difusa. Esta herramienta está lista para usar en cualquier proceso de fabricación industrial

INTRODUCCIÓN

El objetivo de este trabajo es presentar la aplicación SINCRO. Ésta ha sido desarrollada por DISAM (Departamento de Automática de la Universidad Politécnica de Madrid), para la empresa ENUSA.

El hecho que ha motivado el desarrollo de esta aplicación está relacionado con la dificultad existente en la identificación de fallos potenciales de un producto o proceso, la evaluación de sus posibles efectos en clientes externos o internos y el establecimiento e implantación de las adecuadas acciones correctoras. Esta dificultad aumenta si, además, se pretende realizar on-line en sistemas de cierta complejidad, ya que en estos la dificultad para recopilar y representar el conocimiento (datos útiles) es mayor.

La tendencia actual para controlar este tipo de sistemas sigue el desarrollo de aplicaciones industriales, consistente en el uso coordinado de varias tecnologías derivadas de la Inteligencia Artificial (IA). Con ellos se obtienen sistemas de control con prestaciones más altas que las conseguidas con la utilización de una única tecnología. La herramienta on-line SINCRO para el Control Inteligente de procesos se apoya en cuatro técnicas: AMFE, Lógica Borrosa, Redes Neuronales e Interfases de Usuario. Es en sistemas de cierta complejidad y donde las dificultades para representar el conocimiento son mayores, donde este tipo de sistemas de control se hacen realmente necesarios. Con ellos se trata de obtener unas prestaciones del sistema de control más altas que las conseguidas con la utilización de una única tecnología.

SINCRO permite recopilar y actualizar on-line datos útiles procedentes de todos y cada uno de los participantes en procesos productivos, y

proponer instantáneamente al operador acciones correctoras concretas. Además facilita el análisis de la información histórica acumulada y predice las calidades más probables de los productos o servicios, intermedios o finales, en curso de elaboración.

¿QUÉ ES EL ANIFE DE PROCESO?

La técnica ANIFE consiste en el Análisis Modal de Fallos y Efectos Potenciales. Los ANIFEs identifican las acciones correctoras necesarias para evitar fallos (de proceso o de diseño) y evitar que estos lleguen al cliente. También pueden interpretarse como una representación del proceso de fabricación.

Un ANIFE del proceso constituye una técnica analítica que identifica posibles modos de fallo del proceso relacionados con el producto, evalúa los efectos que pueden ejercer los fallos sobre el cliente e identifica las posibles causas de fabricación o montaje del proceso, para determinar medidas de control destinadas a la prevención o detección de las condiciones de fallo. En definitiva, el ANIFE es una forma sistemática de analizar los modos de fallo de un proceso con el fin de combatir sus efectos.

Para implementarlo, se elabora una tabla que recoge todos los posibles modos en que el proceso puede fallar, las causas y efectos asociados, así como otra información también necesaria. De cara a potenciar la uniformidad, se utiliza un impreso de ANIFE prácticamente común para todos los procesos en el que es posible identificar los siguientes elementos:

- Proceso o etapa del proceso que se estudia con información sobre sus objetivos y elementos (maquinaria y productos) que intervienen.
- Proveedores externos y clientes afectados.

- Datos sobre el ingeniero de proceso o el supervisor de sección.
- Fecha del AMFE (primer ANIFE, última revisión o posibles versiones intermedias).
- Modos de fallos potenciales, es decir, qué podría fallar en el proceso, cómo podría dejar de cumplir las especificaciones el producto y a qué podría objetar el cliente.
- Efectos de cada modo de fallo potencial, es decir, una vez que el fallo hubiera ocurrido, cuáles serían sus efectos.
- Variables de control y frecuencia de muestreo.
- Posibles causas de fallo, es decir, desviaciones de variables de control de sus rangos de consigna.
- Índice de probabilidad de ocurrencia del fallo (O), en una escala de 1 a 10.
- Índice de gravedad del efecto del fallo (G), en una escala de 1 a 10.
- Índice probabilidad de no detección del fallo (D), en una escala de 1 a 10.
- Índice de prioridad de riesgo (IPR), producto de los tres anteriores.
- Acciones correctoras recomendadas por el sistema.

En la página siguiente se muestra un ejemplo de tabla para el ANIFE en una red de computadores.

Además, cuando el ANIFE se encuentra en funcionamiento, debe hacerse un seguimiento de cada acción correctora tomada y del responsable de la misma (operador o ingeniería de proceso), así como actualizarse los nuevos índices obtenidos tras las acciones correctoras tomadas. El objetivo primordial es reducir los IPR por debajo de una cota prefijada, a costa de reducir principalmente el índice O.

Proceso: Red de ordenadores Objetivos: Mejorar su funcionamiento Elementos: Usuarios, cable y ordenadores			Proveedores: Informáticos Afectados: Usuarios de ordenadores				Ingeniero: Responsable de la red Fecha: 15/09/95 Mejoras: 10 Versión		
Modo de Fallo	Efecto	Causa	Control	0	G	D	IPR	Acción Correctora	Responsable
La red está bloqueada	No se puede leer el correo electrónico	El cable está abierto	1/semana	4	3	8	96	Comprobar todos los conectores	El administrador de la red
		La tarjeta de red está saturada	1/día	6	3	1	18	Apagar y volver a encender el ordenador	El usuario del ordenador
	No se puede utilizar la remota	El cable está abierto	1/semana	4	6	8	192	Comprobar todos los conectores de la red	El administrador impresora
		La tarjeta de red está saturada	1/día	6	6	1	36	Apagar y volver a encender el ordenador	El usuario del ordenador
Las comunicaciones son muy lentas	Se pierde la conexión por timeout	Hay muchos usuarios	2/día	8	7	2	112	Que los usuarios optimicen su tiempo	Los propios usuarios
		Hay algún usuario en el servidor	2/día	6	7	1	42	Echar al usuario del servidor	El administrador del servidor

EL AMFE VISTO DESDE SINCRO

Como hemos dicho, SINCRO es algo más que una aplicación software. Pero aún desde este punto de vista, no se limita a ser una herramienta que permita la edición de tablas AMFE más cómodamente que en papel.

En primer lugar, se trata de una aplicación *on-line*, capaz de gestionar información dinámica y actualizar automáticamente los IPR. La medida de los valores de las variables de control es la que permite detectar posibles causas de fallo y proponer al operador, de manera instantánea, una serie de acciones correctoras. Éste toma una decisión, cuyo posterior efecto en el proceso (mejora o empeora) queda reflejada en un fichero de datos históricos y es analizada posteriormente por el analista. Esto permite aprender de las propias actuaciones y actualizar la tabla AMFE en consecuencia.

Precisamente, una cualidad apreciable en todo sistema basado en reglas es la posibilidad de aprendizaje a partir de los aciertos/fallos anteriores. SINCRO habilita mecanismos para presentar al usuario (operador o ingeniero de proceso) la relación de acciones correctoras tomadas causantes de mejora/empeoramiento del proceso, con el fin de aconsejarle en la toma de futuras decisiones.

En segundo lugar, incorpora técnicas de IA con el fin de potenciar las capacidades de análisis de la aplicación. Por una parte, utiliza *lógica*

fuzzy para la representación de las causas de fallo.

Mediante esta técnica, las desviaciones de las variables numéricas (densidad, presión, velocidad) pueden expresarse mediante valores cualitativos (alta, baja, correcta), con lo que se facilita enormemente el proceso de representación del conocimiento con incertidumbre. Por otra, utiliza redes neuronales para la predicción de la evolución de calidades, dada la existencia de gran cantidad de datos históricos de variables de proceso.

En tercer lugar, SINCRO no se limita al estudio del ANIFE de una etapa del proceso, donde las causas de fallo serán las entradas y los modos de fallo las salidas. La aplicación va más allá, permitiendo trabajar al mismo tiempo con un proceso completo. Para ello, habilita un mecanismo de enlace de etapas, mediante el cual los i-nodos de fallo de una etapa (salidas) son, a su vez, causas de fallo de la siguiente (entradas). Los efectos de los fallos de una etapa pueden aparecer además como modos de fallo en alguna de las etapas posteriores.

Con ello es posible construir un árbol que presente todas las relaciones causa-modo de fallo para todo el proceso o comparar los ANIFEs de dos etapas consecutivas para detectar inconsistencias. Pero también es necesario gestionar la información de manera más compleja. Por ejemplo, de los índices de probabilidad de ocurrencia (0), que en un AMFE mo-

noetapa convencional se obtienen como el cociente entre el número de fallos y el número de muestras, se puede pasar ahora a la necesidad de obtener las probabilidades de cada modo de fallo condicionadas a cada causa que las origina. Así, cada rama del árbol tiene un peso que permitiría propagar la información desde el principio hasta el final del mismo. De esta forma, sería posible eliminar con facilidad aquellas causas potenciales de las primeras etapas del proceso que no tengan ningún efecto en el producto final. La implementación de esta característica es posible si SINCRO se fusiona con el sistema informática que gobierna la planta (PATMAN).

DESCRIPCIÓN FUNCIONAL DE SINCRO

Las características generales de la aplicación son las siguientes:

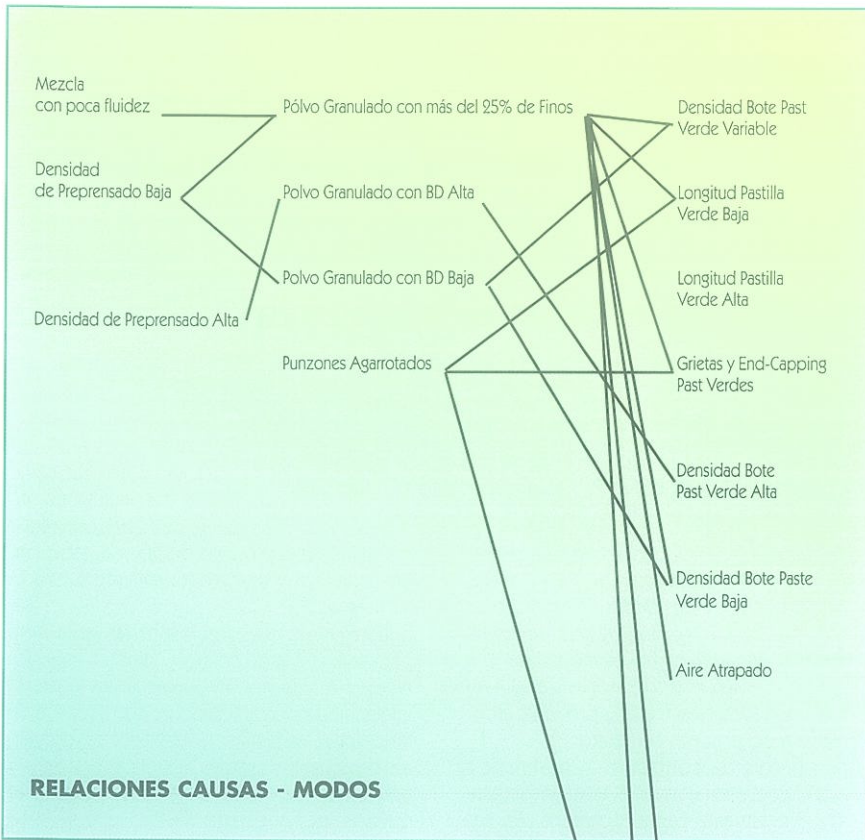
- Sencillo manejo (no es necesario tener conocimientos de informática).
- Flexible (adaptación a diversas situaciones de proceso).
- Amigable (incluye una interfase de usuario guiada por ratón).
- Integrada en las tareas de producción.
- Compatible con el sistema informática ya existente en la planta.
- Dinámica (con funcionamiento on-line y aprendizaje).

Pueden distinguirse dos modos de funcionamiento:

Off-line:

- Introducción y edición del conocimiento (tablas ANIFE).
- Análisis de variables de control y calidades obtenidas.

Etap 1	CAUSA	MODO	EFEECTO	EFEECTO	EFEECTO
Etap 2		CAUSA	MODO	EFEECTO	EFEECTO
Etap 3			CAUSA	MODO	EFEECTO
Etap 4				CAUSA	MODO



On-line:

- Obtención de los valores de las variables de control.
- Obtención de índices de prioridad riesgo.
- Motor de inferencia basado en lógica fuzzy.
- Propuesta de acciones correctoras.
- Predicción de calidades.
- Aprendizaje.

de valores cualitativos/fuzzy).

- Motor de inferencia basado en lógica fuzzy.
- Análisis modal de fallos de proceso.
- Alarma en la detección de modos de fallo.

Las especificaciones funcionales que permite la aplicación SINCRO son:

- Control de acceso de usuarios al sistema.
- Edición de tablas ANIFE de proceso.
- Selección de variables a utilizar en cada etapa.
- Configuración de variables de tipo cualitativo/fuzzy.
- Ayuda en la definición de valores fuzzy.
- Asistencia en la introducción de causas-modos-efectos de fallo.
- Edición de acciones correctoras propuestas.
- Edición de índices de probabilidad de detección de causas de fallo.
- Edición de índices de gravedad de efectos.
- Rangos de probabilidad de ocurrencia definibles por el usuario.
- Encadenamiento automático de tablas entre las distintas etapas.
- Visualización de tablas ANIFE resultantes.
- Visualización de árboles de fallo para el proceso completo.
- Toma de datos de proceso.
- Cálculo automático de índices de probabilidad de ocurrencia.
- Obtención automática de índices de prioridad de riesgo.
- Control de variables de proceso (obtención

- Recomendación de acciones correctoras por orden de prioridad.
- Búsqueda por el árbol completo de fallos (con detección de inconsistencias).
- Corrección por el analista de las acciones correctoras tomadas en el pasado (aprendizaje).
- Selección por el usuario de acciones correctoras (y memorización de las mismas).
- Generación de logs con la historia del ANIFE.
- Actualización de índices a medida que evoluciona el ANIFE.
- Análisis gráfico de evolución de calidades.
- Aprendizaje de redes neuronales a partir de datos de las calidades seleccionadas.
- Predicción de calidades deseadas mediante redes neuronales.

La interfase de usuario permite la interacción eficiente entre el usuario y el sistema SINCRO. El aspecto y la forma de esta interacción es tal que permite al usuario trabajar con comodidad y guiarlo hacia un trabajo más eficiente. Esta interfase representa un peso importante dentro del proyecto SINCRO. Con ella deben interactuar desde los operadores de planta hasta ingeniería de proceso. Para cada tipo de usuario, la aplicación ofrece recursos diferentes, dado que su interacción con el proceso también lo es.

El sistema se ha desarrollado utilizando el sistema de ventanas X Window V11R5, utilizando el toolkit de Motif v1.2. Esto permite, por una parte, desarrollar aplicaciones portables gracias a X Window, y por otra, obtener una calidad final elevada gracias a las prestaciones del sistema Motif.

VARIABLES

Ficheros Edición Ayuda

Fase: **PREP Y GRANULADO**

Indice D: 1 Remota

Indice O: 7 341.000000

Densidad de Prepensado Alta

Densidad de Prepensado = Alta

Modos de fallo

Pólvo Granulado con BD Alta

Acciones correctoras:

Disminuir Presion (Operador)

Mezcla con poca fluidez

Densidad de Prepensado Baja

Densidad de Prepensado Alta

SOLUCIONES	
Modos de Fallo	Soluciones Propuestas
(1.00) Densidad Bote Past Verde Variable (1.00) Densidad Bote Past Verde Baja	(180.00) Aumentar Presión Prensa (Operador) (180.00) Aumentar Cavidad (Operador) <Otra no listada>
CERRAR	DECISION

La aplicación se compone básicamente de cuatro herramientas, más un módulo principal que chequea el permiso de acceso de los usuarios a cada una de ellas.

La herramienta de **administración** permite editar el AMFE de proceso de una forma cómoda y coherente. Una de las novedades de SINCRO reside en que se pueden almacenar múltiples tablas ANIFE, en concreto una por cada etapa del proceso cerámico. Ello implica que la herramienta de control habilite los mecanismos necesarios para enlazarlas entre sí.

Dispone de menús para seleccionar la etapa del proceso cuyo AMFE se desea editar, definir

las variables de control utilizadas en cada etapa, editar las posibles causas de fallo y acciones correctoras recomendadas, los índices de probabilidad de riesgo, los efectos de los fallos en esta etapa, así como los modos de fallo posibles. También es posible visualizar el ANIFE como una tabla tradicional y presentar árboles de fallo del proceso completo.

La herramienta de **control** es la destinada a funcionar continuamente en el taller, interaccionando directamente con el operador. En ella se introducen los valores de aquellas variables cualitativas de control requeridas por el sistema SINCRO, las cuales no están disponibles en

PATMAN. Ante este nuevo conjunto de datos, más la información disponible en PATMAN, el sistema lanza el módulo de razonamiento y advierte al operador de posibles modos de fallo detectados, sugiriéndole acciones correctoras entre las que éste podrá elegir si así lo decide y siempre que sean de su competencia.

La herramienta de **análisis** permite estudiar la evolución histórica del AMFE y contrastar los valores de las variables de control con su rango permitido. Registra la información necesaria de forma que, ante un modo de fallo producido, se puedan estudiar cuales fueron las acciones correctoras tomadas, así como las tomadas en ocasiones anteriores ante un fallo similar, y las situaciones por las que se llegó a las mismas. Además, incluye un módulo de aprendizaje del comportamiento

de calidades, con el fin de llevar a cabo predicciones sobre el comportamiento futuro de las mismas.

El terminal de datos es una herramienta complementaria a la de control. También está destinada a funcionar continuamente en la planta, interaccionando directamente con el operador. Su objetivo es facilitar la introducción de valores de aquellas variables numéricas (y no cualitativas como en la herramienta de control) requeridas por el sistema SINCRO que no están disponibles en PATMAN.

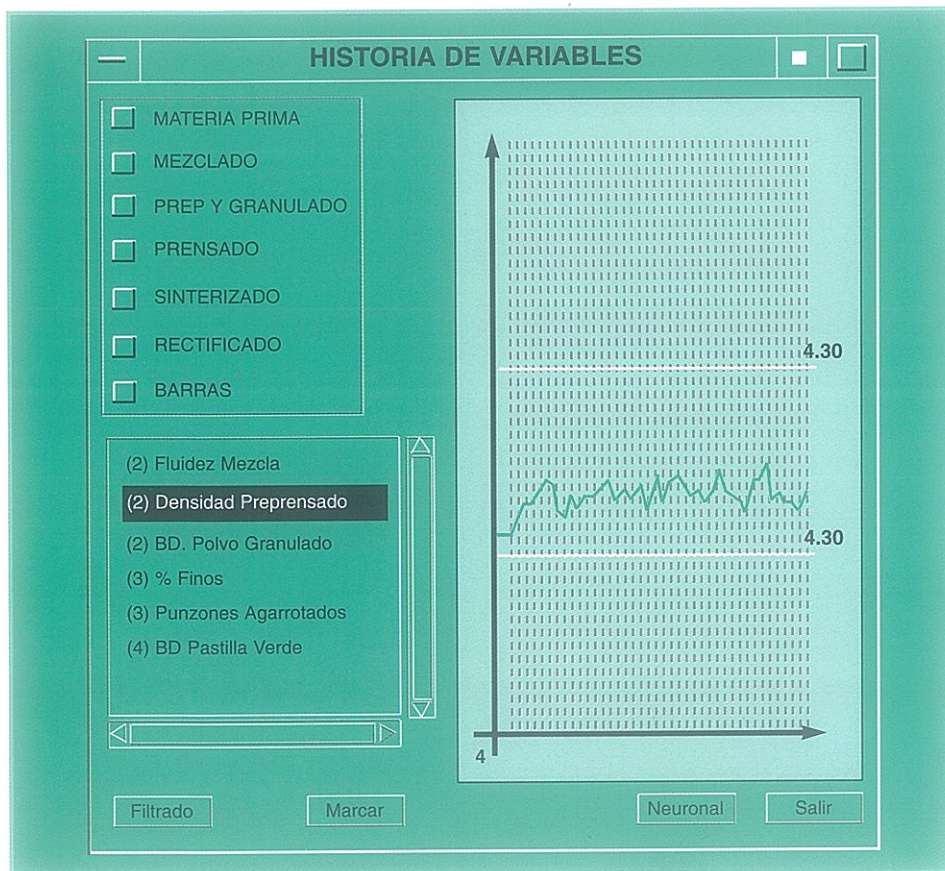
SISTEMAS INTELIGENTES

La tendencia actual en el desarrollo de aplicaciones industriales para control de procesos, se inclina hacia el uso de tecnologías derivadas de la IA. Ello ha dado lugar a la incorporación de una serie de técnicas que se pueden agrupar bajo la denominación de sistemas inteligentes. Bajo este concepto se enmarca la idea de integración de técnicas clásicas (control PID, control por realimentación del estado, simulación numérica, optimización lineal) con técnicas procedentes de la IA (lógica fuzzy, redes neuronales, algoritmos genéticos, sistemas expertos, simulación cualitativa, razonamiento basado en modelos).

LÓGICA FUZZY

En el caso de SINCRO, la lógica fuzzy resulta muy adecuada para modelar las variables de control que intervienen en la prevención de modos de fallo. Una variable representativa es la Densidad de Prepensado, la cual puede tomar varios valores borrosos (baja, correcta, alta). No tendría sentido que una densidad de 4.5 fuese considerada alta, mientras que una de 4.499 lo fuera correcta.

El utilizar una frontera borrosa entre los límites de cada variable es lo que nos va a proporcionar la flexibilidad buscada.



Terminal de Datos: PREP Y GRANULADO

B.D. POLVO GRANULADO

Iden. Lote: 071 FFRK Iden. Subote: 1

Muestra 1: 5.64

Muestra 2: 5.63

Muestra 3:

Muestra 4:

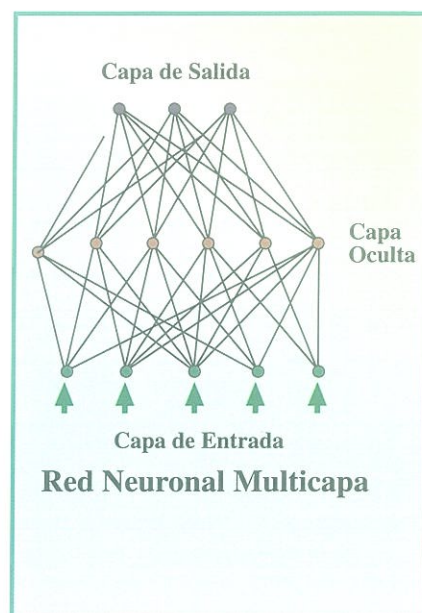
Muestra 5:

Salir

De lo expuesto se desprende que la lógica fuzzy, y al contrario que otras formas de razonamiento, aborda problemas definidos en términos lingüísticos, y por tanto imprecisos, donde los datos están expresados en términos cualitativos. La principal ventaja de utilizar términos lingüísticos reside en que permite plantear el pro-

blema en los mismos términos en los que lo haría un experto humano.

En el caso de SINCRO, el sistema fuzzy se construye planteando un conjunto de reglas lingüísticas con una entrada (causa de fallo) y varias salidas (acciones correctoras). La tabla contiene las reglas a aplicar por el sistema fuzzy



y, como ya dijimos, son de la forma:
 Si densidad = alta ENTONCES acción = disminuir presión
 Si densidad = baja ENTONCES acción = aumentar presión

REDES NEURONALES

Una red neuronal es una estructura de procesamiento de información paralela y distribuida, formada por elementos de procesamiento interconectados mediante canales unidireccionales de información, denominados conexiones. Cada elemento de procesamiento tiene una conexión de salida con diferentes ramas (tantas como sea necesario) portadoras de la misma señal. Esta señal de salida será de un tipo matemático cualquiera. Todo el procesamiento que se hace en un elemento debe ser completamente local, por ejemplo: dependerá sólo de los valores actuales de las entradas al elemento y de posibles valores almacenados en memoria local.

En ellas, cada neurona es un elemento simple de procesamiento. Las neuronas se distribuyen en capas y están conectadas entre sí mediante conexiones unidireccionales llamadas pesos. La principal característica de la red es su facilidad para aprender y su capacidad para generalizar.

Una de sus aplicaciones es la identificación de sistemas para su posterior predicción. La identificación de sistemas se lleva a cabo a partir de un conjunto de datos históricos, pudiendo emplearse redes estáticas o dinámicas y distintos esquemas serieparalelo o paralelo. El aprendizaje puede hacerse off-line (cuando se dispone de datos a priori para el entrenamiento de la red) u on-line (cuando no existe entrenamiento a priori se inicializa la red con valores pequeños y el aprendizaje es continuo a medida que van llegando los datos). Este proceso conlleva verificar que el algoritmo converge y que el error va reduciéndose a

VARIABLES

Ficheros Edición

Fase: PREP Y GRANULADO

(2) Fluidez Mezcla

(2) Densidad Prepensado

(2) BD. Polvo Granulado

Nueva Densidad de Prepensado

Eliminar Control: 4past/bote

Baja
Correcta
Alta

Fuzzy
Cualitativa

PATMAN
Medida OUTPUT

4.30 NE 3 4.65

Fase: PPENSADO Ingeniero de proceso: Francisco Perez								
Modo de fallo	Efecto del fallo	Causa del fallo	Control	0	G	D	IPR	Accion correctora
Densidad Elevada	Peso Final Demasiado Grande (5)	Polvo muy Fino	1 por bote	1	5	2	10	Aumentar la Presion (Operador) Variar el Hueco (Operador)
	Agujeros en el Producto (2) Perfil Defectuoso (3)	Densidad muy Alta	1 por bote	1	7	2	14	Aumentar la Presion (Operador) Aumentar el Hueco (Operador)
		Herramienta Averiad	1/Turno	10	5	3	150	Desmontar y Limpiar (Operador)
Longitud Baja	Diametro Bajo (9)	Polvo muy Fino	1 por bote	1	1	91	18	Aumentar la Presion (Operador) Variar el Hueco (Operador)
	Longitud Final Baja (9)	Herramienta Averiad	1/Turno	10	9	3	270	Desmontar y Limpiar

medida que avanza el entrenamiento. En SINCRO, se utiliza para la predicción de calidades, a partir de un conjunto de valores históricos de variables estrechamente relacionadas entre sí. La red neuronal utilizada es estática y de tipo perceptrón multicapa.

CONCLUSIONES

La aplicación SINCRO tiene unas características que la hacen idónea para ser aplicadas en otros procesos similares. De hecho, en su elaboración ha intervenido diferente personal cualificado:

- Ingeniería de proceso: especifica las variables de control de cada etapa que debe introducir el operador, así como aquellas que deben ser motivo de análisis y predicción.
- Operador de planta: como experto de parte del proceso posibilita la discusión de las reglas de proceso (conocimiento).
- Ingeniería de conocimiento: coordina la obtención del conocimiento a partir de los operadores de planta e ingeniería de proceso.
- Jefe de informática: facilita la integración de SINCRO con el software ya existente en la planta.

SINCRO se ha desarrollado sobre el toolkit de Motif, con vistas a garantizar su portabilidad entre estaciones VAX y AUHA de DIGITAL, Sparc de Sun, PCs con Linux, etc.

REFERENCIAS

-[Jiménez 921] A.Jiménez y F.Matía, Aplicaciones de Fuzzy Logic en Tiempo Real. En La Inteligencia Artificial y el Control en Tiempo Real, REPSOL-11C Colección "Ensayo", (1992) 189-239.

-[Jiménez 94a] A.Jiménez y F.Matía, A Fast Piecewise-Linear Implementation of FUZZY Controllers, NAFIFS'94, organizado por NAFIPS, IFIS y JTWNFL. San Antonio, TX (EEUU). 18-21 Diciembre (1994).

-[Jiménez 94b] A.Jiménez y F.Matía, Control Fuzzy: Estado Actual y Aplicaciones, Cuadernos Profesionales AADECA 6 (2) (1994).

-[Matía 921] F.Matía, A.Jiménez, R.Galán y R.Sanz, Fuzzy Controllers: Lifting the Linear-Nonlinear Frontier, Fuzzy Sets and Systems 52 (2) (1992) 113-128.

-[Matía 951] F.Matía, J.A.Aguilar-Crespo y

A.Jiménez, Fuzzy Logic and Data Quality in Real-Time Expert Systems, Integrated Computer-Aided Engineering (1995).

-[Matía 961] F.Matía, E.Moraleda, A.Jiménez y E.A.Puente, Intelligent Autonomous Systems and the Management of Uncertainty, FLA-MOC'96, Univ. of Technology. Sydney (Australia). 15-18 Enero (1996) 61-66.

-[Sanz 911] R.Sanz, A.Jiménez, R.Galán, F.Matía y E.A.Puente, Intelligent Process Control: The CONEX Architecture. In Engineering Systems with Intelligence.

Concepts, Tools and Applications, S. G. Tzafestas (Ed.), (1991) 407-413.



José E. Gutiérrez Elso es Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos por la Universidad Politécnica de Madrid. Ha trabajado como Ingeniero de Análisis de Tuberías de la Central Nuclear de Trillo en Empresarios Agrupados, S.A. En 1985 se incorporó a ENUSA como Ingeniero del Departamento de Diseño Mecánico. Durante seis meses colaboró con GE en varios proyectos de desarrollo en San José (California). En 1990 fue nombrado Jefe del Grupo de Soporte Informático de Ingeniería y posteriormente, en 1996, accedió al puesto de Subdirector de Sistemas de Información, desde donde coordi-



na la implantación del Plan de Sistemas de Información de la compañía. A lo largo de su carrera profesional ha colaborado en numerosos proyectos de desarrollo en las áreas de combustible, calidad y sistemas.

Luis Delgado Hellín es Ingeniero de Minas. Tras su paso por la División de Minería de ENUSA se incorporó a la Ingeniería de la División del Combustible para desarrollar actividades relacionadas principalmente con la interfase Diseño-Fabricación.

Actualmente lidera varios proyectos de mejora definidos dentro de los programas de Calidad Total que desde hace cinco años esta empresa viene realizando.

Fernando Matía es Ingeniero Industrial. Actualmente desarrolla su actividad profesional en el Departamento de Automática (DISAM) de la Escuela Técnica Superior de Ingenieros Industriales de Madrid de la cual es profesor.

Agustín Jiménez y Angel de Antonio también desarrollan su actividad profesional en el DISAM.