

## **INTRODUCCIÓN A LA SECCIÓN ESPECIAL DE CONTROL INTELIGENTE Y SUS APLICACIONES**

Todavía fresca la agradable noticia de que nuestra RIAI aparece ya indexada en importantes bases de datos, nos complace especialmente introducir este Número Especial dedicado al Control Inteligente y sus Aplicaciones, para cuya materialización se ha contado con la contribución de los esfuerzos de Profesores e Investigadores de toda Ibero América, tanto como autores, cuantos como revisores y editores.

Siguiendo casi al pie de la letra de la convocatoria librada para este número, la temática de los trabajos en él incluidos recorre un muy variado diapasón que abarca al modelado, el control, la tolerancia a fallos, la clasificación y la toma de decisiones, todos manejando y partiendo de información imprecisa y cualitativa. Ha sido particularmente agradable observar como las técnicas de Inteligencia Artificial y el Control son involucrados en la solución de problemas medioambientales, industriales, agrícolas y de navegación (aérea, terrestre). Si alguna pequeña insatisfacción todavía nos queda, ella se relaciona con lo todavía limitado de las aplicaciones en el “mundo real” de los resultados presentados, que con alguna frecuencia se limitan a llegar solo hasta las simulaciones. También nos parece que valdría la pena retomemos el tema de la unificación y castellanización de la nomenclatura, tanto la de control en general (adaptivo-adaptativo-adaptable, feedforward-anticipatorio), como (y especialmente en) la particular de las técnicas de IA (soft-computing, borroso-difuso-fuzzy, fuzzyfication-borrosificación-emborronado, neural-neuronal, clustering-aglomerados) al menos en el ámbito de la RIAI.

Se recibieron veintiuna contribuciones a este número especial. La selección que se presenta se ha llevado a cabo mediante la revisión de cada propuesta por tres revisores, tanto españoles como iberoamericanos, siendo coordinado este proceso por los editores. A continuación algunos comentarios acerca de los diez artículos seleccionados que se incluyen en este número.

Al-Hadithi y otros, de la Universidad Alfonso X el Sabio y de la UPM, nos presentan una revisión del estado del arte sobre los distintos enfoques de análisis de estabilidad de sistemas borrosos. Se ponen de manifiesto las dificultades incorporadas en el análisis de estabilidad, debido a la no linealidad de los sistemas borrosos. Se comentan los trabajos sobre estabilidad basada en el criterio del círculo. Otra técnica estudiada es la aplicación del teorema de Lyapunov para examinar la estabilidad de los sistemas borrosos, que permite utilizar métodos numéricos de búsqueda. Además, se revisan los trabajos sobre estabilidad mediante el uso del modelo borroso de T-S. Se muestra también el enfoque de Desigualdad de Matrices Lineales (LMI).

Marichal y otros de la Universidad de La Laguna de Tenerife presenta la exitosa utilización de técnicas neuroborrosas en una tarea de reconocimiento de patrones: la detección e identificación de señales viales, así como la toma de decisiones en un escenario cualitativamente definido: acciones en la conducción de un vehículo autónomo. Describen la creación y ensayos del dispositivo sensorial de tecnología infrarroja, así como el procedimiento para crear los algoritmos correspondientes, basados en reglas tipo Takagi-Sugeno implementadas mediante redes neuronales (neuro-borrosas). Logran simplificaciones severas de los volúmenes de datos y de reglas, sin detrimento de la exactitud de los resultados. Finalmente brindan los resultados de las pruebas de la estrategia de frenado progresivo del vehículo en un aparcamiento.

Fruto de la colaboración entre Valverde y Gachet, investigadores de Universidades de España y Norteamérica, aparece una versión interesante de la aplicación de las Redes Neuronales Artificiales a la creación de modelos de sistemas no lineales complejos. Ellos proponen una red de tipo radial (RBF) de tamaño variable, basándose en trabajos no muy recientes, de Poggio y Girosi, como alternativa a las “feedforward” y recurrentes frecuentemente usadas con el mismo fin. Nos brindan además descripciones detalladas del algoritmo de entrenamiento y de pruebas con ejemplos (matemáticos) de SISO lineal, SISO no lineal y MIMO no lineal. Logran comportamiento adecuado en todos los casos y recomiendan mejoras futuras (estabilidad, topología de la red e inmunidad al ruido).

Prats y otros, de la UPC, aportan un singular trabajo, muy simpático desde una óptica medioambiental: la lógica borrosa se aplica al diseño de estrategias de aterrizaje y despegue capaces de mitigar la polución acústica en los alrededores de los aeropuertos. La solución propuesta, válida para un aeropuerto y una aeronave dados, se basa en la optimización multicriterial de las trayectorias, relativamente novedosa. Los autores cuantifican al ruido y las molestias ocasionadas a los humanos, mediante métricas y la lógica borrosa. La optimización referida penaliza, simultáneamente, esas molestias, el consumo energético de la aeronave y el tiempo de vuelo, usando el llamado orden lexicográfico. Un ejemplo de aplicación a un caso hipotético, con buenos resultados, cierra este trabajo.

Desde Valladolid (CARTIF y UVA), Saludes y Fuente contribuyen con un muy interesante sistema de control, basado en el paradigma del IMC no lineal, que se combina con un compensador de fallos, realizados mediante herramientas neuro-borrosas y una RNA entrenada en línea, respectivamente. Los resultados de la aplicación mediante simulación del sistema propuesto a un proceso no lineal de la industria azucarera (sulfitación) demostraron su efectividad para ambos propósitos, control y tolerancia a fallos, en un amplio rango de operación. El amplio manejo por los autores de la literatura pertinente aporta al lector una rica y actualizada base para emprender ulteriores trabajos en líneas similares.

Burgos-Artizzu y otros, investigadores del IAI-CSIC y la Universidad Complutense de Madrid aunaron esfuerzos intentando contribuir al loable fin de minimizar el impacto ambiental y los costes de los herbicidas en el marco de la llamada Agricultura de Precisión. Ellos proponen un controlador borroso MIMO capaz de dosificar la aplicación de herbicidas, según la infestación herbaria (índice de cobertura, estado de crecimiento de las hierbas). Cuantifican la infestación mediante técnicas de visión artificial y, con esa información, el controlador elige los sitios a tratar y genera acciones sobre los caudales de herbicidas y la velocidad del tractor que los aplica. Nos ofrecen detalles de la base de conocimiento de su controlador e ilustran con un caso simulado la efectividad del sistema desarrollado.

Fuente y otros, de la UVA, presentan un sistema de detección e identificación de fallos basado en modelos borrosos. En su creación, se proponen también satisfacer el compromiso entre la exactitud del modelado numérico y la llamada “interpretabilidad” del puramente cualitativo. Aplican modelos del tipo Takagi-Sugeno a partir de medidas de entrada y salida, usando el método de aglomerados substractivos, que luego refinan con una RNA tipo ANFIS y además simplifican su base de reglas usando medidas de similitud borrosas. Finalmente, reseñan la aplicación experimental a un motor de inducción, con otro en calidad de carga. En ese ejemplo el sistema creado demostró plena aptitud para detectar fallos, i.e. clasificar la operación del motor (entre seis modos posibles), incluso tras sus mejoras y simplificaciones.

Andújar y otros, de la Universidad de Huelva han contribuido con una aplicación del paradigma de Mamdani, a la solución de un problema de control MIMO, similar a la abordada por otros autores en época reciente, el control de una grúa porta contenedores. Nos explican su procedimiento para crear el controlador a partir de criterios de expertos: definen las variables de entrada y salida, las convierten a variables lingüísticas (con funciones de pertenencia gaussianas) y crean la base de reglas. Al final ilustran con un ejemplo de simulación, construido a partir de un modelo de estados no lineal tomado de la literatura, logrando un comportamiento satisfactorio.

Lamanna y Gimón, de la Universidad Simón Bolívar de Venezuela nos presentan la creación y pruebas de un algoritmo de Control Predictivo Generalizado. Las autoras usaron un modelo neuronal no lineal del proceso que linealizan en cada iteración del algoritmo de control, usando la técnica de linealización instantánea propuesta por Sørensen, para simplificar el proceso de optimización. Esto da la posibilidad de implantarla en tiempo real al acortar el tiempo de cálculo de las acciones de control. Se trata entonces de un esquema de control neuronal adaptable de relativamente fácil realización. Por último, nos brindan la descripción y resultados, notablemente satisfactorios, de su implantación en un reactor de neutralización de laboratorio.

Ariño y otros, de la UPV nos presentan un trabajo de corte más teórico-conceptual, con un serio tratamiento formal al diseño de controladores para sistemas borrosos Takagi-Sugeno mediante desigualdades matriciales lineales. Los autores proponen un cambio de variables no constante con el objetivo de poder controlar al sistema en múltiples puntos de funcionamiento y eliminar el efecto del término afín, para una clase canónica de esos sistemas que define como estados a las salidas y sus derivadas. Con ello se posibilita la verificación de la estabilidad ante cambios en la referencia, lo que de hecho representa un valioso aporte. Como culminación ilustran su procedimiento con algunos ejemplos matemáticos.