

## LIBROS Y MONOGRAFÍAS

En este número traemos a nuestra sección la recensión de un libro de reciente aparición, que versa sobre control óptimo jerárquico, tema de gran actualidad debido al gran interés que suscita todo lo relacionado con el control de sistemas complejos tanto en el mundo académico como en la industria. La recensión de este libro ha sido realizada por Manuel Berenguel, de la Universidad de Almería.

Animamos de nuevo a los lectores a enviar resúmenes de novedades, tanto de libros como de tesis doctorales recientes, y a solicitar recensiones de libros que consideren de interés para el área a través de la dirección de correo electrónico: [bordons@esi.us.es](mailto:bordons@esi.us.es).

### RECENSIÓN

#### *Iterative Algorithms for Multilayer Optimizing Control*

**Mietek A. Brdys, Piotr Tatjewski**

Imperial College Press, 2005, 370 páginas. ISBN: 1-86094-514-7

<http://www.icpress.co.uk/mathematics/p372.html>

Este libro está dedicado a exponer conceptos y métodos de diseño de controladores jerárquicos, con un buen equilibrio entre teoría y práctica. Es un texto que se lee y comprende con facilidad, a pesar de estar muy centrado en soluciones algorítmicas a problemas de optimización. Lo considero una lectura muy interesante para aquellos investigadores o profesionales que quieran trabajar en el campo del control óptimo jerárquico, que es un ámbito que de nuevo suscita gran atención debido a su gran potencial en el control de sistemas complejos.

Parte de la definición de estructuras básicas de control con múltiples capas, distinguiendo entre descomposiciones funcionales y temporales, a partir de las cuales se exponen los conceptos asociados y se desarrollan metodologías y algoritmos para la síntesis sistemática de controladores óptimos aplicables a dichas estructuras. El texto recoge los avances en el campo del control jerárquico producidos desde la publicación en 1980 de una obra previa por Findeisen *et al.* titulada *Control and Coordination in Hierarchical Systems* (J. Wiley & Sons, Chichester).

En las arquitecturas de control propuestas en el libro subyace el objetivo de maximizar la eficiencia económica a lo largo de un horizonte amplio, manteniendo su operación sostenible en presencia de incertidumbre, dinámicas no lineales y perturbaciones que varían a lo largo del tiempo, no siendo en general fácil ni directo trasladar estos objetivos en trayectorias e incluso en valores de estado estacionario de las entradas controladas del proceso. La idea de una estructura de control jerárquico es descomponer el problema global de control en una secuencia de sub-problemas más sencillos que son abordados por capas de control específicas. En el texto, se distinguen fundamentalmente los siguientes niveles en la descomposición funcional, que se explican con detalle en los capítulos 1 y 2.

La capa de control directo, que es la encargada del control y la seguridad de los procesos que constituyen la planta, teniendo acceso a los actuadores y sensores de la instalación. La capa de generación de consignas (opcional), que tiene como objetivo establecer los valores de referencia de variables correspondientes a procesos habitualmente más lentos relacionados con la calidad del producto, procesos secundarios que se ven influenciados por las acciones de control que se adoptan en la capa de control directo, o bien la modificación de las referencias obtenidas de la capa superior.

La capa de control óptimo, que tiene como objetivo el cálculo de los puntos o trayectorias óptimas de operación, generalmente a través de la minimización de una función de objetivo que tiene en cuenta aspectos económicos que definen fundamentalmente los beneficios y costes de explotación durante la operación, las restricciones sobre las variables del proceso y un modelo del proceso que describa relaciones entre las entradas y las salidas.

En esta capa se obtienen las consignas para los niveles inferiores de la jerarquía que optimizan los criterios económicos o de calidad. En general, serán precisas predicciones de perturbaciones que constituirán una fuente más de incertidumbre, además de la inherente al uso de modelos (que en muchos casos son de estado estacionario). La incertidumbre a este nivel de la jerarquía se compensa mediante el uso de técnicas de horizonte deslizante o mediante técnicas iterativas donde se adaptan los parámetros del modelo para reducir la diferencia entre las salidas esperadas y las reales dentro de una estrategia de control óptimo.

Los capítulos 3 y 4 están fundamentalmente dedicados a la inclusión de estrategias iterativas que utilicen estimaciones de las perturbaciones y a la integración de la optimización del sistema y la estimación paramétrica (*ISOPE: Integrated System Optimization and Parameter Estimation*). La idea fundamental es resolver simultáneamente de forma iterativa el problema de optimización asociado al control y a la calibración de los parámetros del modelo que se está utilizando para representar a dicho sistema. El óptimo del proceso se alcanza de forma iterativa, calculando inicialmente las señales óptimas de control en base al modelo del que se dispone, midiendo las salidas correspondientes (una vez que han alcanzado el estacionario al usar modelos estáticos) y utilizándolas en el proceso de optimización de los parámetros del modelo, reduciendo de esta forma el nivel de incertidumbre. Esta idea básica es la que se repite en el resto de los capítulos, que presentan modificaciones del algoritmo ISOPE básico en función de las características del problema tratado y las restricciones. Por ejemplo, el capítulo 5 amplía los resultados previos para el caso en que existan restricciones a la salida. El capítulo 6 está dedicado a la aplicación de los algoritmos tratados en los capítulos previos al caso de procesos dinámicos por lotes y en el capítulo 7 se combinan la descomposición funcional y espacial para tratar el caso del control óptimo de sistemas interconectados.

En todos los capítulos se exponen los fundamentos de los métodos de optimización empleados y la forma algorítmica de implementarlos, así como pruebas de convergencia de los mismos.

Los autores poseen una dilatada experiencia de más de dos décadas en el desarrollo y aplicación de técnicas de control jerárquico a procesos industriales, fundamentalmente relacionados con la depuración de aguas. Esta experiencia se ve también reflejada en el texto, a través de la inclusión de aplicaciones de los métodos explicados sobre procesos reales a escala de laboratorio, tales como un evaporador, una columna de destilación de etileno, una línea de destilado de estireno compuesta de tres columnas, un horno industrial y un sistema industrial integrado de depuración de aguas residuales. Precisamente es este último sistema sobre el que los autores han trabajado más en los últimos años, habiendo incluido en el libro una metodología basada en la descomposición temporal del problema de optimización para obtener un controlador que lleva a cabo la optimización dinámica incorporando una estrategia de control predictivo robusto repetitivo distribuido sobre las capas que operan en distintas escalas de tiempo.

En esta primera edición hay algunas erratas y las referencias bibliográficas son algo limitadas y fundamentalmente centradas en los trabajos de los autores. El libro tendría un mayor valor añadido si se hubiera acompañado de algunas librerías o programas que implementaran los algoritmos básicos usados en los ejemplos de simulación, como ocurre en la actualidad con muchos textos que proporcionan al lector el código fuente de los ejemplos a través de una página web.

**Manuel Berenguel Soria.**

Área de Ingeniería de Sistemas y Automática. Universidad de Almería.  
beren@ual.es