XXV Congreso Nacional de Estadística e Investigación Operativa
Vigo 4-7 de Abril del 2000

MEJORAS COMPUTACIONALES EN LA DESCOMPOSICIÓN ANIDADA ESTOCÁSTICA DE BENDERS

Andrés Ramos Santiago Cerisola

Instituto de Investigación Tecnológica
Universidad Pontificia Comillas

RESUMEN

Este trabajo presenta los resultados computacionales en la implantación de diferentes alternativas y mejoras en un algoritmo de descomposición anidada estocástica de Benders empleado para resolver un modelo de coordinación hidrotérmica de un sistema eléctrico.

Palabras y frases clave: programación estocástica, descomposición de Benders.

1. INTRODUCCIÓN

Un modelo de coordinación hidrotérmica de un sistema eléctrico determina la producción óptima a efectuar por los generadores térmicos e hidráulicos en función de aportaciones estocásticas. Éstas son tratadas como parámetros aleatorios con funciones de probabilidad discretas cuya evolución en el tiempo se representa mediante un árbol de probabilidad o escenarios. Este problema se puede formular matemáticamente como un *problema lineal estocástico multietapa*. Este problema resulta de muy gran tamaño cuando o bien el número de nodos del árbol es elevado o bien el se trata de un sistema eléctrico grande.

$$
\begin{aligned}
&\min_{x_t^{\omega_t}} \sum_{t=1}^{T} \sum_{\omega_t \in \Omega_t} p_t^{\omega_t} c_t^{\omega_t T} x_t^{\omega_t} \\
&B_{t-1}^{a(\omega_t)} x_{t-1}^{a(\omega_t)} + A_t^{\omega_t} x_t^{\omega_t} = b_t^{\omega_t} \quad t = 1,\dots,T \\
&x_t^{\omega_t} \ge 0 \\
&B_0^{\omega_1} \equiv 0
\end{aligned}
$$

Aprovechando la estructura angular por bloques de la matriz de restricciones, una de las técnicas habitualmente utilizadas para resolverlo es la *descomposición anidada estocástica de Benders* [Jacobs, 95].

$$
\begin{aligned}
&\min_{x_t^{\omega_t}, \theta_t^{\omega_t}} c_t^{\omega_t T} x_t^{\omega_t} + \theta_t^{\omega_t} \\
&A_t^{\omega_t} x_t^{\omega_t} = b_t^{\omega_t} - B_{t-1}^{a(\omega_t)} \overline{x}_{t-1}^{a(\omega_t)} \quad : \pi_t^{\omega_t} \\
&\overline{G}_t^{\omega_t l_t} x_t^{\omega_t} + \theta_t^{\omega_t} \ge \overline{q}_t^{\omega_t l_t} \quad : \eta_t^{\omega_t} \\
&x_t^{\omega_t} \ge 0 \ ; \ \theta_T^{\omega_T} \equiv 0 \ ; \ B_0^{\omega_1} \equiv 0 \ ; \ \pi_{T+1}^{\omega_T} \equiv 0 \ ; \ \eta_{T+1}^{\omega_T} \equiv 0
\end{aligned}
$$

Este modelo de coordinación hidrotérmica estocástica y su algoritmo de solución ha sido programado en GAMS [Brooke, 96]. El uso de un lenguaje algebraico para su modelado presenta ventajas e inconvenientes. Las ventajas principales residen en la facilidad para su desarrollo y mantenimiento además de que permite la experimentación de manera relativamente fácil y sistemática de diferentes alternativas y mejoras en la resolución del problema. La mayor desventaja estriba en la menor eficiencia computacional frente a otros lenguajes de propósito general. En este resumen se presentan los resultados de las diferentes técnicas utilizadas para contrarrestar esa desventaja computacional.

2. MEJORAS EN LA DESCOMPOSICIÓN ANIDADA DE BENDERS

Las líneas de actuación se que han seguido para mejorar el algoritmo de descomposición anidada estocástica de Benders se pueden clasificar en dos tipos:

- Algoritmo de *optimización* para cada subproblema
  Se trata de utilizar automáticamente el método de optimización más adecuado al problema a resolver en función del tamaño y estructura de cada subproblema. Los posibles métodos son: *punto interior* o barrera, *simplex primal* y *simplex dual*.
  Además esta elección del método cambia dependiendo de la iteración del algoritmo de descomposición por la posibilidad que tiene el método simplex de usar *bases previas*.
  Como conclusión y con la tecnología de optimización disponible en la actualidad se pueden establecer recomendaciones generales de tamaños idóneos para utilizar uno u otro método.

- Algoritmo de *descomposición* anidada
  Una de las primeras conclusiones obtenidas es que el método de descomposición aplicado a problemas lineales estocásticos sólo presenta ventajas cuando no se puede resolver el problema completo por razones de tamaño. Esta razón induce a tratar de agregar los nodos del árbol.
  Específicamente se han analizado los métodos de formación de cortes (mono o multicorte [Birge, 88]) y diferentes procedimientos de agregación de nodos en subárboles conexos con o sin multicorte que se presentan en otro resumen.
  A mayor agregación de nodos menor número de iteraciones de descomposición. La agregación de nodos sólo viene limitada por las características del ordenador.

3. REFERENCIAS

Birge, J.R. and Louveaux, F.V. (1988) “A Multicut Algorithm for Two-Stage Stochastic Linear Programs”. *European Journal of Operational Research*. Vol 34, No 3, pp 384-392.

Brooke, A., Kendrick, D. and Meeraus, A. (1996) *GAMS Release 2.25 A User's Guide*. GAMS Development Corporation.

Jacobs, J, Freeman, G., Grygier, J., Morton, D. P., Schultz, G., Staschus, K. and Stedinger, J. (1995) “SOCRATES: A System for Scheduling Hydroelectric Generation under Uncertainty” *Annals of Operations Research*. Vol 59, pp 99-133.