

UNA VISIÓN SOBRE SECUENCIAS REGULARES

JOAQUÍN BAUTISTA, RAMON COMPANYS, ALBERT COROMINAS
Laboratorio de Organización de la Producción
Departamento de Organización de Empresas
Universidad Politécnica de Cataluña

En los últimos años el laboratorio de Organización de la Producción (LOP) del departamento de Organización de Empresas de la UPC ha venido desarrollando una serie de trabajos sobre diversos problemas en el campo de la Organización Industrial (planificación y programación de la producción, diseño de sistemas productivos, entre otros), empleando indistintamente procedimientos exactos (programación lineal continua, entera, mixta, BDP, etc.) y heurísticos (algoritmos genéticos, heurísticas greedy y procedimientos de mejora basados en la búsqueda tabú y el recocido simulado).

Uno de los problemas que ha merecido una atención especial es el de las secuencias regulares., línea de trabajo encuadrada en los proyectos de investigación DGICYT PB-0504 y CAICYT TAP95-0420.

Estos problemas se presentan en los sistemas productivos cuya distribución en planta está orientada al producto y, aunque su existencia es pareja a la aparición de las primeras líneas de producción, últimamente han adquirido importancia por los éxitos conseguidos en el marco de la gestión JIT. Concretamente, se trata de secuenciar una serie de variantes de un producto, cuyas cantidades se conocen a priori (programa de producción), en una línea de montaje que, al no tratar unidades estrictamente idénticas, recibe el calificativo de mixta. La regularidad se puede referir a los productos, y se pretende que la unidades de una misma variante aparezcan distribuidas lo más regularmente posible; otras veces se puede referir a los componentes (los elementos o subconjuntos que se montan en la cadena dando lugar al producto final), y se pretende que su consumo sea homogéneo en el tiempo; finalmente la regularidad se puede referir a las cargas de trabajo, y se trata entonces de conseguir que estas no superen ciertos límites establecidos en todas o algunas de las estaciones.

Dentro de esta línea hemos analizado y formalizado en primer lugar el concepto de regularidad, clasificando los problemas existentes en la literatura e incorporando otros que han sido detectados en el entorno industrial. En particular, hemos distinguido el caso en que la regularidad se caracteriza mediante una función de discrepancia (tanto menor cuanto mayor es la regularidad) o mediante unas propiedades o restricciones que debe cumplir una secuencia que se considere regular.

	Productos	Recursos		Cargas
		Componentes		
		1-Nivel	Multinivel	
Propiedades	CP	CO	CMO	CL
Función	PRV	ORV	MORV	LRV
Mixta	CPRV	CORV	CMORV	CLRV

Las siglas PRV (Product rate variation) y ORV (Output rate variation) fueron propuestas por Kubiak [1], pero dada la variedad de los problemas existentes nos hemos visto obligados a realizar una ampliación (C: Constrained; M: Multilevel; L: Load) siguiendo las mismas ideas [2].

El problema PRV con función de discrepancia cuadrática o rectangular se ha abordado con procedimientos exactos como la BDP cuya rápida resolución viene propiciada por el empleo de propiedades de optimalidad que hemos establecido [3]. Se ha definido una gama de funciones de discrepancia y se ha realizado una extensión de los trabajos de Kubiak y Sethi [4] al conseguir la reducción de este problema a un problema de afectación para toda la gama de funciones de discrepancia propuestas [5]. También hemos establecido una conexión entre el problema PRV y el de reparto proporcional [6].

El problema ORV (Output Rate Variation) con un solo nivel de componentes, descrito por Monden [7], se ha abordado mediante el diseño de heurísticas greedy y algoritmos genéticos, además se ha empleado para su resolución un procedimiento exacto basado en la BDP [8]. La BDP (bounded dynamic programming) es un procedimiento general para obtener soluciones óptimas en los problemas combinatorios [9] que se pueden reducir a la búsqueda del camino extremo en un grafo polietápico, y se ha mostrado muy eficiente en los problemas de secuenciación; su diseño inicial surge cuando nos enfrentamos al problema ORV.

También se ha realizado una extensión al problema multinivel propuesto por Miltenburg y Sinnamon [10], y se han reducido todos los problemas PRV y ORV con función de discrepancia cuadrática a un formato común que facilita los cálculos recurrentes [11].

A partir de la extensión natural del problema CO (difundido en la bibliografía con el nombre Car Sequencing Problem) [12] se ha formalizado el problema CORV (Constrained Output Rate Variation) caracterizando la regularidad a través de una función de discrepancia y una serie de condiciones impuestas a la secuencia. Este problema se ha abordado con procedimientos heurísticos que incorporan un mecanismo de retroceso en la búsqueda y con un procedimiento exacto basado en la BDP [13].

Una variante sencilla del problema CLRV con solo dos tipos de unidades a secuenciar fue propuesta por Yano y Rachamadugu [14] y resuelta mediante un procedimiento heurístico por dichos autores. Nosotros hemos realizado una extensión al considerar ilimitado el número de tipos de unidades a secuenciar, resolviendo el problema por procedimientos heurísticos y exactos basados en la BDP [15].

Referencias

- [1] W. Kubiak (1993); "Minimizing Variation of Production Rates in Just-in-Time Systems: A survey"; EJOR, 66, 259-271.
- [2] J. Bautista, R. Companys, A. Corominas (1994); "Modèles et algorithmes pour la détermination de séquences équilibrées dans les lignes de montage mixtes"; CORS-94 - Optimization Days; Montreal.

- [3] J. Bautista, R. Companys, A. Corominas (1995); "Un procedimiento exacto para el problema de secuencias equilibradas que minimizan la variación de la tasa de producción"; XXII Congreso Nacional de Estadística e Investigación Operativa; Sevilla.
- [4] W. Kubiak y S. Sethi (1994); "Optimal Just-in-Time Schedules for Flexible Transfer Lines"; International Journal of Flexible Manufacturing Systems, 6, 137-154.
- [5] J. Bautista, R. Companys, A. Corominas (1995); "El problema de la regularidad de la tasa de producción y su reducción al problema de afectación"; XXII Congreso Nacional de Estadística e Investigación Operativa; Sevilla.
- [6] J. Bautista, R. Companys, A. Corominas (1996); "A note on the relation between the Product Rate Variation (PRV) Problem and the Apportionment Problem"; Journal of the Operational Research Society, 47, 1410-1414.
- [7] Y. Monden (1983); Toyota Production System; IIE Press.
- [8] J. Bautista, R. Companys, A. Corominas (1996); "Heuristics and exact algorithms for solving the Monden Problem"; EJOR, 88, 101-113.
- [9] J. Bautista, R. Companys, A. Corominas (1995); "Solving Combinatorial optimization problems through Bounded Dynamic Programming"; EURO XIV / OR 36; Glasgow.
- [10] J. Miltenburg, G. Sinnamón (1989); "Scheduling mixed-model multi-level Just-in-Time Production Systems"; IJPR, 27, 1487-1509.
- [11] J. Bautista, R. Companys, A. Corominas (1995); "Sur l'ordonnancement des unités dans une ligne d'assemblage mixte"; FRANCORO, Mons.
- [12] M. Dinçbas, H. Simonis, P. Van Hentenryck: (1988); "Solving the Car-Sequencing problem in constraint logic programming"; Proceedings of the European Conference on Artificial Intelligence.
- [13] J. Bautista, R. Companys, A. Corominas (1994); "Secuenciación en líneas de montaje mixtas con restricciones en el consumo de componentes"; XXI Congreso Nacional de Estadística e Investigación Operativa; Calella.
- [14] C.A. Yano, R. Rachamadugu (1991); "Sequencing to minimize work overload in assembly lines with product options"; Management Science, 37, 572-586.
- [15] J. Bautista, R. Companys, A. Corominas, J. Santclément (1995); "Secuencias equilibradas en líneas de producción mixtas para minimizar la sobrecarga de trabajo"; XXII Congreso Nacional de Estadística e Investigación Operativa; Sevilla.