

Metaheurísticas para el problema de secuenciación en máquinas paralelas no relacionadas con tiempos de cambio¹

Eva Vallada, Rubén Ruiz

Grupo de Sistemas de Optimización Aplicada. Instituto Tecnológico de Informática. Universidad Politécnica de Valencia. Cno. de Vera s/n, 46022.Valencia. evallada@cio.upv.es, r Ruiz@cio.upv.es

Keywords: máquinas paralelas, makespan, tiempos de cambio

1. Introducción

En el problema de secuenciación en máquinas paralelas tenemos un conjunto de n trabajos que se procesan en exactamente una máquina de un conjunto de m máquinas. Por tanto, cada trabajo está formado por una tarea que requiere un tiempo de proceso determinado. En el caso de máquinas paralelas no relacionadas, el tiempo de proceso de los trabajos depende de la máquina a la que se ha asignado. Además, la consideración de tiempos de cambio entre dos trabajos es muy común en la industria. Estos tiempos de cambio son dependientes tanto de la secuencia de producción como de la máquina en la que éstos están asignados, es decir, el tiempo de cambio en la máquina k entre los trabajos i y j es diferente del tiempo de cambio en la misma máquina entre los trabajos j e i . Además, el tiempo de cambio entre los trabajos i y j en la máquina k será distinto del tiempo de cambio entre los mismos trabajos en la máquina k' . El criterio de optimización más estudiado en la literatura es la minimización del máximo tiempo de finalización o *makespan* (C_{max}). En este trabajo se proponen metaheurísticas, en concreto algoritmos genéticos, para el problema descrito, denotado como $R/sdst/C_{max}$. Asimismo, los métodos propuestos se evalúan y comparan con los mejores métodos de la literatura utilizando para ello el mismo conjunto de datos. Los resultados indican que los métodos propuestos son más eficaces para el problema considerado de manera significativa.

2. Algoritmos genéticos para el $R/sdst/C_{max}$.

En el algoritmo genético propuesto, la población inicial se genera aleatoriamente excepto un individuo obtenido mediante la heurística Multiple Insertion (MI) de Kurz y Askin (2001). Las características más innovadoras del algoritmo son el operador de cruce y la búsqueda local aplicada. El primero de ellos incluye un pequeño procedimiento de búsqueda local para obtener descendientes buenos. Después del cruce, se aplica el operador de mutación de acuerdo a una probabilidad y un procedimiento muy rápido de búsqueda local se aplica a los hijos. Dicha búsqueda local está basada en el vecindario de inserción, en concreto insertar todos los trabajos en todas las posiciones de todas las máquinas. Cuando un trabajo se inserta en alguna máquina no es necesario evaluar la secuencia entera para obtener el nuevo valor del *makespan*, por lo que la búsqueda local es realmente muy rápida. A continuación, los hijos son insertados en la población si son mejores que el peor individuo de la población y además no existen ya en la misma. Se ha llevado a cabo un experimento de calibración para los

¹ . Este trabajo está parcialmente subvencionado por el Ministerio de Ciencia e Innovación, bajo los proyectos "OACS - Optimización Avanzada de la Cadena de Suministro" y "SMPA - Secuenciación Multiobjetivo Paralela Avanzada: Avances Teóricos y Prácticos" con referencias IAP-020100-2008-11 y DPI2008-03511/DPI, respectivamente

diferentes parámetros y operadores del algoritmo propuesto y se han obtenido dos algoritmos genéticos, denotados como GA1 y GA2, respectivamente.

3. Experimento computacional y resultados

Los dos algoritmos propuestos, denotados como GA1 y GA2, se han evaluado y comparado con los siguientes métodos reimplementados de la literatura: heurística Multiple Insertion de Kurz y Askin (2001), denotada como MI; tabu search de França et. al (1996) y de Logendran et. al (2007), denotados como TS y TS_L, respectivamente; el algoritmo genético de Kurz y Askin (2001), denotado como GA; el simulated annealing de Low (2005), denotado como SA; la heurística propuesta por Rabadi et al. (2006), denotada como Meta y el GRASP de Armentano y Felizardo (2007), denotado como GMC. Para evaluar todos los métodos se ha propuesto un conjunto de 640 instancias pequeñas (de 6 a 12 trabajos y de 2 a 5 máquinas) y 1000 instancias grandes (de 50 a 250 trabajos y de 10 a 30 máquinas). El criterio de parada para todas las metaheurísticas es el máximo tiempo transcurrido de CPU según el número de trabajos y/o máquinas. La tabla 1 muestra los resultados obtenidos para todos los métodos donde se ha calculado el Porcentaje Relativo de Desviación (RPD) sobre la mejor solución conocida.

Tabla 1. Desviación Porcentual Relativa Media para los métodos evaluados

	HWeng	MI	GA	Meta	SA	TS_L	TS	GMC	GA1	GA2
RPD (pequeñas)	40.63	19.43	8.36	6.27	1.83	5.22	23.46	7.84	2.71	1.38
RPD (grandes)	49.39	36.9	432.2	48.78	36.18	29.19	65.49	64.28	8.87	5.75

Como se puede observar, tanto GA1 como GA2 proporcionan unos resultados excelentes en comparación con el resto de métodos. En concreto, para instancias grandes, GA2 proporciona resultados 5 veces mejores que TS_L, el siguiente mejor método de la literatura.

Referencias

- Armentano, V.; Felizardo, M. (2007). Minimizing total tardiness in parallel machine scheduling with setup times: An adaptive memory-based grasp approach. *European Journal of Operational Research*, Vol. 183, pp. 100-114.
- França, P.; Gendreau, M.; Laporte, G.; Müller, F. (1996). A tabu search heuristic for the multiprocessor scheduling problem with sequence dependent setup times. *International Journal of Production Economics*, Vol. 43, pp. 79-89.
- Kurz, M.E.; Askin, R. G. (2001). Heuristic scheduling of parallel machines with sequence-dependent set-up times. *International Journal of Production Research*, Vol. 39, pp. 3747-3769.
- Logendran, R.; McDonell, B.; Smucker, B. (2007). Scheduling unrelated parallel machines with sequence-dependent setups. *Computers & Operations Research*, Vol. 34, pp. 3420-3438.
- Low, C. (2005). Simulated annealing heuristic for flow shop scheduling problems with unrelated parallel machines. *Computers & Operations Research*, Vol. 32, pp. 2013-2025.
- Rabadi, G.; Moraga, R.; Al-Salem, A. (2006). Heuristics for the unrelated parallel machine scheduling problem with setup times. *Journal of Intelligent Manufacturing*, Vol. 17, pp. 85-97.
- Weng, M.; Lu, J.; Ren, H. (2001). Unrelated parallel machine scheduling with setup consideration and a total weighted completion time objective. *International Journal of Production Economics*, Vol. 70, pp. 215-226.