

# Búsqueda de Entorno Variable (VNS) para el Problema de Planificación de Máquinas Paralelas Idénticas

Gatica Claudia Ruth, Esquivel Susana Cecilia

LIDIC - Departamento de Informática- FCFMyN Universidad Nacional de San Luis-  
Ejército de los Andes 950 – Local 106, Tel: (266) 4420823, [crgatica,esquivel@unsl.edu.ar](mailto:crgatica,esquivel@unsl.edu.ar)

## Resumen

En el presente trabajo se estudio un algoritmo de Búsqueda de Entornos Variables (VNS) básico en el cual el ordenamiento o secuencia de las estructuras de entornos fueron provistas por el método de cuadrados latinos conocido como LHS [3] y seleccionadas mediante un análisis estadístico basado en el *ranking* del *test* de Friedman [2]. Dos variantes de VNS básico: VNS-R1 y VNS-R2 en los cuales las estructuras de entornos fueron basadas en un ordenamiento aleatorio para el problema de planificación (*scheduling*) de máquinas paralelas idénticas sin restricciones fueron contrastadas.

Hemos estudiado tal problema a través de cuatro funciones objetivo: la máxima tardanza (*Maximum Tardiness:  $T_{max}$* ), la tardanza media (*Average Tardiness:  $T_{avg}$* ), la tardanza pondera total (*Total Weighted Tardiness : $T_{wt}$* ) y el número ponderado de tareas tardías (*Weighted Number of Tardy Jobs:  $N_{wt}$* ).

El conjunto de *benchmarks* usado se divide en ocho escenarios de 125 instancias cada uno. Tales instancias del problema se construyeron en base a datos seleccionados de la *OR-Library* [6] correspondientes a problemas de tardanza ponderada. Se obtuvieron los valores de los óptimos conocidos o *benchmarks* mediante la aplicación de reglas de despacho y heurísticas conocidas en la literatura [7, 8].

**Palabras clave:** *Scheduling*, Máquinas Paralelas Idénticas, algoritmo de búsqueda en Entornos Variables (VNS).

## Contexto

La línea de investigación se enmarca en el paradigma de “Metaheurísticas de Trayectoria”, en el proyecto de investigación: “Diseño de distribución de turbinas en parques eólicos usando métodos de optimización aproximados”. Tal proyecto esta en ejecución desde el 1 de enero de 2014 e inserto dentro del Laboratorio de Investigación y Desarrollo en Inteligencia Computacional (LIDIC).

### 1. Introducción

El problema en estudio es la planificación (*scheduling*) de máquinas paralelas idénticas con respecto a cuatro funciones objetivo:  $T_{max}$ ,  $T_{avg}$ ,  $T_{wt}$  y  $N_{wt}$ . La notación usada en la literatura [7, 8] para describir el problema es una tripla:  $(\alpha | \beta | \delta)$ . El primer campo  $\alpha$  describe el ambiente de máquinas, el segundo campo  $\beta$  indica las restricciones entre las tareas que son asignadas a las máquinas. Por último el tercer campo  $\delta$  provee la o las funciones objetivo a ser optimizadas. Acorde a esta notación, nuestro problema se describe mediante  $(P_m | | \delta)$ , el campo  $\delta$  representa las funciones objetivo mencionadas. Tal problema se ha considerado en [8] de complejidad NP-duro cuando  $2 \leq m \leq n$  ( $m$  es el número de máquinas y  $n$  el número de tareas).

### 2. Líneas de Investigación y Desarrollo

La motivación de nuestro trabajo es la observación de suponer que el ordenamiento de las estructuras de entorno es importante para el desempeño del algoritmo VNS. En implementaciones estándares, el orden en que se exploran los entornos se fija comúnmente de ante mano y es un asunto bastante crítico, pero una política usada comúnmente es seleccionar los entornos de acuerdo a su complejidad.

En la revisión de la literatura, el enfoque de búsqueda de entornos variables VNS y sus variantes han sido ampliamente estudiados y aplicados para resolver varios problemas de planificación y en especial para el caso de máquina única. En este contexto, un método VNS fue propuesto por Liao y Chen [4]. En otros trabajos relacionados [5], los autores proponen una nueva estrategia para seleccionar de forma iterativa el entorno en el enfoque de Entorno Variable Descendente (VND). La idea básica en su estrategia fue, dado un conjunto de estructuras de  $k$  entornos  $N_1, N_2, \dots, N_k$ , se asigna un peso  $w_i$  a cada uno. El peso  $w_i$  refleja el rendimiento relativo de cada entorno durante un proceso previo a la ejecución del algoritmo. Luego, en un procedimiento iterativo del algoritmo, la selección del entorno  $N_i$  que debe aplicarse en cada iteración  $j$  está basado en su peso  $w_{ij}$ . En [9] y [10] los autores presentan cuestiones, entre otras, como las siguientes:

- Es importante el orden en el cual los entornos pueden ser designados?
- Cuál es el orden en el cual los entornos deberían ser aplicados?

En nuestro trabajo se propuso una nueva estrategia para fijar el orden de exploración de los entornos, que consiste en aplicar el método de cuadrados latinos conocido como LHS [3]. Para ello tomamos una muestra en el espacio de las permutaciones de los entornos y seleccionamos 30 combinaciones de ellos, entonces ejecutamos el VNS básico para estas 30 configuraciones diferentes. Para el análisis

estadístico de los resultados se utilizó un paquete de software denominado CONTROLTEST que provee varios *test* estadísticos de los cuales elegimos el *test* de Friedman [2] para clasificar los resultados, esto es, elegir la mejor configuración  $c_i$  y luego realizar comparaciones de a pares y analizar diferencias significativas.

De estos experimentos se eligieron las mejores configuraciones de VNS básico, luego se realizaron 30 ejecuciones de los algoritmos VNS-R1 y VNS-R2 los cuales son una variante del VNS básico y la secuencia de ordenamiento de los entornos está basada en la aleatoriedad, el primero permite entornos repetidos en la secuencia y el segundo no se permiten entornos repetidos en la secuencia. Como último paso se realizó un estudio comparativo mediante el análisis estadístico nuevamente utilizando el *test* de Friedman.

### 3. Resultados y Objetivos

Los resultados alcanzados fueron estudiados con varias métricas de evaluación propuestas. Los escenarios del conjunto de instancias son los siguientes: **I**:  $n = 40$  y  $m = 2$ ; **II**:  $n = 40$  y  $m = 5$ ; **III**:  $n = 100$  y  $m = 2$ ; y **IV**:  $n = 100$  y  $m = 5$ , **V**:  $n=40$  y  $m=15$ , **VI**:  $n=40$  y  $m=30$ , **VII**:  $n=100$  y  $m=15$ ; **VIII**:  $n=100$  y  $m=30$ , donde  $n$  es el número de tareas y  $m$  es el número de máquinas.

En cada uno de los escenarios se realizaron las comparaciones usando el *ranking* de Friedman los resultados muestran que el entorno VNS basado en la configuración seleccionada mediante LHS es de mejor performance con respecto a los entornos VNS-R1 y VNS-R2. Cuando se observan en comparaciones de a pares los valores de *p-values* ajustados como los *p-values* no ajustados todos son menores a  $\alpha \leq 0.05$ , lo

que implica que todos presentan diferencia significativa estadísticamente. Salvo en el escenario VI:  $n=40$  y  $m=30$  con respecto a las funciones  $T_{max}$  y  $N_{wt}$  no hay diferencias significativa en los resultados de VNS basado en la configuración LHS con respecto a VNS-R1 y de VNS-R2.

A través de los resultados obtenidos podríamos responder a las cuestiones planteadas por distintos autores, afirmando que, salvo en algunas excepciones, el orden usado en las estructuras de entornos es importante en la performance del algoritmo VNS.

#### 4. Formación de Recursos Humanos

El presente trabajo corresponde al plan de trabajo de la tesis de Maestría: “Desarrollo y Aplicación de Metaheurísticas para resolver problemas de Planificación de Máquinas Paralelas Idénticas”, de la Carrera de Posgrado: Maestría en Ciencias de la Computación. El trabajo se divide en dos etapas. La Etapa I involucra la profundización en el desarrollo y aplicación de Metaheurísticas basadas en poblaciones y trayectorias para resolver problemas de planificación de máquina paralela idénticas sin restricciones. La Etapa II comprende la obtención de un conjunto de *benchmarks* para instancias del problema y colocarlos a disposición de interesados en la investigación del problema de planificación (*scheduling*) de máquinas idénticas paralelas vía web.

#### 5. Bibliografía

- [1] E.G. Talbi, "Metaheuristics from design to implementation", by John Wiley & Sons, Canada, 2009.
- [2] Joaquín Derrac and Salvador García and Daniel Molina and Francisco Herrera, "A practical tutorial on the use of nonparametric statistical tests as a methodology for comparing evolutionary and swarm intelligence algorithms", Swarm and Evolutionary Computation, 2011.
- [3] T. Bartz-Beielstein, “Experimental Research in Evolutionary Computation”, The New Experimentalism, Springer, 2006.
- [4] Liao C. J., Cheng C. C., “A variable neighborhood search for minimizing single machine weighted earliness and tardiness with common due date”, Computers and Industrial Engineering, 52(4), 404-413, 2007.
- [5] Hiba Yahyaoui, Saoussen Krichen, Bilel Derbel, El-Ghazali Talbi, “A Variable Neighborhood Descent for solving the Single Machine Total Weighted Tardiness Problem”, IEEE, 2013.
- [6] J.E. Beasley, ORLIB, <http://people.brunel.ac.uk/mastjjb/jeb/orlib/wtinfo.html>.
- [7] Pinedo M., “Scheduling: Theory, Algorithms and System”, Prentice Hall, 1995.
- [8] Morton T. and Pentico D., “Heuristic Scheduling Systems, John Wiley and Sons”, 1993, New York
- [9] M. J. Geiger, M. Sevaux, Stefan Voß, “Neighborhood Selection in Variable Neighborhood Search”, MIC 2011: The IX Metaheuristics International Conference, 2011.
- [10] Bin Hu and Günther R. Raidl, “Variable Neighborhood Descent with Self-Adaptive Neighborhood-Ordering”, Institute of Computer Graphics and Algorithms Vienna University of Technology Favoritenstraße 9–11/1861, 1040 Vienna, Austria, 2012.