

2.REVISIÓN DE LA LITERATURA

2.1 Procedimientos basados en algoritmos genéticos para MCFP

El problema de formación de células de manufactura ha sido estudiado extensamente en la literatura. Particularmente, encontramos una gran cantidad de trabajos en los que el problema se representa por medio de una matriz de incidencia partes-máquinas. Podemos encontrar una excelente revisión de los métodos de solución reportados en la literatura en Gonçalves y Resende [11]. Los autores presentan una clasificación de los diferentes métodos de solución. En su clasificación, los métodos de solución se agrupan en: análisis de clúster, partición de grafos, programación matemática, algoritmos genéticos (basados en una población), métodos meta-heurísticos (búsqueda tabú, recocido simulado, etc.), e híbridos de estos métodos.

Varios autores han propuesto algoritmos genéticos (GA) para resolver el problema de formación de célula de manufactura. Gonçalves y Resende [11] proponen un algoritmo evolutivo para el MCFP que combina un GA con una heurística de búsqueda local. La heurística de búsqueda local es utilizada para mejorar la calidad de las soluciones obtenidas mediante los cromosomas generados en la operación de cruce de algoritmo. La heurística itera hasta que la calidad de la nueva solución no es mejor que la calidad de la solución anterior. Por otro lado, Tunukij y Hicks [29] proponen un algoritmo genético de agrupación mejorado para solucionar el problema de formación de células de manufactura. Utilizan la medida de eficacia para evaluar la calidad de sus soluciones. En su algoritmo los autores sustituyen el método tradicional de los algoritmos genéticos de agrupamiento con una heurística voraz y proponen el uso de una ruleta elitista para seleccionar los cromosomas padres.

Mak et al. [21] proponen un algoritmo genético adaptativo para la formación de células de manufactura. El enfoque propuesto genera soluciones factibles secuenciando las filas y las columnas de la matriz de incidencia máquina-parte, de tal manera que se maximice la energía de enlace de la matriz. El enfoque propuesto es diferente de los algoritmos genéticos tradicionales ya que usa un esquema adaptativo para ajustar los parámetros genéticos durante el proceso de búsqueda genética. El cruce adaptativo y las tasas de mutación genética

evitan que el proceso de búsqueda converja prematuramente a soluciones óptimas locales regulando la exploración del espacio de soluciones.

Onwubolu y Mutingi[21] proponen un algoritmo para minimizar los movimientos intercelulares, así como la variación de la carga de trabajo de la célula. El algoritmo resuelve este problema a través de la mejora de la configuración de la célula utilizando GA. La configuración del algoritmo permite especificar el número de células requeridas como prioridad y poner límites inferiores y superiores sobre el tamaño de la célula. Esto hace que el sistema GA sea flexible para resolver problemas de MCFP.

Brown y Sumichras en [4] proponen un algoritmo genético de agrupación para resolver MPCF y miden la calidad de las soluciones del GGA utilizando la medida de eficiencia propuesta en Chandrasekharan y Rajagopalan [8] y la medida de eficacia propuesta en Kumar y Chandrasekharan [15].

Car y Mikac [6] proponen un enfoque evolutivo para la solución del MPCF, que llaman algoritmo genético modificado (MGA). Combinan los GA con simulación para retroalimentar la solución obtenida con los GA. Mahdavi et al. [18] propone un modelo en términos no lineales y variables enteras. El objetivo del modelo es minimizar el número de ceros y elementos excepcionales (EE) en las células para lograr la mayor utilización de células.

2.2 Otros enfoques

Kattan en [14] presenta un algoritmo considerando balancear la carga de trabajo en el diseño de las células de fabricación. Se presta especial atención al balance de carga de trabajo de las estaciones de trabajo, maquinaria, material y equipo de manejo de materiales, midiendo la utilización de los recursos en el sistema de producción. Mahdavi et al.[19] proponen un método heurístico basado en un proceso iterativo de partición para establecer la formación de células donde parte de las operaciones se pueden procesar en máquinas alternativas. Mahdavi et al. [17] proponen un nuevo modelo matemático MCFP basado en el concepto de utilización de la célula. El objetivo de este modelo es minimizar los elementos excepcionales (EE) y el número

de ceros en las células para lograr el rendimiento más alto de utilización células.

Recientemente Díaz et al. [9] proponen un algoritmo GRASP para obtener cotas inferiores de la solución óptima del problema. Para evaluar la calidad de las soluciones, usan una medida de eficacia. Esta medida de eficacia penaliza los movimientos intercelulares (i.e. partes que necesitan procesarse en más de una célula), y la falta de homogeneidad de la familia de partes (midiendo el número de veces que las partes de una familia no necesitan ser procesadas por todas las máquinas de la célula donde están asignadas).

2.3 Algoritmos para el MCFP considerando la secuencia de operaciones.

Se ha puesto menos atención al caso de formación de células de manufactura donde se considera la secuencia de proceso de las partes. En este caso, la matriz de incidencia maquinas-partes está formada por números enteros, y representan la secuencia en la que las máquinas son usadas para producir las diferentes partes. En este caso, mayor énfasis se pone en el número de veces que una parte se mueve de una célula a otra. Por lo tanto, esta versión del problema refleja mejor la cantidad de movimientos de material requeridos.

Varios procedimientos exactos han sido propuestos en la literatura. Algunos ejemplos se pueden encontrar en Spiliopoulos and Sofianopoulou [27] y Won [30]. Sin embargo, es muy probable que existan incluso instancias de tamaño moderado o medio donde la solución exacta no se puede conseguir con un esfuerzo computacional razonable, ya que el problema se sabe que es NP-hard.

2.4 Procedimientos basados en algoritmos genéticos para MCFP considerando la secuencia.

Murugan y Selladurai [23] proponen un procedimiento para encontrar soluciones factibles para el problema de formación de familia de partes y la formación de células de manufactura al mismo tiempo. En su procedimiento consideran tanto la secuencia del proceso como los tiempos de preparación

para cambiar de un modelo a otro. Utilizan una medida de eficiencia, una de compacidad y otra de eficiencia en la reducción de tiempos de preparación para medir la calidad de sus soluciones. Boulif y Atif [3] proponen un algoritmo genético para resolver el MCFP tomando en cuenta algunas limitaciones naturales de los sistemas de producción de la vida real, tales como las secuencias de operación, números mínimos y máximos de máquinas en las células, y el número máximo de células. Dichas limitaciones se toman en cuenta con el fin de hacer frente a la necesidad de agrupar ciertas máquinas en la misma celda por razones técnicas, y limitaciones de no cohabitación se incluyen para evitar la colocación de algunas máquinas en la misma célula. El problema se resuelve con un algoritmo genético (GA), utilizando un sistema binario de codificación que ha demostrado ser superior a los sistemas clásicos de enteros de codificación. Se propone un nuevo esquema Branch-and-Bound (B & B) para mejorar el rendimiento del GA. Los resultados obtenidos para las instancias probadas fueron mejores que los obtenidos solo con el GA.

Chan et al. [7] incorporan en el problema la secuencia operativa de las partes, así como el volumen de producción de cada parte. Basándose en el conteo total en unidades de distancia de los movimientos intercelulares de cada parte, se obtiene una secuencia de proceso en las células. Los autores proponen un modelo matemático para este problema y proponen un algoritmo basado en GA para obtener soluciones factibles.

Wu et al. [31] proponen un algoritmo genético jerárquico para formar simultáneamente las células de fabricación y determinar el diseño de las células de manufactura. Las características intrínsecas de este algoritmo propuesto son incluir una estructura jerárquica de cromosoma para codificar las dos importantes decisiones del diseño de células, un nuevo esquema de selección dinámica que considera dos funciones de aptitud (fitness) correlacionadas, y un operador de mutación incluido para aumentar la probabilidad de mutación. La estructura propuesta y los operadores aseguran la calidad de las soluciones y aceleran la convergencia del método.

Mahapatra y Sudhakara en [20] proponen un algoritmo genético para resolver MCFP usando datos de tiempos de producción y secuencia de operaciones.

Utilizan una función objetivo que minimiza la variación en la carga de trabajo y los elementos excepcionales. En este trabajo se abordan tres cuestiones principales 1) la minimización de la función objetivo combinada de la variación de la carga de las células y los elementos excepcionales de manera que se suavice el flujo de las piezas, se reduzca el trabajo en proceso y el tiempo de entrega pueda ser alcanzado, 2) asignación uniforme de las partes, que ayuda en el logro de distribución de cargas uniformemente a las células de la máquina y reducir la elementos excepcionales, 3) propone una nueva medida de eficiencia de agrupación, para conocer la calidad de las soluciones con los datos considerados en el trabajo.

2.5 Otros enfoques para el problema CMFP que considera secuencia de operaciones

Spiliopoulos y Sofianopoulou en [28] proponen un algoritmo de búsqueda tabú. En este algoritmo se exploran dos entornos diferentes: 1) la reasignación de una máquina de una célula a otra y 2) el intercambio de dos máquinas asignadas a células diferentes. Permiten movimientos de reasignación que violan el tamaño de célula máximo permitido como una estrategia de diversificación, pero la asignación de las máquinas generadas por los movimientos cambia la estructura de la solución (el número de máquinas en cada célula). El algoritmo propuesto de búsqueda tabú utiliza memoria de corto y largo plazo para obtener un equilibrio adecuado entre la diversificación y la intensificación del procedimiento de búsqueda. El enfoque no depende del número de piezas y por lo tanto tiene el potencial para tratar casos reales con muchas partes, como los que se presentan en la producción moderna. Un algoritmo de colonia de hormigas es propuesto por Spiliopoulos y Sofianopoulou en [27], donde las soluciones están construidas por hormigas artificiales. Además, el procedimiento utiliza cotas estrechas para guiar y acelerar la búsqueda, haciendo el procedimiento más robusto.

Yin et al. [32] creen que la mayoría de los métodos que se utilizan para resolver el problema de formación de células de manufactura no incorporan varios factores de producción que son relevantes para el flujo de materiales, por eso los indican y los incorporan en un modelo matemático no lineal. Los autores

proponen una heurística para resolverlo basada en los movimientos intracelulares e intercelulares.