

1. Introducción

Un algoritmo poblacional se puede entender como una variante de los algoritmos genéticos. La idea de estos es crear un conjunto de soluciones nuevas a partir de las actuales. En este trabajo, se utiliza un algoritmo poblacional y una técnica para reemplazamiento llamada BNP, junto con un operador de cruce para la solución del problema de una dimensión de Bin Packing.

2. Algoritmo Memético

La idea básica de este algoritmo es la de incorporar la mayor cantidad de conocimiento sobre el dominio durante el proceso de generación de una nueva población. Este algoritmo es una combinación de un algoritmo evolutivo con una búsqueda local; utiliza un operador de cruce, un esquema de intensificación basado en una búsqueda local o en una metaheurística de trayectoria, y opcional, una mutación. Para el problema de Bin Packing en una dimensión, se siguieron los pasos del artículo [1].

1. Generar una población aleatoria de n cromosomas. Los valores de cada elemento estaban acomodados de mayor a menor, y para cada solución, se revolvieron y se fueron añadiendo a los contenedores hasta que se llenaran o cuando superaran la máxima capacidad.
2. Evaluar el fitness de $f(x)$ de cada cromosoma x en la población. Cada solución obtenida, se ordenó de menor a mayor de acuerdo a la cantidad de contenedores utilizados y también había información de cuanto espacio sobrante había quedado en cada contenedor. Si había dos individuos con la misma cantidad de contenedores, tenía mejor fitness el que tuviera más espacio disponible para un reacomodo.
3. Crear una nueva población:
 - a) Selecciona los cromosomas padres de la población de acuerdo con su fitness. Se seleccionan m padres de acuerdo al reemplazamiento elitista, y los $n-m$ padres restantes se encuentran con un torneo binario. Es importante resaltar, que el tamaño de la población se debe de mantener constante en cada generación.
 - b) Utilizar un operador de cruce. Con una probabilidad de cruce, cruzar los padres para formar nuevos descendientes. Se utilizó el cruce del artículo [2]. Este se hace de la siguiente manera: 1) se escogen dos padres de forma aleatoria y el segundo padre se divide en tres subconjuntos, donde hay información sobre los contenedores, se toma el segundo subconjunto y los contenedores que quedaron en este se pasan al primer padre. Los elementos que se repiten se borran, y los contenedores del primer padre iguales a los del segundo, se vacían. Los elementos que quedaron pendientes, se acomodan por medio de la Heurística de First-Fit-decreasing.
 - c) Intensificación. Se utiliza una búsqueda local en la población disponible.
 - d) Generar la nueva población.
4. Reemplazar. Utilizar los nuevos individuos y volver a ejecutar el algoritmo.
5. Si la condición de paro se satisface, detenerse, y regresar la mejor solución de la población actual. La condición de paro en este caso, son ejecuciones de 12 horas.

3. Algoritmo memético con BNP

El operador de supervivencia BNP (Best-Non-Penalized) se debe de aplicar después de la fase de intensificación (búsqueda local). Uno de los principios de esta estrategia es evitar la selección de individuos muy cercanos.

3.1. Diversidad

Se mide calculando para cada individuo la distancia al individuo más cercano a la población. Para la distancia se utilizó la diferencia entre la cantidad de contenedores y la suma del espacio libre que quedaba en cada contenedor, si había más espacio libre, más oportunidades había de mover el resultado.

4. Resultados

Se utilizaron tres distancias distintas de la librería BPPLIB- A Bin Packing Library, donde se conoce la solución óptima de cada una. Las primeras instancias utilizadas son aquellas cuyas clasificaciones son más fáciles por el tamaño de los elementos del contenedor y la capacidad máxima, de estas, se encontró la solución óptima en menos de 100 generaciones y en un tiempo de 7 segundos. En el Cuadro 1., se muestran algunos resultados de los contenedores.

BNP		
Bin	Indice elementos	Suma Total
1	20, 110, 101	147
2	11, 71	147
3	3, 80	147
4	45, 34	149
5	9, 74	144

Cuadro 1: Primeros cinco contenedores con la técnica BNP. La instancia que se utilizó tiene 120 elementos, y una capacidad máxima de cada contenedor de 150.

En el caso del reemplazamiento elitista, llegó a la mejor solución en 35 generaciones y en 3 segundos terminó 200 generaciones. En el Cuadro 2., se muestra el cambio de distribución en los contenedores.

Elitista		
Bin	Indice elementos	Suma Total
1	48, 33	147
2	11, 84	139
3	3, 74	150
4	45, 31	150
5	9, 70	147

Cuadro 2: Algunos contenedores utilizando el reemplazamiento elitista.

Sin embargo, en las instancias más difíciles de clasificar (aquellas con elementos grandes), no se logró salir de un valor pese a aumentar la cantidad de generaciones. En el caso de la técnica elitista, después del valor encontrado en la generación 3, este se mantuvo después de 1000 generaciones. Se observa en los contenedores, que no están muy llenos, como en el caso de la instancia anterior.

Elitista		
Bin	Indice elementos	Suma Total
1	29, 3	861
2	22, 21	826
3	13, 99, 93	967
4	39, 118, 87	881
5	88, 114, 47	872

Cuadro 3: Instancia difícil de clasificar por el valor de los pesos de los elementos. La capacidad máxima de cada contenedor es de 1000, con 120 elementos y el mayor de 524.

En el caso de la técnica BNP, encontró este valor desde la primera generación.

BNP		
Bin	Indice elementos	Suma Total
1	68, 74, 100	837
2	33, 110, 49	969
3	2, 0	992
4	55, 101, 53	917
5	108, 39, 80	889

Cuadro 4: Instancia difícil de clasificar aplicando la técnica BNP.

5. Conclusiones

No se ejecutaron corridas de 12 horas porque se notó que después de horas, no había cambios y los importantes ocurrían en las primeras 100 generaciones. También se observó el cambiar la probabilidad de cruce, y la cantidad de elementos que entraban a la búsqueda local afectaba el resultado. Como la búsqueda local que se utilizó abría los contenedores más vacíos y los movía a otros para eliminar a estos, si se abrían entre el 80 % y 90 % de contenedores, los resultados mejoraban. En la primer instancia, se llegó al óptimo local conocido en la literatura, que es 50 contenedores, sin embargo, en la segunda instancia se encontró 44 y el mejor valor conocido era 40, por lo que no se logró. Se espera que si cambiando el cruce a uno uniforme este mejore para las instancias más grandes. Finalmente, fue un trabajo complicado que requirió mucho esfuerzo y dedicación.

Referencias

- [1] Khushbu Patel and Mahesh Panchal. One-dimension multi-objective bin packing problem using memetic algorithm. *Journal of Computer Science and Information Technology*, 3(2):761–766, 2014.
- [2] Emanuel Falkenauer, Alain Delchambre, et al. A genetic algorithm for bin packing and line balancing. In *ICRA*, pages 1186–1192. Citeseer, 1992.