

DESARROLLO DE UN PROGRAMA PARA RESOLVER EL PROBLEMA DE ASIGNACIÓN 3-DIMENSIONAL A TRAVÉS DE UN ALGORITMO GENÉTICO

DEVELOPMENT OF A PROGRAM TO SOLVE THE 3-DIMENSIONAL ASSIGNMENT PROBLEM THROUGH A GENETIC ALGORITHM

JUSMELIS S. GONZÁLEZ S.¹ Y MANUEL V. CENTENO R.².

¹Programa de la Licenciatura en Informática.

²Dpto. de Matemáticas, Esc. de Ciencias, Núcleo de Sucre, Universidad de Oriente
ljsgonzal@sucre.udo.edu.ve , mcenteno@sucre.udo.edu.ve

RESUMEN

En el presente trabajo se desarrolla un programa para resolver el problema en el cual dados tres (3) conjuntos disjuntos, cada uno conteniendo n elementos, y dado el costo de toda tripleta conteniendo un elemento de cada conjunto, se desea computar n tripletas disjuntas minimizando la suma de los costos. Este problema es conocido como el problema de asignación 3-dimensional y es NP -duro en el sentido fuerte. Para su resolución, se diseñó y analizó una metaheurística denominada Algoritmo Genético, la cual es un método de búsqueda en el que las soluciones al problema son capaces de reproducirse entre sí, generándose nuevas soluciones cada vez más próximas al óptimo.

PALABRAS CLAVES: Genético, asignación, NP -duro, IO.

ABSTRACT

In this work, we developed a program to solve the problem in which, given three disjoint sets, each one containing n items, and given the cost of any triplet containing one item from each set, one wishes to compute n disjoint triplets minimizing the sum of costs. This problem is known as the 3-dimensional assignment problem and it is NP -hard in the strong sense. To solve it, we designed and analyzed a metaheuristic called a Genetic Algorithm, which is a searching method wherein the solutions to the problem are able to reproduce among themselves, generating new solutions closer and closer to the optimum.

KEY WORDS: Genetic, assignment, NP -hard, OR.

INTRODUCCIÓN

Tanto en la vida cotidiana, como en la ciencia, la industria o los negocios, nos enfrentamos con una diversidad de problemas. Por ejemplo: la asignación de horas y doctores a diferentes hospitales y encontrar el camino más corto para ir de Cumaná hasta San Cristóbal. Dichos problemas deben ser resueltos con éxito para así obtener la máxima ganancia o el mínimo costo. Por eso, términos como: buscar, maximizar, minimizar, optimizar y tomar decisiones, están relacionados para lograr un objetivo. Todas estas palabras pertenecen al género de la investigación de operaciones, la cual nace en 1947, como un planteamiento científico para la toma de decisiones, que busca determinar cómo diseñar y operar mejor un sistema, normalmente bajo condiciones que

requieren la asignación de escasos recursos, además de ofrecer técnicas adecuadas a la hora de resolver un problema (Centeno, 1996). Entre los diferentes tipos de problemas que estudia la investigación de operaciones se encuentran: programación lineal, que a la vez estudia otros problemas tales como: problema de transporte, asignación, trasbordo; modelo de redes, programación entera, programación dinámica, simulación, teoría de colas y teoría de juegos.

Dentro de la programación lineal, encontramos el problema de asignación, el cual es un caso especial del problema de transporte balanceado (Seijas, 1996), en el que todas las ofertas y las demandas son iguales a uno (Balas, 1991). Así, este problema se caracteriza por el conocimiento del costo de asignación de cada punto de oferta a cada punto de demanda. En dicho problema se dan dos casos: asignación bidimensional (Taha, 1994) y

asignación 3-dimensional (Balas y Saltzman, 1991; Burkar y Rudolf, 1991). Para el primer caso, nos encontramos con un problema de tipo P , donde éste corresponde a los problemas de decisión que tienen un sistema de prueba eficiente, lo cual significa que todo caso "sí" debe poseer al menos un certificado sucinto, cuya validez pueda ser verificada rápidamente (Brassard y Bratley, 1997); para este tipo de problema se han desarrollado algoritmos exactos en tiempo polinomial. Sin embargo, no es así para el caso 3-dimensional, ya que este es considerado como un problema NP -duro (problema que no se puede resolver mediante algoritmos de tiempo polinomial, en el peor caso; Brassard y Bratley, 1997), lo cual es más difícil de resolver porque se consume más tiempo en cálculo por ser un problema más complejo. Es por ello, que las diferentes dificultades que se presentan al resolver un problema de este tipo, han llevado a los analistas a buscar otros medios o métodos de cálculo, también de naturaleza iterativa, pero que no garantizan la optimalidad de la solución final, simplemente buscan una "buena" solución al problema. Dichos métodos son llamados heurísticos (arte de inventar o descubrir hechos valiéndose de hipótesis o principios que, aún no siendo verdaderos, estimulan la investigación), debido a que su lógica está basada en reglas o métodos prácticos que conllevan a obtener una "buena" solución.

Una ventaja de los métodos heurísticos, es que implican un menor número de cálculos a la hora de realizar comparaciones con algoritmos exactos, además de ser usados para: existencias de datos inexactos o limitados; modelos simplificados; métodos exactos, pero que no son computacionalmente atractivos; mejorar el comportamiento de un optimizador; resolver el mismo problema, hasta obtener una solución lo suficientemente buena, etc (Zanakis, 1980).

A través de largos estudios se han desarrollado diferentes tipos de heurísticas las cuales se adaptan a una variedad de problemas, entre estas se encuentran: búsqueda tabú (tabu search), recocido simulado o recristalización simulada (simulated annealing), algoritmo genético, ant system, búsqueda con arranque múltiple (multistart), entre otras. Las tres primeras heurísticas fueron utilizadas para resolver el problema de asignación bidimensional, sin embargo recientemente la lista tabú se ha utilizado para resolver el problema 3-dimensional, pero se conoce muy poco sobre este tema.

Hoy en día existe un algoritmo que se basa en principios de selección natural, como la evolución de los seres vivos, que ha resultado ser muy eficiente para buscar aproximaciones a mínimos globales en espacios grandes y complejos en relativamente poco tiempo. Dicho algoritmo

es llamado algoritmo genético o evolutivo. Entonces, ¿podría un algoritmo genético solucionar el problema de asignación para el caso 3-dimensional?

En el presente trabajo, se desarrolló un algoritmo genético con el fin de resolver dicho problema, obteniéndose buenos resultados. Cabe destacar que dicho algoritmo es considerado como un método especial de búsqueda con sorprendente poder y velocidad (Cerroloza y Annichiarico, 1996).

METODOLOGÍA

La metodología utilizada fue la Ingeniería del Software de Pressman (1990), junto con la del Ciclo de Desarrollo de Sistemas de Información de Lloréns (1991); y comprendió las siguientes fases: diseño, construcción / codificación y prueba.

La fase de diseño contempló la estructura modular, interfaces y estructuras de datos. En esta fase se llevó a cabo la estructura del algoritmo genético, el cual fue desarrollado a través de arreglos, estructuras y funciones.

La fase de codificación es la codificación del programa en sí, fue llevada a cabo en el lenguaje de programación C , ya que los trabajos realizados con anterioridad en esta área, están programados en dicho lenguaje y se deseó compatibilidad. Además, C es un lenguaje portable, lo cual hace que el programa se pueda correr en un computador distinto a donde fue creado o generado. También, otra de las razones por la cual se escogió este lenguaje es su capacidad para realizar las tareas, ya que C trabaja como en lenguaje ensamblador y puede hacer más rápido los cálculos.

La fase de prueba consideró tres tipos de ellas:

Prueba de unidad: validó el rendimiento funcional del programa: se realizó a través de los resultados arrojados por el programa, es decir, verificación de cada uno de los objetivos planteados.

Prueba de integración: constituyó un medio para evaluar que las funciones funcionaran a cabalidad.

Prueba de validación: comprobó que se cumplieran todos los requerimientos y para ello se verificó a través de un algoritmo exacto, para valores de n comprendidos entre 2 y 6.

RESULTADOS COMPUTACIONALES

Se realizaron pruebas y comparaciones con un algorit-

mo exacto programado en LINGO, el cual es un lenguaje de modelos matemáticos en el que se pueden desarrollar, correr y modificar dichos modelos, para valores de n comprendidos entre 2 y 6, debido a que funciona hasta estos valores. Sin embargo, a parte de estas corridas se realizaron otras corridas para valores de n mayores que 6 y menores que 17.

En la tabla 1 se consideran los promedios de las soluciones, de los tiempos y las mutaciones realizadas, de los diez problemas generados aleatoriamente.

Tabla 1. Comparación de los resultados obtenidos por el LINGO y por el algoritmo genético para $n = 5, 6, 8, 10, 12$ y 16 .

n	LINGO	Genético	GAP	Tiempo(seg)	Mutaciones
5	13136	13136	0	0	175
6	13343,	13343	0	0	1665
8	—	20551	—	3,11	3100
10	—	33852	—	4,46	3600
12	—	53901	—	5,40	3450
16	—	88256	—	13,54	6200

DISCUSIÓN

El programa fue realizado a través de estructuras de datos, como fueron los arreglos, y el operador usado fue el operador mutación, debido a que la implementación con otros tipos de operadores como el cruce, eran difíciles de implementar.

Con respecto a los resultados obtenidos, para los valores de $n=5$ y $n=6$, fueron idénticos a los arrojados por el LINGO en un tiempo de 0 segundo; sin embargo, para los otros resultados no se pudo realizar comparaciones debido a que el LINGO no funciona para valores mayores que 8 (la versión que poseemos en la Universidad).

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Después de haber estudiado y analizado el funcionamiento de los algoritmos genéticos, para el *3AP*, podemos obtener las siguientes conclusiones:

- Se implementó el operador mutación, debido a que era difícil encontrar una codificación apropiada para poder utilizar el operador cruce.
- A medida que aumenta n se debe aumentar el tamaño de la población inicial para así obtener soluciones más cercanas a la óptima.

- Mientras más número de mutaciones se realice, mejores serán los resultados.
- Al comparar el algoritmo genético con los resultados arrojados por el LINGO, podemos decir que estos fueron satisfactorios, debido a que se obtuvieron las soluciones óptimas, en tiempo de ejecución razonable.
- Para valores mayores que 6 hasta 16, los resultados dieron “buenas” soluciones.
- El programa obtiene tiempos eficientes de ejecución cuando se trabaja en computadores de 32 MB de memoria, aunque también funciona para 8MB de memoria.
- Convendría implementar el algoritmo utilizando otro tipo de estructuras, además de otros operadores genéticos.

AGRADECIMIENTO

Este trabajo fue parcialmente financiado por el Consejo de Investigación de la UDO, proyecto CI-5-1003-0977/01.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BALAS, E Y SALTZMAN, M. 1991. An algorithm for three-index assignment problem. *Oper. Res.* 39(1) 158-161.
- BRASSARD, G. Y BRATLEY, T. 1997 *Fundamentos de Algoritmia*. Editorial Prentice Hall. Madrid, España. 823 pp.
- BURKARD R. Y RUDOLF, R. 1991. Computational investigations on 3 dimensional axial assignment problems. *Belgian J. Oper. Res. Stat. Comp. Sci.* 32 (1-2). 85-98.
- CENTENO M. 1996. Implementación del procedimiento para determinar la celda de la pequeña asignación infinitesimal cuando existe degeneración en el problema de transporte. Trabajo de Ascenso, Dpto. de Matemáticas, U.D.O. Cumaná, Venezuela, 40 pp.
- CERROLAZA, M. Y ANNICHIARICO, W. 1996. *Algoritmos de Optimización Estructural Basados en Simulación Genética.*, C.D.C.H-U.C.V. Caracas, Venezuela. 163 pp.

- COELLO, C. A. 1998. *Curso de Computación Evolutiva*. Lania RD-98-06, Lab. Nac. de Informática Avanzada. México. D.F. 356 pp.
- DÍAZ, A. Y GLOVER, F. 1996. *Optimización Heurística y Redes Neuronales*. Editorial Paraninfo S.A. Madrid, España. 235 pp.
- LLORÉNS, F. 1991. *Sistemas de Información, Desarrollo, Implementación y Mantenimiento*. Ciclo de desarrollo de sistemas. Editorial Miro, C.A., Caracas. 268 pp.
- PRESSMAN, R. 1990. *Ingeniería del Software. Un enfoque práctico*. 2da. edición. Editorial McGraw-Hill. Madrid. España. 628 pp.
- SEIJAS, L. 1996. *Resolución del Problema de Asignación a Través del Procesamiento de Datos*. Tesis de Maestría, Dpto. de Matemáticas, U.D.O, Cumaná, Venezuela, 72 pp.
- TAHA, H. 1994. *Investigación de Operaciones*. 5ta edición. Ediciones Alfaomega, S.A de C.V. México. D.F. 989 pp.
- WINSTON, W. 1994. *Investigación de Operaciones. Aplicaciones y algoritmos*. Grupo Editorial Iberoamérica S. A de C.V, México. 1337 pp.