

Diseño de un A.P.S. para Resolver la Problemática de Asignación y Ubicación de las Distintas Divisiones de un Espacio Físico

Paul Mariño Cruz¹, César Ramírez Torres², Xavier Moreno Córdova³, Fabricio Echeverría Briones⁴

¹Ingeniero en Computación Sistemas Tecnológicos 2005

²Ingeniero en Computación Sistemas Tecnológicos 2005

³Ingeniero en Computación Sistemas Tecnológicos 2005

⁴Director de Tópico. Ingeniero en Computación, Escuela Superior Politécnica del Litoral, 1998

RESUMEN

Desarrollo de un sistema de planificación avanzada (APS) para la optimización en el proceso de división de un área o región principal en regiones que estén contenidas dentro del área. Cada región tiene asociada una ganancia. El sistema selecciona y ubica las regiones de tal forma que exista una maximización de la ganancia total.

La forma de la región principal y las regiones internas están limitadas a polígonos sencillos.

Se aplica la heurística del Recocido Simulado en la búsqueda de la solución. Además, se utilizan componentes de simulación.

Palabras Claves: *Recocido Simulado, Meta heurística, Optimización de Espacio, APS*

ABSTRACT

Development of a system of advanced planning (APS) for the optimization in the process of division of an area or principal region in regions that are contained inside of the area. Every region has associated a profit. The system chooses and locates the regions of such a form that exist a maximization of the total profit.

The shape of the principal region and the inside regions are limited to simple polygons.

The system applies the heuristic of Simulated Annealing for the search of the solution. Furthermore, it uses component of simulation.

Key Words: Simulated Annealing, meta heuristic, Optimization of space, APS

INTRODUCCION

Un problema conocido en optimización combinatorial es el de la mochila. Consiste en seleccionar de entre un conjunto de productos, cada uno con un valor y un volumen, aquellos que quepan en un recipiente dado, de tal forma que el total de los valores de los productos ingresados sea el mayor posible.

El siguiente artículo explica el desarrollo de un sistema que resuelve esta problemática. Se busca un conjunto de regiones contenidas dentro de una región principal, de tal forma que la suma de ganancias de las regiones internas sea la mayor. Además, se permite la definición de un corredor, que es equivalente a una distancia que debe existir entre las regiones.

CONTENIDO

1. Definiciones de Heurísticas

Como se ha venido explicando, una parte del problema de la complejidad operacional resulta en escoger la mejor solución (configuración de recursos) que maximice una función de utilidad. Una forma de resolver este problema, podría ser escoger cada posible escenario y analizar su resultado o impacto en

la organización. La dificultad radica en el número de escenarios posibles, puesto que dependiendo del número de variables, este número podría llegar a crecer enormemente.

Debido a esto, se comenzaron a desarrollar algoritmos que devuelvan una solución práctica que no necesariamente es la mejor, pero que es lo suficientemente buena como para ser tomada en cuenta. La principal ventaja de estos algoritmos es que no exploran todo el universo de soluciones, con lo cual su tiempo de ejecución disminuye considerablemente.

“Una heurística es un procedimiento simple, a menudo basado en el sentido común, que se supone ofrecerá una buena solución (no necesariamente la óptima) a problemas difíciles, de un modo fácil y rápido“. [Zanakis, Evans, 1981]

Existen diferentes tipos de heurísticas, han sido en su mayoría desarrollados como analogías de distintas formas en la que se realizan actividades en la naturaleza; teniendo el caso de Redes Neuronales que se basa en como el cerebro aprende, Colonia de Hormigas la cual representa como las hormigas encuentran el camino más óptimo entre dos diferentes puntos pudiendo ser estos su hormiguero y comida encontrada, Recocido Simulado en el que se representa como los átomos se agrupan en cuerpos que son sometidos a variaciones de temperatura, entre otros.

2. Bases de la Simulación

Es una herramienta que nos permite dado un cierto problema evaluar como afectarán los cambios realizados en los datos de entrada con respecto a la(s) salida(s), para esto se elabora un modelo del problema y de los valores de entrada y salida posibles. En la actualidad existen varias razones por la que se debe emplear simulación:

Cambiar la escala de tiempo, si realizáramos las pruebas en un modelo real tendríamos que esperar por la finalización para obtener los resultados, dependiendo del problema podría tomar una considerable cantidad de tiempo, pero en la simulación podemos ajustar dicha escala para que los procesos se efectúen más rápido con lo cual se pueden realizar una mayor cantidad de pruebas en menor tiempo.

Disminución de costos, realizar la construcción de un modelo real para la realización de las pruebas puede llegar a ser altamente costoso.

Disminución de tiempos, no solo la simulación nos reduce la cantidad de tiempo empleado para realizar pruebas sino que también reduce el tiempo en el cual estos pueden empezar a ser realizados debido a que se emplea menor tiempo en diseñar un modelo de simulación que el modelo real en problemas de gran complejidad.

Pero para la simulación presenta los siguientes problemas:

Todo dato en la entrada cuya forma se ajuste al modelo de valores de entrada será evaluado sin considerar si el mismo puede llegar a suceder en la práctica, conocido como *“entra basura, sale basura”*. [Lozada, J. 2004]

Los datos son altamente subjetivos, debido al modelo que se haya realizado del problema y los datos de entrada, la salida puede llegar a tener diferencias entre el significado de las mismas para distintos expertos.

Los modelos que se realizan en la simulación deben de tener una alta relación con el problema pero se puede dar el caso de que la realización del modelo puede llegar a ser muy complicado, por lo cual, si los desarrolladores pueden realizar adaptaciones en el modelo para que pueda ser realizable teniendo que los resultados de la simulación van a corresponder directamente con la forma del modelo diseñado y de las adaptaciones que el mismo posea

3. Componentes de un APS

Una solución APS es un sistema de software sofisticado que provee planeación, cronogramas y capacidad de ejecución gerencial para controlar operaciones en el piso de ventas. Los sistemas APS pueden operar como un sistema stand-alone, o puede integrarse con un sistema ERP (Sistema estructurado que busca satisfacer la demanda de soluciones de gestión empresarial, basado en el concepto de una solución completa que permita a las empresas unificar las diferentes áreas de productividad de la misma.) para extraer relevantes datos ordenados, y revisar siempre los suministros en el piso de ventas retornando datos al sistema ERP para actualizar la información corporativa.

Los sistemas APS pueden operar en un extremado nivel de granularidad, modelando todas las funciones a fin de predecir y controlar operaciones. Estos sistemas usan algoritmos sofisticados para crear cronogramas de trabajo basados en su fecha de vencimiento, capacidad, restricciones y únicas reglas de negocios.

Los APS básicamente presentan los siguientes componentes:

Modelamiento de las políticas del negocio: Un APS permite la definición de la organización, esto es, permitir que el usuario modele sus distintos procesos, basado en el conocimiento de datos como la capacidad, requerimientos, y estado de los procesos. De esta forma, se definen limitantes y recursos que intervienen en la planificación.

Control de Rutas: La mayoría de APS permite la creación de un conjunto de rutas para cada producto o ítem de salida de producción.

Herramientas de planeación: Los APS incluyen un conjunto de herramientas útiles para la planificación tales como:

- * Construcción de escenarios en base a ciertas condiciones. Esto permite al usuario establecer el impacto real de estas condiciones en la organización.

- * Capacidad de pronosticar disponibilidad de recursos

- * Control de ejecución: Reportes de despachos diarios, semanales, permitiendo tener un control en tiempo real.

Meta Heurística: Una herramienta primordial en los APS, con la cual se generan las posibles soluciones que serán evaluadas, y posterior a su evaluación se elegirá la mejor entre estas.

4. Definición de requerimientos del sistema.

El sistema debe cumplir con los siguientes requerimientos:

- Registrar el tamaño y forma de la región principal.
- Registrar los tamaños, formas y ganancias de las subregiones.
- Registrar el tamaño del corredor o espacio entre subregiones.
- Encontrar una configuración (solución) tal que la suma de ganancias asociadas a las subregiones sea la mayor posible.
- Evitar el desperdicio de espacio.
- Permitir al usuario el ingreso de una configuración.
- Simular dicha configuración y calcular la ganancia asociada.
- Permitir al usuario una forma de diferenciar y etiquetar las subregiones.

5. Definición de los alcances del sistema.

Contemplando los requerimientos del sistema, se han definido los siguientes alcances:

- La forma de la región principal deberá ser seleccionada entre:
 - Círculo
 - Rectángulo
 - Triángulo
- La forma de las subregiones deberá ser seleccionada entre:
 - Círculo
 - Rectángulo
 - Triángulo
- Los valores de las subregiones, región principal y restricción son números enteros.
- Para efecto de optimización se podrá rotar las subregiones noventa grados.
- El sistema encontrará una solución lo suficientemente aceptable para ser considerada.
- Se permitirá el ingreso de una configuración con fines de simulación.
- En la simulación, el usuario ingresará el orden en que serán ingresadas las subregiones dentro de la región principal y si son rotados o no.
- Se permitirá al usuario la asignación de un color a las subregiones, región principal y a la restricción. Además para la región principal y las subregiones se le permitirá añadir una descripción.

6. Representación del Problema.

Para el problema se determinó que dada la complejidad que representa colocar una cantidad de subregiones de manera tal que ninguna se intercepte y además que se encuentren distadas una distancia

determinada por el usuario, que las subregiones se representarán por medio de rectángulos cuyas medidas hicieran que estos circunscribieran a las subregiones y en el caso de la región principal será representada por un conjunto de celdas las cuales tendrían la cualidad de poder indicar si estas se encuentran libres, ocupadas, no se pueden utilizar o son corredores; los dos primeros indicadores mencionados tratan de ayudar a mejorar la búsqueda de un espacio para la colocación de las subregiones, el tercero es necesario por la representación que se ha utilizado para la región principal debido a que esta divide en celdas que conforman una gran matriz existirán algunas que no se podrán utilizar debido a que constarán parcialmente o no estarán dentro de la región principal, esto se puede apreciar cuando la región de principal que sea ha elegido sea un triángulo o un círculo: el último indicador de las celdas es utilizado para la representación de las restricciones de distancia máxima y mínima entre subregiones, debido a que el lado de una celda es nuestro valor mínimo de medición se tendrá como resultado que estas distancias representarán en la solución cuantas celdas existirán libres entre subregiones, en el algoritmo de costo se tiene en cuenta que estos corredores rodearán a las subregiones y si solo si el usuario ingresará un valor igual a 0 las subregiones podrán situarse próximas entre si y al contorno de la región principal.

Cada una de las subregiones estarán numeradas incrementalmente por un valor entero con lo cual se obtendrá al final un vector de valores únicos desde 1 a N, dependiendo de cuantas subregiones y la frecuencia de las mismas (cantidad de veces que podrá ser elegida); además se agregará aleatoriamente un valor que indicará la orientación siendo igual a 0 ó 1, que indicará si la subregión al ser colocada en el interior de la región principal será rotada 90° o no. Para obtener las diferentes configuraciones se tomará la última configuración y de la misma se elegirán aleatoriamente dos valores y estos se intercambiarán, y además se recalcularán los valores de la orientación de todas las subregiones.

7. Implementación de la Heurística Recocido Simulado y su convergencia.

La convergencia de la solución depende de la forma de búsqueda de la meta heurística.

Existen algunas variables que inciden en la convergencia de la solución:

- **Número de moléculas estables y no estables:** Indica el grado de “estabilidad“, en el que se encuentra la búsqueda de la solución óptima. Un número alto de moléculas estables implica que la búsqueda prácticamente no encuentra soluciones mejores que la actual. Si el número de moléculas no estables es alto, implica un gran desorden, es decir, la búsqueda se encuentra en constante movimiento, encontrando mejores soluciones.
- **Temperatura:** Utilizada como criterio de parada en la búsqueda. Inicialmente, se parte de una temperatura inicial y paulatinamente se decreta o incrementa dependiendo del número de moléculas estables y no estables. Una vez que la temperatura llega a un límite determinado, se detiene la búsqueda.

Básicamente, la idea es llegar a un estado en el que existan gran cantidad de moléculas estables e idealmente ninguna molécula no estable. Esto aseguraría que en el momento de parada del algoritmo, la solución hallada sea una configuración de ganancia muy óptima. El gran número de moléculas estables en conjunto con un escaso número de moléculas no estables, implica que se han encontrado muchas configuraciones con ganancia menor o igual que la ganancia de la configuración devuelta, lo que indica que dicha configuración estaría inequívocamente muy cercana a ser la mejor.

El algoritmo trabaja de la siguiente manera:

Inicialización de temperatura, número de moléculas estables necesario y no estables necesario:

Se inicializa la temperatura a un valor mayor que la temperatura límite, el número de moléculas estables necesario a un valor inicialmente bajo y el de moléculas no estables necesario a un valor alto, esto es puesto que se inicialmente las moléculas se encuentran en sumo desorden. Estos valores de moléculas son necesarios para el incremento y decremento de la temperatura.

Generación de combinaciones: Se genera de manera aleatoria una combinación. Cada combinación estará conformada por los ids de las subregiones con su respectiva orientación. El orden de los ids dentro de la combinación implica el orden en el que serán ingresadas las subregiones dentro de la región principal. Una vez generada la combinación, se calcula su ganancia obtenida y será seleccionada como la primera candidata a solución óptima. Luego, se genera otra combinación modificando ligeramente la combinación inicial y se calcula su ganancia.

Comparación entre combinaciones: Con la ganancia calculada de las dos combinaciones, se procede a compararlas. Entre las dos configuraciones, se debería escoger la de mejor ganancia. Si la ganancia de

la última configuración es superior, implica que el sistema está inestable, por esto se aumenta el número de moléculas no estables en uno. Caso contrario, el número de moléculas estables debería incrementarse en uno. Ahora, para dar una oportunidad a escoger soluciones peores (búsqueda en otras vecindades), se calcula una probabilidad, si esta es menor que el factor de Boltzmann a dicha temperatura se escoge la peor combinación y se aumenta el número de moléculas no estables. De lo contrario, se sigue con el procedimiento normal, es decir, número de moléculas estables aumenta en uno y es seleccionada la mejor combinación.

Criterios de disminución y aumento de temperatura: Una vez incrementado los valores de moléculas estables y no estables, debe preguntarse por el estado del sistema ¿El sistema está más estable o no? Para evaluar esto, se pregunta si alguna de las variables de las moléculas ha alcanzado su valor necesario. En el caso de las moléculas estables implicaría un mayor orden, por lo tanto se decrementa la temperatura, se incrementa el número de moléculas estables necesario y se decrementa el número de moléculas no estables necesario. Caso contrario, mayor desorden, incremento de temperatura y moléculas no estables necesario y decremento de moléculas estables necesario. Cabe destacar que la temperatura no puede incrementarse más allá de su valor de inicialización.

Criterio de Parada: La búsqueda termina al llegar la temperatura a su temperatura límite. Además de este criterio, el algoritmo podría detenerse si es que llega a un estado de "congelado". A este estado se llega si en 3 temperaturas seguidas, se ha encontrado la misma solución.

Como podemos observar, la clave para que el sistema converja es que la temperatura llegue a su valor límite. Inicialmente, la búsqueda encontrará gran inestabilidad debido a que encontrará soluciones mejores que las anteriores, lo que implicaría aumentos de temperatura. Pero, una vez de que comience a encontrar las soluciones óptimas, la temperatura empezará a decrementarse. Esto debido a que cada vez será más difícil encontrar alguna mejor solución que la actual. Ahora, para evitar que la búsqueda caiga en un máximo local, se permite por Boltzmann escoger soluciones peores, cada vez con una probabilidad menor. Con esto, a mayores temperaturas se ayuda a buscar en diferentes vecindades. El incremento y decremento de moléculas estables y no estables necesario respectivamente, a medida que decrementa la temperatura, garantiza una confiabilidad alta en la respuesta final.

8. Presentación de la solución.

Se visualiza un gráfico donde se muestra como han sido ubicadas las regiones dentro del área principal. Además, se muestra cual es la eficiencia de la combinación indicando su ganancia y "cuales y cuantas" regiones se logró ubicar dentro del área principal.

9. Simulación.

El usuario ingresa en que orden, orientación y cuales regiones se ubicarán dentro del área principal. Luego, el sistema calcula la respuesta y se presenta un gráfico con dicha solución, junto con datos de eficiencia de la misma.

CONCLUSIONES

- El sistema siempre encontrará una solución lo suficientemente buena para el problema de optimización de espacios, debido a que su lógica está basada en algoritmos ampliamente estudiados y difundidos.
- Debido a que las heurísticas siguen siendo actualmente un campo de interés mundial, el sistema puede seguir mejorando en su rendimiento, para esto, basta con modificar la implementación de la heurística. Como la heurística está separada del problema, no se tendrá que reconstruir todo la aplicación.
- El principal campo de aplicación comercial de esta aplicación sería para las empresas que alquilan un espacio físico por ejemplo para exposiciones. Sin embargo, puede ser aplicado en infinidad de campos, lo importante es encontrar una analogía entre la representación del problema y la del sistema.
- El tiempo de respuesta del sistema depende de la complejidad del problema. No es recomendable ingresar regiones muy grandes con un elevado número de subregiones.

REFERENCIAS

- [1] P. Mariño, C. Ramírez, X. Moreno, “Diseño de un A.P.S. para Resolver la Problemática de Asignación y Ubicación de las Distintas Divisiones de un Espacio Físico”(Tesis, Facultad de Electricidad y Computación, Escuela Superior Politécnica del Litoral,2005).
- [2] Denso Díaz, Fred Glover, Hassan M. Ghaziri, J. L. Gonzáles, Manuel Laguna, Pablo Moscato, Fan T. Tseng *Optimización Heurística y Redes Neuronales*, Editorial Paraninfo, 1996.
- [3] Benjamín Barán y Augusto Hermosilla, Centro Nacional de Computación, Universidad Nacional de Asunción, San Lorenzo, Paraguay ,<http://www.cnc.una.py/cms/invest/download.php>
- [4] César Hervás-Martínez, Cristóbal Romero Morales, Sebastián Ventura Soto, Departamento de Informática y Análisis Numérico. Universidad de Córdoba.
<http://sci2s.ugr.es/keel/publicaciones/uco/congresos/artmaeb04medidareglasaso.pdf>