



Historia de la Investigación de Operaciones

M. En C. Eduardo Bustos Farías

Objetivos

- Conocer los antecedentes históricos que generan el conjunto de conocimientos que ahora se han denominado con el nombre de la Investigación de Operaciones.

ANTECEDENTES

- Es difícil precisar el inicio de la investigación de operaciones.
- Muchos de los primeros iniciadores llevaron a cabo trabajos que ahora consideraríamos como investigación de operaciones.
- Desde la Primera Guerra Mundial se dio a Thomas Alba Edison la tarea de averiguar las maniobras de los barcos mercantes que fueran más eficaces para disminuir las pérdidas de embarques causadas por los submarinos enemigos. En vez de arriesgar los barcos en condiciones bélicas reales, empleó un “tablero táctico” para encontrar la solución.
- A fines de la década de 1910, A. K. Erlang, un ingeniero danés, llevó a cabo experimentos relacionados con las fluctuaciones de la demanda de instalaciones telefónicas en relación con el equipo automático. Sus trabajos constituyen la base de muchos modelos matemáticos que se usan actualmente en la teoría de líneas de espera.

HISTORIA DE LA INVESTIGACIÓN DE OPERACIONES

La I.O. utiliza resultados de muchas áreas científicas, aunque su base fundamental se encuentra en la matemática, la economía y el cálculo de probabilidades y estadística.

Desde un punto de vista matemático se podrían establecer los orígenes en diferentes trabajos sobre modelos lineales debidos a Jordan, Minkowsky y Farkas a finales del siglo XIX.

HISTORIA DE LA INVESTIGACIÓN DE OPERACIONES

En relación con la estadística, sus orígenes se encuentran en los trabajos de Erlang sobre fenómenos de líneas de espera en los años veinte del presente siglo.

En economía se deben a Quesnay (siglo XVIII) y Walras (siglo XIX), que plantearon los primeros modelos de programación matemática, que fueron posteriormente perfeccionados por autores como Von Neumann , Kantorovich y Dantzig.

HISTORIA DE LA INVESTIGACIÓN DE OPERACIONES

Como puede observarse en los primeros estudios que se etiquetaron como de Investigación Operativa, el aspecto técnico más característico consistió en la estructuración estadística de los datos y en el empleo de modelos descriptivos de tipo probabilístico.

Sin embargo, el prestigio y difusión de la Investigación Operativa está cimentado en la Programación Lineal, aunque ello corresponda a una simplificación de la realidad.

HISTORIA DE LA INVESTIGACIÓN DE OPERACIONES

Los fundamentos matemáticos de los modelos lineales discretos se encuentran en la teoría de las desigualdades lineales desarrollada en el siglo pasado.

Otros conceptos que son paralelos a los de la Programación Lineal fueron formulados por John von Neumann en 1928, con la aplicación del teorema del minimax a los juegos de estrategia.

Como un antecedente inmediato, se encuentra el planteamiento del problema de transporte, por F. L. Hitchcock, en 1941 en los Estados Unidos.

HISTORIA DE LA INVESTIGACIÓN DE OPERACIONES

En el contexto de la planificación óptima de la asignación de obligaciones productivas, el mismo modelo había sido estudiado y resuelto por Kantorovich en la Unión Soviética en 1939, empleando lo que puede interpretarse como variables duales.

También, en un contexto concreto, Stiegler planteó el problema lineal de obtener una dieta adecuada con costo mínimo a partir de setenta y siete alimentos y considerando nueve nutrientes, reconociéndose en él la estructura de optimizar una función lineal sujeta a restricciones lineales.

ANTECEDENTES

- En la década de 1930 Horace C. Levison aplicó algunos modelos matemáticos muy refinados a grandes cantidades de datos, cuyo manejo habría sido completamente imposible de otro modo.
- Uno de sus estudios más interesantes y mejor conocidos se refería a los clientes que se negaban a aceptar paquetes que una empresa, relativamente pequeña de pedidos por correo, les enviaba por reembolso.
- La proporción de rechazos legaba aproximadamente al 30 por ciento de las ventas brutas.

ANTECEDENTES

- Se precisaron dos causas de rechazo: primera, se rechazaban con más frecuencia los pedidos más costosos, y segunda, se rechazaba la mercancía que se enviaba más de cinco días después de recibir el pedido.
- Por regla general los pedidos que tenían más de cinco días no dejaban utilidades. Cuando se dispuso de esos datos, fue muy fácil para la empresa de pedidos por correo, comparar el costo de los rechazos con el costo más elevado de los embarques más rápidos y determinar así el esfuerzo óptimo de embarque.

EL RADAR

Desde principio de 1937, se pidió a los científicos ingleses, cada vez con más frecuencia, que ayudaran a los militares a descubrir la mejor manera de utilizar el radar para localizar aviones enemigos.

El inicio formal de la Investigación Operativa tuvo lugar en Inglaterra a finales de 1939, cuando la estación de investigación de Bawdsey, bajo la dirección de A. Rowe, fue encargada del desarrollo de políticas óptimas para el nuevo sistema de detección militar llamado radar.

EL RADAR

En septiembre de 1939 los científicos que trabajaban en diferentes aspectos del problema, se reunieron en el Cuartel General del Mando de Aviones de Combate (Real Fuerza Aérea).

Ese grupo, considerado como el núcleo del primer grupo de investigación de operaciones, ampliaba continuamente su área de actividades hasta abarcar más allá del problema original del radar y de su integración con los observadores de tierra.

Poco después, se presentó un estudio de las fases de las operaciones nocturnas en lo que sería un modelo para los estudios posteriores del mismo tipo.

Blackett

- Poco tiempo después de la formación de ese grupo, se reunió el Grupo de Mando de Investigación Contra Aviones para estudiar los problemas de puntería contra aviones.
- Encabezaba el grupo el distinguido físico inglés P. M. S. Blackett, que debería estudiar la actuación del equipo de control de cañones en el campo, especialmente durante su empleo por las tropas contra el enemigo.

EL CIRCO DE BLACKETT

En Agosto de 1940, el físico P.M.S. Blackett de la Universidad de Manchester fue responsabilizado de formar un grupo de trabajo para estudiar el sistema de defensa antiaérea gobernado por radar.

Este grupo, estaba constituido por tres psicólogos, dos físicos matemáticos, un astrofísico, un oficial del ejército, un topógrafo, un físico y dos matemáticos.

Fue denominado el «circo de Blackett», siendo generalmente admitido que en él se daban todas las características de los grupos que trabajan en Investigación Operativa:

- Grupo de trabajo interdisciplinario
- Empleo de modelos matemáticos
- Punto de vista de análisis de sistemas

EL ESTUDIO DEL BOMBARDEO A SUBMARINOS

Uno de los primeros esfuerzos de este grupo fue dirigido al estudio del ataque aéreo a los submarinos.

Las bombas estaban programadas para estallar a una profundidad de unos treinta metros, pues se argumentaba que al divisar el submarino al bombardero se sumergiría; y dado que desde el instante en que fuera localizado el bombardero hasta el del lanzamiento de la bomba, transcurrirían aproximadamente dos minutos, unos treinta metros era, aproximadamente, la profundidad alcanzada por el submarino en su precipitada inmersión.

EL ESTUDIO DEL BOMBARDEO A SUBMARINOS

Pero aunque el razonamiento era válido, los resultados obtenidos con esta política eran muy limitados. Cuando el grupo de Blackett fue encargado del estudio, su primera decisión consistió en la observación directa de la situación, encaramándose en los bombarderos en sus misiones de ataque a submarinos.

EL ESTUDIO DEL BOMBARDEO A SUBMARINOS

Tras un elevado número de observaciones llegaron a la conclusión, con el análisis de los datos de los ataques, de que se producían las siguientes circunstancias:

- a) Debido a la falta de precisión del bombardeo, muy pocas de las bombas explotaban cerca de su objetivo, a treinta metros de profundidad.
- b) La precisión aumentaba cuando el submarino no había tenido tiempo de sumergirse, pero en ese caso las bombas estallaban a demasiada profundidad y no producían grandes daños.

EL ESTUDIO DEL BOMBARDEO A SUBMARINOS

En definitiva, la profundidad de treinta metros era adecuada cuando el submarino divisaba con antelación al bombardero, pero la falta de precisión impedía obtener resultados.

Y cuando la precisión era buena, la profundidad a que estaba programada la explosión era inadecuada, pues esto sólo ocurría cuando el submarino se mantenía cercano a la superficie.

A la vista de los datos estadísticos sobre la precisión del bombardeo y la inmersión de los submarinos, se llegó a la conclusión de que la alternativa más adecuada era optar por causar daños cuando el submarino estuviera en la superficie.

Así se hizo y los resultados mejoraron espectacularmente.

LOS ESTUDIOS DE LA INVESTIGACIÓN DE OPERACIONES

En este trabajo ya estaban incluidos los aspectos que caracterizan a los estudios de Investigación Operativa:

1. Toma directa de datos.
2. Empleo de modelos matemáticos para el análisis de la situación, que en este caso era simplemente estadístico.
3. Obtención de las políticas óptimas que corresponden al modelo.
4. Modificación de dichas políticas de acuerdo con factores reales no considerados en el modelo: en este caso se emplearon espoletas que explotaban a diez metros de profundidad, pues no se disponía de otras que lo hiciesen más cerca de la superficie.

Un resultado del estudio fue iniciar su fabricación.

N.O.R.
NAVAL OPERATIONAL
RESEARCH

Como consecuencia de los resultados obtenidos, por éste y otros estudios sobre problemas de índole militar, el Almirantazgo Británico creó el grupo funcional «Naval Operational Research».

El punto de vista empleado para el análisis de los problemas por este grupo, y los que inmediatamente le siguieron, fue denominado Operational Research.

Dicha acepción fue modificada en Estados Unidos por Operations Research.

HISTORIA DE LA INVESTIGACIÓN DE OPERACIONES

Sir Robert Watson-Watt (inglés), a sugerencia suya los norteamericanos introdujeron también grupos de científicos para el estudio de operaciones militares tras el inicio de su participación en la guerra.

Para el mes de abril de 1942, las Fuerzas Aéreas, el Ejército y la Marina poseían grupos funcionales conocidos como Operations Analysis, Operations Research y Operations Evaluations, respectivamente.

El último de estos grupos era dirigido por Philip M. Morse, del Massachusetts Institute of Technology, que años más tarde sería el primer presidente de la sociedad norteamericana de Investigación Operativa (O.R.S.A.) y uno de sus principales difusores.

HISTORIA DE LA INVESTIGACIÓN DE OPERACIONES

Durante la guerra, otros países aliados como Canadá y Francia, también introdujeron grupos de Investigación Operativa en sus respectivos ejércitos.

Al finalizar la guerra, las circunstancias en Gran Bretaña y Estados Unidos fueron distintas para estos grupos.

En Estados Unidos, los fondos para la investigación en el campo militar se incrementaron, por lo que la mayoría de los grupos se consolidaron, aumentando su número y tamaño.

Debido a ello, la industria y la administración norteamericanas permanecieron indiferentes a la Investigación Operativa durante el resto de la década.

LA INVESTIGACIÓN DE OPERACIONES EN E.U.

Uno de los primeros establecimientos de investigación, dependiente del ejército del aire y que tuvo gran influencia en el posterior desarrollo de esta disciplina, fue la RAND Corporation fundada por Donald Douglas en 1946.

En la primera conferencia sobre la Investigación Operativa en la Industria, que tuvo lugar en el Case Institute of Technology de Cleveland en 1951, fue casi imposible encontrar aplicaciones industriales de carácter no militar.

LA INVESTIGACIÓN DE OPERACIONES EN E.U.

Quizás las causas de este lento desarrollo en Estados Unidos, sea necesario buscarlas en la situación de la Organización Industrial tradicional, que estaba plenamente establecida, difundida y reputada.

La Investigación Operativa se percibía como un dudoso competidor de aquélla, a lo que hay que añadir el celoso secreto con el que se mantenían las limitadas experiencias que se llevaban a cabo.

LA INVESTIGACIÓN DE OPERACIONES EN GRAN BRETAÑA

En Gran Bretaña, los componentes de los grupos que se habían desarrollado en el medio militar pasaron a la sociedad civil.

Los nuevos problemas que se le plantearon a la nueva administración laborista inglesa, con la nacionalización de importantes sectores de su economía y la reconstrucción de gran parte de sus instalaciones industriales, estimularon la implantación de la Investigación Operativa.

LA INVESTIGACIÓN DE OPERACIONES EN GRAN BRETAÑA

Sir Charles Ellis, responsable durante la guerra del grupo de Investigación Operativa del Ejército, fue nombrado asesor científico en el Comité del Carbón, creando un grupo de Investigación Operativa.

Análogas circunstancias se dieron en los sectores nacionalizados de la electricidad y el transporte.

En el sector privado, la industria inglesa mantiene instituciones cooperativas de investigación, por lo que la difusión de nuevos métodos está menos mediatizada por el secreto industrial.

Quizás debido a ello, casi inmediatamente la industria del acero y la textil introdujeron grupos de Investigación Operativa.

LA INVESTIGACIÓN DE OPERACIONES EN GRAN BRETAÑA

El desarrollo de la Organización Industrial tradicional en Gran Bretaña había sido más limitado, y con la excepción del Estudio del Trabajo, era todavía una novedad en los círculos industriales.

Por ello, todavía ciertos campos como la gestión de inventarios se identifican con la Organización de la Producción en Estados Unidos y con la Investigación Operativa en Inglaterra.

Así, toda una serie de metodologías de carácter cuantitativo se difundieron en la industria de este último país bajo la denominación y con el prestigio de la Investigación Operativa.

LOS PRIMEROS CURSOS DE INVESTIGACIÓN DE OPERACIONES

Simultáneamente, el desarrollo de los ordenadores y su implantación en la industria, posibilitaron el tratamiento y estudio de problemas de gran complejidad, por lo cual a mediados de la década de los cincuenta, la Investigación Operativa se encontraba ya afianzada en el mundo industrial.

Los primeros cursos sobre Investigación Operativa se impartieron en el M.I.T. de Boston en 1948, y un año después hubo un ciclo de conferencias en el University College de Londres. Poco después, ofrecían programas específicos completos las Universidades Case Western Reserve, Johns Hopkins y Northwestern en U.S.A.; y en el Imperial College y la London School of Economics en Inglaterra.

ORGANIZACIONES PARA EL ESTUDIO DE LA INVESTIGACIÓN DE OPERACIONES

El grupo de científicos ingleses que procedían de los establecimientos militares formaron en 1948 el Operational Research Club, que daría lugar, en 1954, a la Operational Research Society.

Unos años antes, en 1950, se había fundado la Operations Research Society of America.

Ambas iniciaron inmediatamente la publicación de revistas científicas monográficas para la presentación pública de los resultados de las investigaciones en curso y la difusión de la disciplina.

CASE INSTITUTE OF TECHNOLOGY

Los primeros alumnos del programa de graduados que obtuvieron el título de Doctores en Investigación Operativa se graduaron en el Case Institute of Technology en 1957, siendo responsables del programa los profesores Russell Ackoff y West Churchman.

LA PROGRAMACIÓN LINEAL

Pero el proyecto de formulación y ataque al problema lineal de forma general, fue propuesto por el departamento del Ejército del Aire bajo el nombre de proyecto SCOOP en 1947.

El resultado inmediato fue el algoritmo de resolución simplex, debido a George B. Dantzig, y su implementación en un ordenador UNIVAC para la resolución de modelos lineales de gran tamaño.

LA PROGRAMACIÓN LINEAL

En el resto de los años cincuenta, la Programación Lineal quedó completamente establecida, con los trabajos de Charnes sobre la degeneración, de Lemke sobre la dualidad, de Dantzig, Orden y Wolfe sobre la forma compacta y la descomposición de grandes programas.

En estos mismos años, Ford y Fulkerson, también contratados por la RAND Corporation, establecen los resultados sobre flujos en grafos y el método primal-dual para los problemas de distribución.

LA PROGRAMACIÓN LINEAL

Sin embargo, la Programación Lineal Entera no recibe atención hasta finales de esta década, en que Gomory obtiene la expresión general para aproximar la envoltura convexa del conjunto admisible empleando sola y exclusivamente planos secantes.

A pesar de las esperanzas que el procedimiento generó, sigue siendo un campo con métodos limitados e insatisfactorios, donde la enumeración parcial e inteligente de posibles soluciones es el socorrido último recurso que se hace necesario en multitud de situaciones.

LA PROGRAMACIÓN NO LINEAL

En los modelos no lineales, los resultados fundamentales proceden del desarrollo del cálculo matemático en el siglo XVIII, siendo el concepto básico el del Lagrangiano.

La caracterización de las condiciones necesarias de optimalidad en problemas restringidos, se generaliza a partir de los resultados de Lagrange en el conocido teorema de Kuhn-Tucker, que recopila y estructura un conjunto de investigaciones llevadas a cabo por numerosos autores en los años cuarenta, entre los que también ha de citarse a Dantzig, y Fritz John .

LA PROGRAMACIÓN NO LINEAL

La Programación no Lineal progresó durante los años sesenta y setenta, pudiendo atacarse la resolución de problemas de tamaño medio con varias decenas de restricciones y algunos cientos de variables.

Sin embargo, la investigación en la búsqueda de algoritmos eficientes seguía siendo muy activa, pues los existentes no eran plenamente satisfactorios.

LA PROGRAMACIÓN DINÁMICA

La Programación Dinámica, su inicio y desarrollo básico se debe a Richard Bellman al principio de los cincuenta.

La trascendencia de esta metodología no se limita a la Investigación Operativa, sino que es también de gran importancia en la Teoría del Control Óptimo, en estrecha relación con el principio del máximo de Pontryagin .

El desarrollo de la Programación Dinámica se ha visto limitado en su aplicabilidad concreta debido a la complejidad computacional que le acompaña, tanto debido a la cardinalidad del espacio de estado como al número de períodos que intervienen.

LA PROGRAMACIÓN DINÁMICA

En este sentido, el trabajo de Larson ha colaborado a su tratamiento, pero muchos autores aún consideran a la Programación Dinámica como un punto de vista conceptual y un bagaje teórico para el análisis de problemas; y no como un método o conjunto de ellos, implantable en algoritmos de tipo general.

En esta dirección, los trabajos de Denardo, identificando la estructura de los procesos de decisiones secuenciales, suponen un avance para establecerlos.

LA TEORÍA DE FILAS

La Teoría de Colas se inicia con el trabajo del ingeniero danés A. K. Erlang en la industria telefónica de principios de siglo.

El estudio en detalle de los modelos más usuales, en que tanto la distribución de llegadas al sistema como la del tiempo de servicio son conocidas, y pertenecen a categorías bien establecidas, está completamente caracterizado.

LA TEORÍA DE FILAS

Pero los recursos técnicos de carácter matemático que se requieren para llevar a cabo estos análisis hacen que sea la simulación el método habitual de estudio cuando los procesos de colas son de cierta complejidad.

Debe resaltarse la existencia de multitud de lenguajes de simulación a disposición de los usuarios de computadores de las empresas de mayor importancia en el sector.

LA TEORÍA DE JUEGOS

La Teoría de Juegos se inicia con los primeros resultados de von Neumann sobre el teorema del minimax en 1926.

Sobre todo a partir de la publicación de su obra básica en unión de Morgenstern, asentando la teoría de juegos matriciales.

Posteriormente, y como consecuencia de las aportaciones de la Teoría del Control Óptimo, se bifurca en los Juegos Diferenciales y en el estudio de los juegos cooperativos.

LA TEORÍA DE JUEGOS

Dentro de estos últimos, el desarrollo se sustenta en el estudio de la teoría del núcleo, incluyendo el concepto de valor de Shapley y los resultados de Nash.

La influencia de esta teoría sobre la Organización de la Producción ha sido muy limitada.

LA TEORÍA DE DECISIONES BAJO INCERTIDUMBRE

La Teoría de la Decisión en condiciones de incertidumbre, toda ella se basa en la estadística bayesiana y la estimación subjetiva de las probabilidades de los sucesos.

La estructuración de la teoría axiomática de la utilidad es más reciente, encontrándose en fase de pleno desarrollo, como muestran las publicaciones de Schlaifer y Raiffa.

En la actualidad se la considera un instrumento válido para la estructuración de la toma de decisiones con incertidumbre cuando la información no es completa.

LA TEORÍA DE DECISIONES BAJO INCERTIDUMBRE

La aplicabilidad a la Organización de la Producción es reducida debido a que en ella la situación es bastante estructurada, pudiendo accederse a una satisfactoria información sobre el contexto.

Si acaso, en los planteamientos estratégicos que pueden darse en la fase de diseño en que la información es menor o incluso no existe, pueden emplearse estos métodos.

LOS PROBLEMAS COMBINATORIOS

Desde su origen, la Investigación Operativa se encuentra encarada con problemas para los que no existe método analítico alguno que permita obtener, con seguridad y en un tiempo conveniente, el óptimo teórico.

Éste es, por ejemplo, el caso de los problemas combinatorios en que el sentido común da por imposible la enumeración.

Es más que normal que el tamaño y la naturaleza de ciertos problemas combinatorios nos prohibían abordarlos por la vía del sentido común.

Nuestro buen sentido, educado por la ciencia, sabe distinguir particularmente los problemas NP completos, para los cuales no existe un algoritmo que en tiempo polinomial sea capaz de encontrar la solución (Garey and Johnson).

LOS PROBLEMAS COMBINATORIOS

De siempre, la investigación de operaciones ha establecido, por tales razones, métodos denominados heurísticos, incapaces de proporcionar el óptimo formal, pero susceptibles de llegar a soluciones buenas, tanto más fiables en cuanto que permiten determinar al mismo tiempo una cota (superior o inferior) del óptimo teórico con el que se comparan.

Con el auge de las PC's estos métodos han ido ganando terreno, puesto que se iba haciendo, cada vez más, factible y fácil intentar diferentes heurísticas y juzgar su eficacia relativa.

SOFTWARE DE OPTIMIZACIÓN

Es de destacar también la gran difusión que ha sufrido el «software» de optimización debido al incremento en la potencia de cálculo de las computadoras y al abaratamiento del costo de las aplicaciones y del «hardware».

Entre algunas de ellas se pueden citar nombres de aplicaciones de programación matemática (para la resolución de modelos lineales, mixtos y no lineales) como GINO, MINOS, IMSL, XA, GPSS y CPLEX.

También se pueden mencionar otras aplicaciones pre y postprocesadoras de las anteriores: ANALYZE, GAMS, AMPL, etc. que permiten de una forma amigable generar los modelos y analizar sus resultados.

METAHEURÍSTICAS

Durante los últimos años han aparecido una serie de métodos, denominados metaheurísticas, cuya finalidad es la de encontrar buenas soluciones a problemas de optimización (lineal o no lineal y con o sin restricciones).

Entre ellos se pueden enumerar los algoritmos genéticos, el recocido simulado, la búsqueda tabú y las redes neuronales.

Su aplicación a los problemas de secuenciación de todo tipo es una finalidad típica y clásica.

METAHEURÍSTICAS

Es más, prácticamente todos ellos están basados en intentar resolver, de la mejor forma posible, problemas típicos de Organización de la Producción.

Así, los problemas típicos de secuenciación de trabajos en máquinas, de equilibrado de líneas de montaje, de asignación de rutas, de planificación de la producción, etc. han sido, son y, casi con toda seguridad, serán el banco de pruebas de las más modernas técnicas de búsqueda de soluciones a problemas en los que, de entrada, se declina la posibilidad de encontrar la solución óptima.

ALGORITMOS GENÉTICOS

Los algoritmos genéticos («genetic algorithms») fueron introducidos por Holland para imitar algunos de los mecanismos que se observan en la evolución de las especies.

Los mecanismos no son conocidos en profundidad pero sí algunas de sus características: la evolución ocurre en los cromosomas; un ser vivo da vida a otro mediante la decodificación de los cromosomas de sus progenitores, el cruce de los mismos, y la codificación de los nuevos cromosomas formando los descendientes; las mejores características de los progenitores se trasladan a los descendientes, mejorando progresivamente las generaciones.

Basándose en estas características, Holland creó un algoritmo que genera nuevas soluciones a partir de la unión de soluciones progenitoras utilizando operadores similares a los de la reproducción, sin necesidad de conocer el tipo de problema a resolver.

LOS ALGORITMOS DE RECOCIDO SIMULADO

Los algoritmos de recocido simulado («simulated annealing») fueron introducidos por Cerny y Kirkpatrick et al. para la optimización de problemas combinatorios con mínimos locales.

Utilizan técnicas de optimización no determinista: no buscan la mejor solución en el entorno de la solución actual sino que generan aleatoriamente una solución cercana y la aceptan como la mejor si tiene menor costo, o en caso contrario con una cierta probabilidad p ; esta probabilidad de aceptación irá disminuyendo con el número de iteraciones y está relacionada con el empeoramiento del costo.

LOS ALGORITMOS DE RECOCIDO SIMULADO

Estos algoritmos derivan de la analogía termodinámica con el proceso metalúrgico del recocido: cuando se enfría un metal fundido suficientemente despacio, tiende a solidificar en una estructura de mínima energía (equilibrio térmico); a medida que disminuye la temperatura, las moléculas tienen menos probabilidad de moverse de su nivel energético; la probabilidad de movimiento se ajusta a la función de Boltzmann.

BÚSQUEDA TABÚ

Entre los distintos métodos y técnicas heurísticas de resolución de problemas combinatorios surge, en un intento de dotar de "inteligencia" a los algoritmos de búsqueda local, el algoritmo de búsqueda tabú («tabu search»), Glover .

La búsqueda tabú, a diferencia de otros algoritmos basados en técnicas aleatorias de búsqueda de soluciones cercanas, se caracteriza porque utiliza una estrategia basada en el uso de estructuras de memoria para escapar de los óptimos locales, en los que se puede caer al "moverse" de una solución a otra por el espacio de soluciones.

BÚSQUEDA TABÚ

Al igual que en la búsqueda local, la búsqueda tabú selecciona de modo agresivo el mejor de los movimientos posibles en cada paso.

Al contrario que sucede en la búsqueda local, se permiten movimientos a soluciones del entorno aunque se produzca un empeoramiento de la función objetivo, de manera que sea posible escapar de los óptimos locales y continuar estratégicamente la búsqueda de mejores soluciones.

LAS REDES NEURONALES

Las redes neuronales (“neural networks”) son modelos analógicos que tienen como objetivo reproducir en la medida de lo posible las características y la capacidad de procesamiento de información del conjunto de neuronas presentes en el cerebro de los seres vivos.

Las características principales de estos modelos son su robustez, tolerancia a fallos, capacidad de adaptación y aprendizaje y la capacidad de procesar información defectuosa.

LAS REDES NEURONALES

Los modelos de redes neuronales intentan conseguir unos buenos resultados basándose en una densa interconexión de unos sencillos nodos computacionales llamados neuronas. Aleksander y Morton definen una red neuronal como un "Procesador distribuido paralelo que posee una propensión natural para el almacenamiento de conocimiento experimental haciéndolo disponible para su uso.

Recuerda al cerebro humano en dos aspectos: el conocimiento se adquiere mediante un proceso de aprendizaje, y la conexión interneuronal se utiliza para el almacenamiento del conocimiento".

LAS HEURÍSTICAS

Una ventaja importante que presentan las heurísticas frente a las técnicas que buscan soluciones exactas es que, por lo general, permiten una mayor flexibilidad para el manejo de las características del problema.

No suele ser complejo utilizar algoritmos heurísticos que en lugar de funciones lineales utilicen no linealidades.

Habitualmente las heurísticas proponen un conjunto de soluciones, ampliando de esta forma las posibilidades de elección del decisor, especialmente cuando existen factores no cuantificables que no han podido ser reflejados en el modelo pero deben ser tenidos en cuenta.

CONCLUSIONES

En resumen, podría decirse que el uso de estas técnicas supone la posibilidad de resolver, de forma práctica, problemas de gran complejidad que resultaban intratables mediante técnicas exactas.

De todo lo dicho anteriormente sobre la evolución y desarrollo de la investigación de operaciones, sus características esenciales son las siguientes:

- 1) examen de las relaciones funcionales de un sistema,
- 2) utilización del grupo interdisciplinario,
- 3) unión de un enfoque planeado (método científico) y
- 4) descubrimiento de nuevos problemas para su estudio.

LA LÍNEA HISTÓRICA

