

Cómo la Naturaleza Enseña a Solucionar los Problemas Intratables: Algoritmos Genéticos y el Recocido Simulado

Hay una rama de la informática que se preocupa de la clasificación de los problemas y algoritmos por su complejidad. Esto se hace a menudo a un nivel muy teórico, pero es una cuestión clave para cuando llegue el momento de aplicar y solucionar los problemas prácticos. Con este fin se pueden dividir los problemas en tres clases generales: Los solucionables, los intratables, y los insolubles. Las primeras dos clases se determinan por su “orden,” siendo la rapidez con que se complica su solución por añadir mas elementos al problema, mientras la última no tiene respuesta en ningún caso.

Ejemplos de algoritmos solucionables son la búsqueda por una lista ordenada, la cual se puede hacer en un tiempo que crece como el logaritmo del número de elementos en la lista (orden logarítmico); y la búsqueda a través de una lista no ordenada que es un problema de orden “N,” creciendo igualmente con el número de elementos que se trate. Cualquier problema de orden polinómico o menor se considera solucionable, ya que no se puede complicar mucho a medida que se engrandece. Por otro lado, hay muchos problemas que surgen en la teoría que no tienen solución, no importa qué recursos de computación existen. Esto se puede probar por contradicción, y es importante saber que nos prodríamos encontrar con uno de estos problemas insolubles.

De más interés a los investigadores son los problemas intratables. Estos se pueden solucionar, pero se complican mucho más con cada elemento que se añada, siendo de orden exponencial, factorial, o peor. La dificultad es obvia cuando se considera que un sencillo algoritmo exponencial que terminara en un minuto con 10 elementos podría tardar mil minutos (17 horas) con 20 elementos y miles de millones de eones con 100 elementos, corriendo en la misma computadora. Muchos problemas importantes son miembros de esta clase difícil. De hecho, hay una subclase de estos problemas diversos que se han probado equivalente en tiempo polinómico, lo cual significa que una solución para uno se puede convertir en solución para otro con una relativa rapidez. Un ejemplo famoso de esta clase es el problema del viajante: un viajante

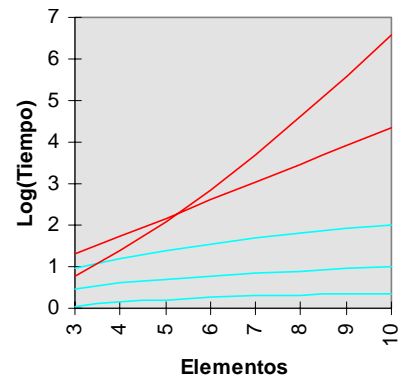


Gráfico del crecimiento de algunos órdenes desde el más escarpado: Factorial y Exponencial (intratables); Polinómico, Lineal, y Logarítmico (solucionables).

tiene que pasar por unas determinadas ciudades siguiendo el camino más corto. Aunque no se ha podido probar, se cree que no hay solución más eficaz que el enumerar todos los caminos posibles para ver cuál es el mejor (el número de caminos creciendo como el factorial del número de ciudades).

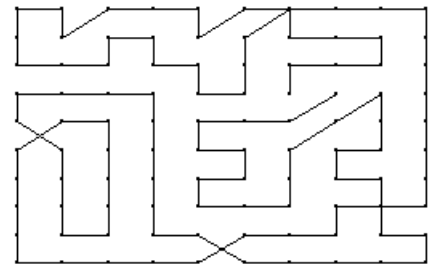
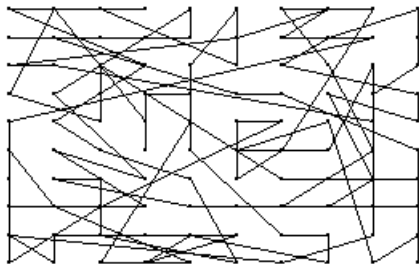
Afortunadamente, muchas veces en la práctica es suficiente encontrar una solución no perfecta, pero tampoco muy lejos de la óptima. Por ejemplo, si no podría determinar el camino más corto, el viajante no se molestaría mucho teniendo que seguir uno que le costara sólo el 5% o 10% más. En muchos casos, se ha podido desarrollar algoritmos especiales para tratar un problema específico como el del viajante y llegar rápidamente a tales soluciones “buenas”. Sin embargo, para tratarlos de una manera más general, han vuelto los investigadores a algoritmos aleatorios que en algunos casos fueron inspirados por fenómenos naturales.

Resulta que la naturaleza muchas veces se enfrenta con problemas de magnitud intratable que los logra solucionar. Un fenómeno de este tipo es la evolución. Del espacio de todos los conjuntos químicos posibles con masa menor de una tonelada (el peso de un elefante, digamos), hay sumamente poquísimos que tienen la capacidad de no sólo sobrevivir en un ambiente dinámico sino también reproducirse. Sin embargo, por medio de simples operaciones aleatorias como la mutación, el cruce entre organismos semejantes, y la selección natural, han surgido organismos complejÍsimos y altamente adaptados para sobrevivir en sus ambientes. Aunque hay algunos que disputan la realidad de este proceso, estas operaciones se han compuesto en la forma de un “algoritmo genético” con mucho éxito. Un investigador, sólo capaz de definir un problema—y no necesitando un conocimiento profundo de ello—simplemente construye una representación atómica de soluciones, operaciones apropiadas de mutación y cruzamiento de éstas, y una medida de validez para cada representación que seleccione hacia las soluciones deseadas. Aplicando repetidamente estas operaciones en una población de “organismos,” converge con una rapidez asombrosa en soluciones buenas, aunque sea grandÍsimo el problema.

Otra lección de la naturaleza vino de un fenómeno físico: el recocido de cristales. Las moléculas de un cristal son perfectamente ordenadas, estando en un estado de energía mínima. El proceso mediante el cual se logra este estado de baja energía requiere que la temperatura del metal derritado baje muy despacio mientras se solidifica. A altas temperaturas las moléculas se mueven casi al azar, pero se limitan a moverse solamente para bajar la energía de su

configuración a bajas temperaturas. El “recocido simulado” toma una representación de soluciones a un problema y repetidamente les hace cambios aleatorios. Siguiendo un horario que le baja la “temperatura” despacio, el algoritmo acepta cualquier cambio que mejore la solución, y permite otros cambios con una probabilidad que baja con la temperatura, así garantizando converger a algún estado óptimo no muy limitado.

Recientemente se ha aplicado el análisis de la teoría de Markov a estos dos algoritmos aleatorios, que al fondo no son muy diferentes, y se ha podido probar una convergencia en probabilidad a la solución óptima de problemas con ciertas características comunes. Pero sin respeto a lo teórico, es impresionante lo que logran estos algoritmos en la práctica. La segunda figura abajo compara una solución aleatoria al problema del viajante por 100 ciudades bien organizadas a una después de un recocido simulado de un millón de iteraciones. Éste representa un problema grandísimo, ya que la cantidad de soluciones como la de abajo comparada con el espacio de todos los caminos posibles es pequeñísima: No es ni un grano de arena comparado con las playas de la tierra; ¡es menos de un átomo de este grano (que en sí consiste en millones de millones de átomos) comparado con el número de todos los átomos del universo!



Dos ejemplos de caminos para el viajante: El primero seleccionado al azar, el segundo encontrado después de un millón de iteraciones del recocido simulado.