



DECSAI

Departamento de Ciencias de la Computación e I.A.

Universidad de Granada



Algoritmos Meméticos

Fernando Berzal, berzal@acm.org

Algoritmos Meméticos



Hibridación de los algoritmos evolutivos con otras técnicas

- Lamarckismo
- Efecto Baldwin

Estructura de un algoritmo memético

- Inicialización inteligente
- Operadores de variación inteligentes
- Búsqueda local

Algoritmos meméticos adaptativos



Hibridación



¿Por qué combinar algoritmos evolutivos con otras técnicas algorítmicas?

- AE como parte de un sistema mayor.
- AE como forma de mejorar las técnicas existentes sin tener que reinventar la rueda.
- Mejorar la eficacia del AE a la hora de encontrar buenas soluciones (utilizando heurísticas conocidas para el problema particular).

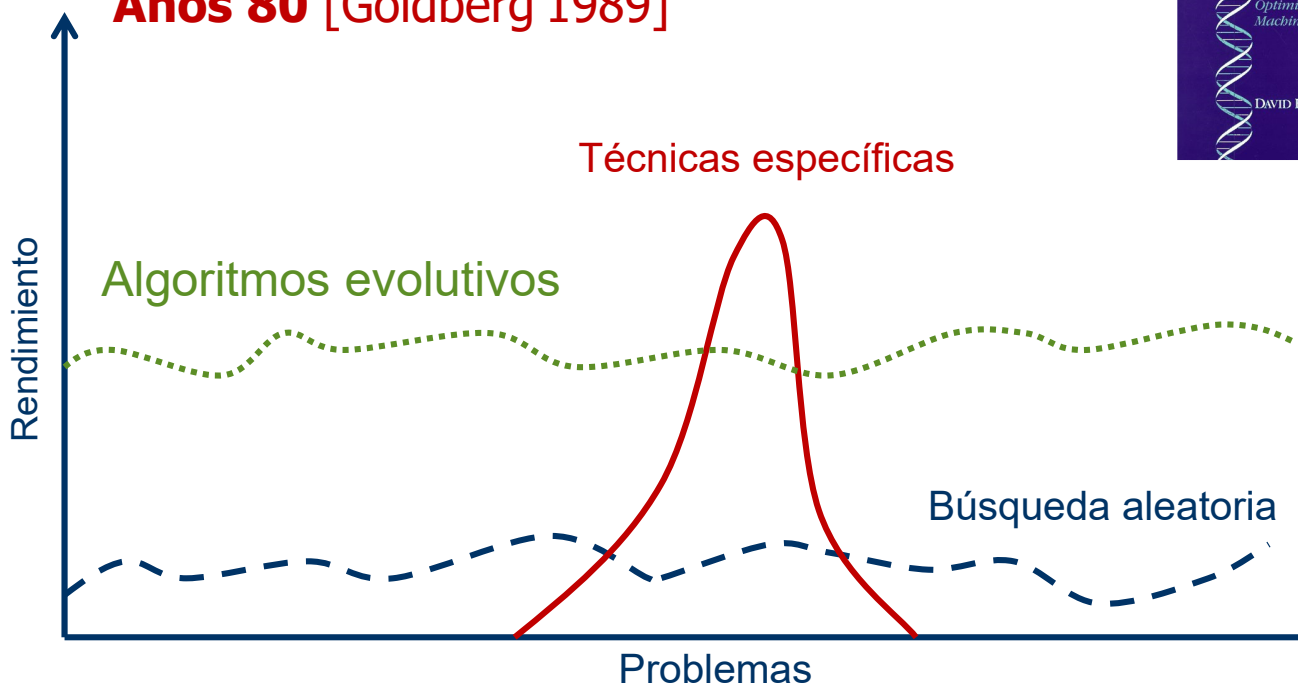
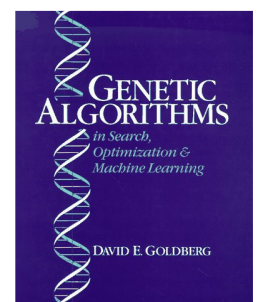


Hibridación



Los algoritmos evolutivos como técnica de resolución de problemas

Años 80 [Goldberg'1989]

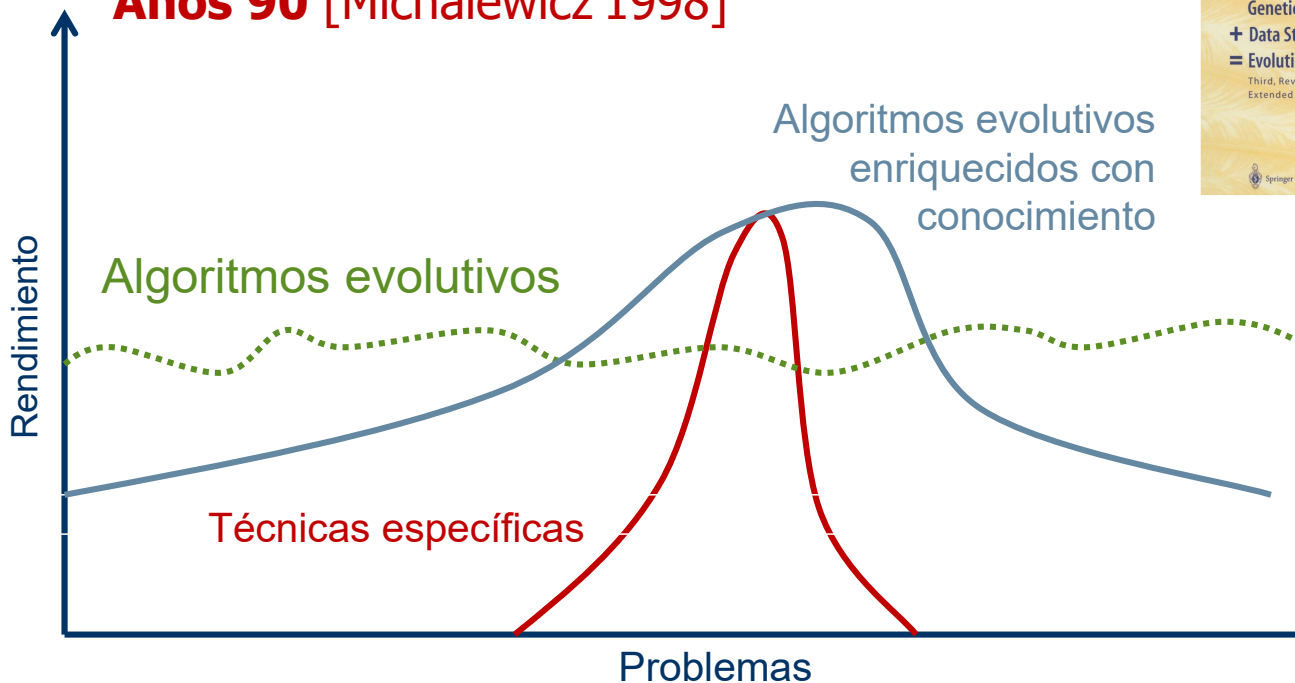
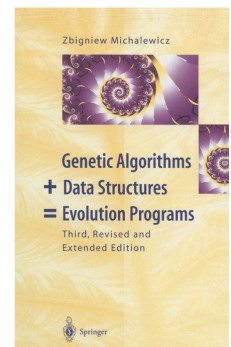


Hibridación



Los algoritmos evolutivos como técnica de resolución de problemas

Años 90 [Michalewicz'1998]



Hibridación



¿Qué es un algoritmo memético?

Un algoritmo evolutivo que incorpora...

- Técnicas de búsqueda local.
- Conocimiento específico en los operadores del AE.

ESTADO DEL ARTE

Los algoritmos meméticos pueden ser órdenes de magnitud más eficientes y eficaces que los algoritmos evolutivos estándar en multitud de problemas.



Hibridación



¿Por qué funcionan mejor los algoritmos meméticos?

- Las **técnicas heurísticas** se suelen quedar atascadas en óptimos locales (el algoritmo memético los evita si procuramos mantener cierta diversidad que permita explorar soluciones novedosas).
- Los **algoritmos evolutivos tradicionales** no utilizan el conocimiento disponible acerca del problema (los algoritmos meméticos lo explotan): los algoritmos evolutivos son buenos a la hora de identificar buenas zonas del espacio de búsqueda [exploración] pero no a la hora de afinar [explotación].

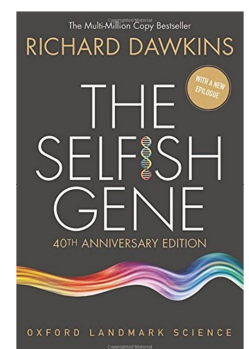


Hibridación



Origen del término

“**Meme**” [Richard Dawkins '1976]
= Unidad de transmisión cultural



vs.

Genes como unidades de transmisión biológica

Los memes se transmiten de acuerdo a su utilidad o popularidad percibida
“de cerebro a cerebro vía un proceso que, en sentido amplio, puede llamarse imitación”.



Hibridación con búsqueda local

Algoritmo genético lamarckiano

Herencia de caracteres adquiridos

$t \leftarrow 0$

población(t) \leftarrow poblaciónInicial

EVALUAR(población(t))

while not (criterio de parada)

$t \leftarrow t + 1$

población(t) \leftarrow SELECCIONAR(población($t-1$))

población(t) \leftarrow CRUZAR(población(t))

población(t) \leftarrow MUTAR(población(t))

población(t) \leftarrow **OPTIMIZAR_LOCALMENTE**(población(t))

EVALUAR(población(t))



Hibridación con búsqueda local

Algoritmo genético baldwiniano

Capacidad de aprendizaje

a.k.a. plasticidad fenotípica

$t \leftarrow 0$

población(t) \leftarrow poblaciónInicial

EVALUAR(población(t))

while not (criterio de parada)

$t \leftarrow t + 1$

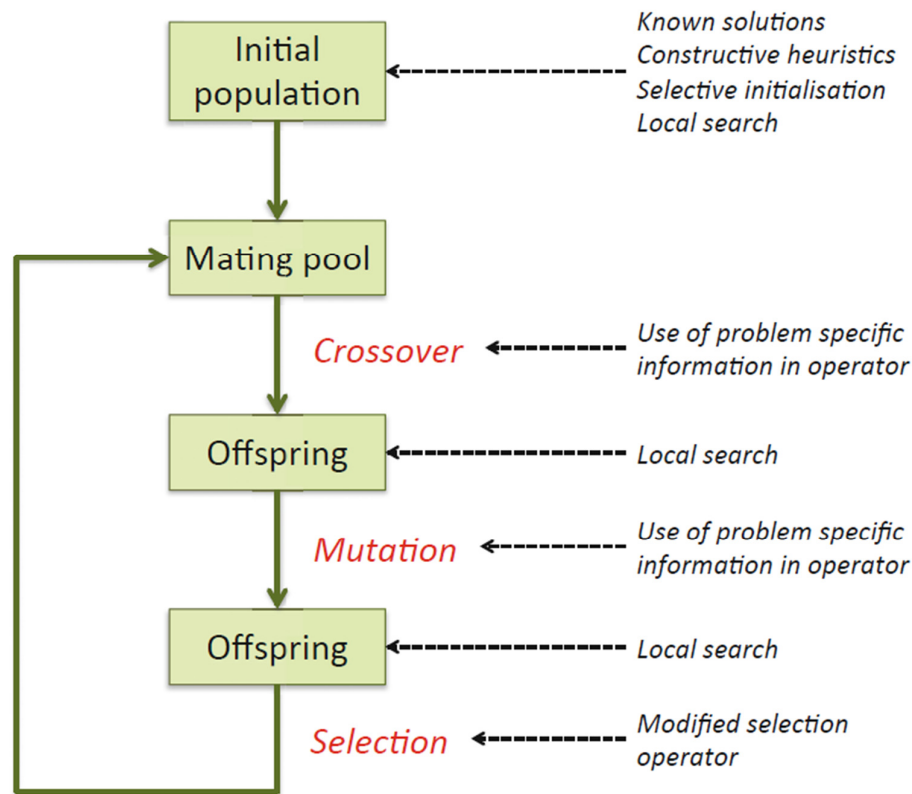
población(t) \leftarrow SELECCIONAR(población($t-1$))

población(t) \leftarrow CRUZAR(población(t))

población(t) \leftarrow MUTAR(población(t))

EVALUAR(**OPTIMIZAR_LOCALMENTE**(población(t)))





Inicialización inteligente de la población

- Siembra [seeding]: Utilizar buenas soluciones conocidas, obtenidas con otras técnicas.
- Inicialización selectiva [ICGA'1991]: Generar un número elevado de soluciones aleatorias ($k \cdot N$) y realizar N torneos de k vías.
- Técnicas de búsqueda local para optimizar los miembros de la población inicial.
- Clonar buenas soluciones (obtenidas por los métodos anteriores) y mutarlas de forma agresiva.



Algoritmos meméticos



Inicialización inteligente de la población

El uso de una proporción de buenas soluciones en la población inicial ayuda al algoritmo evolutivo.

- Conforme la proporción aumenta, el rendimiento medio mejora, pero también disminuye su varianza...
- En otras palabras, el mejor rendimiento se obtiene de una población inicial más aleatoria.



Algoritmos meméticos



Operadores inteligentes de variación

Incorporan conocimiento específico del problema en los operadores de variación (cruce y mutación).



- p.ej. Operador DPX (TSP)
hereda subciclos de los padres y los conecta utilizando la heurística del vecino más cercano.



Algoritmos meméticos



Búsqueda local

en los resultados de los operadores de variación

Forma más común de hibridación de algoritmos evolutivos, p.ej. AE baldwinianos y larmarckianos.

Se interpreta como aprendizaje a lo largo de la vida...

USOS TÍPICOS

- Problemas de planificación: horarios, rutas de vehículos

OTRAS APLICACIONES

- Optimización de la estructura de una red neuronal entrenada con backpropagation.



Algoritmos meméticos



Búsqueda local

Análisis de Krasnogor



Para reducir el tiempo de ejecución en el peor caso, es necesario utilizar una técnica de búsqueda local cuyo operador para la obtención de vecinos no coincida con los utilizados en los operadores de cruce y mutación.

p.ej. TSP: 2-opt funciona mejor si no se combina con el operador de mutación por inversión





Búsqueda local

La preservación de la diversidad puede ser un problema.

p.ej. Criterio de aceptación basado en un operador adaptativo de Boltzmann (como en enfriamiento simulado)

$$P(\text{accept}) = \begin{cases} 1 & \text{if } \Delta E > 0, \\ e^{-\frac{k\Delta E}{F_{max} - F_{avg}}} & \text{otherwise,} \end{cases}$$

Durante la búsqueda local, un vecino peor se acepta con una probabilidad que aumenta exponencialmente conforme decrece la diversidad (rango de valores de fitness).



Algoritmos meméticos adaptativos



Desde 2000, en lugar de actuar como estrategias fijas de aprendizaje, los memes pueden estar sujetos a procesos de selección y adaptación.

Algoritmos multimeméticos

- Uso de múltiples operadores de búsqueda local.
- Mecanismo para elegir entre ellos en función de la situación actual de la búsqueda (p.ej. autoadaptación: cada solución candidata incluye un gen que indica qué operador de búsqueda local utilizar).



Algoritmos meméticos adaptativos

1G = 1ª generación

Búsqueda global combinada con búsqueda local

- Algoritmos evolutivos lamarckianos & baldwinianos

2G = 2ª generación

Múltiples optimizadores locales (evolución Lamarckiana)

- Algoritmos multimeméticos
- Meta-Lamarckian MAs
- Hyperheuristics

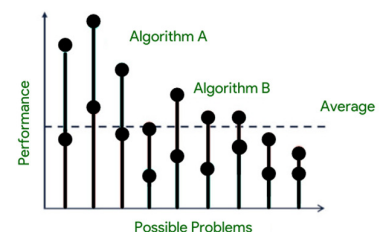
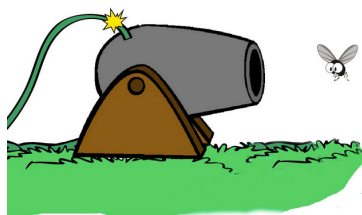
3G = 3ª generación

Aprendizaje de la elección del optimizador local

- COMA [Coevolving Memetic Algorithms]
- Self-generating MAs



Computación memética



En ocasiones, cuando se añaden heurísticas a algoritmos evolutivos, los algoritmos funcionan mejor si se elimina la evolución:

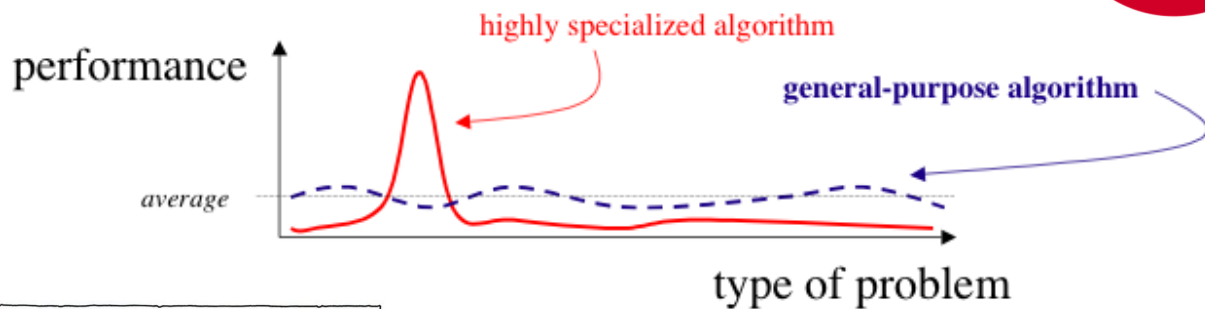
- Sin selección (elecciones aleatorias uniformes).
- Sin población (tamaño de la población = 1).

Irónicamente, las heurísticas se añaden para mejorar los AE, pero eliminar la E puede dar mejor resultado...





Teorema de Wolpert a.k.a. "No free lunch" theorem



No existe un algoritmo que sea siempre mejor que otro...

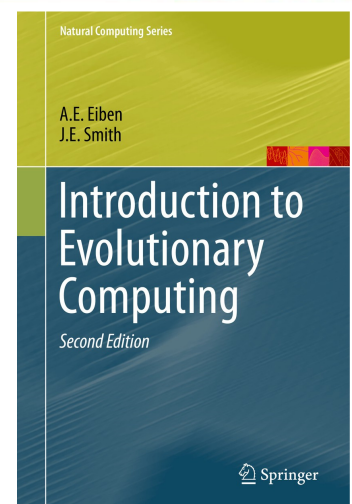


Bibliografía



Lecturas recomendadas

- A.E. Eiben & J.E. Smith:
Introduction to Evolutionary Computing
Springer, 2nd edition, 2015
ISBN 3662448734
<http://www.evolutionarycomputation.org/>



Part III: Advanced Topics
Hybridisation with Other Techniques:
Memetic Algorithms

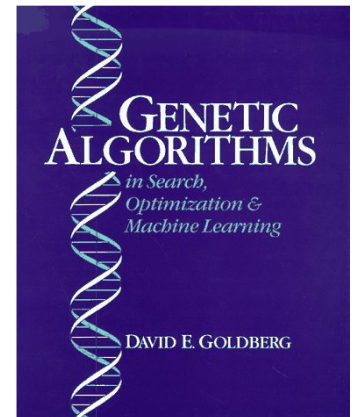
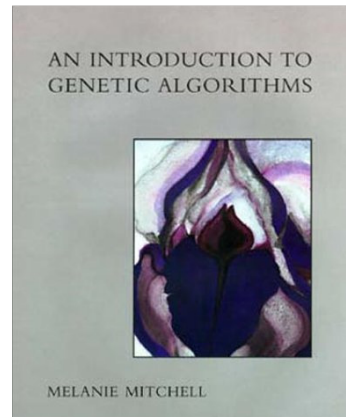


Bibliografía



Bibliografía complementaria

- Melanie Mitchell:
An Introduction to Genetic Algorithms
MIT Press, 1996.
ISBN 0262133164



- David E. Goldberg:
Genetic Algorithms in Search, Optimization & Machine Learning.
Addison-Wesley, 1989.
ISBN 0201157675



Bibliografía



Bibliografía complementaria

- John R. Koza:
**Genetic Programming:
On the Programming of Computers
by Means of Natural Selection.**
MIT Press, 1992.
ISBN 0-262-11170-5

