



UNIVERSIDAD DE GRANADA

Algoritmos evolutivos: Problemas de optimización combinatoria QAP

Inteligencia Computacional



Máster universitario en Ingeniería Informática

Autor

Pablo Valenzuela Álvarez (pvalenzuela@correo.ugr.es)

Índice

1. Introducción	2
2. Planteamiento del problema	3
2.1. Algoritmo evolutivo tradicional	3
2.2. Variante Balwiniana (James Mark Baldwin)	3
2.3. Variante Lamarckiana (Jean-Baptiste Lamarck)	3
3. Resolución del problema	5
3.1. Algoritmo Tradicional	5
3.2. Variante Balwiniana	7
3.3. Variante Lamarckiana	8
3.4. Comparación de resultados de todas las variantes	9
3.5. Resultados finales del estudio	10
4. Conclusión	11

1. Introducción

El Problema de Asignación Cuadrática (QAP) es un problema de optimización combinatoria que tiene aplicaciones en distintas áreas. Una de las principales áreas es la logística, donde la idea principal es asignar un conjunto de fábricas a localizaciones de manera que se minimice el costo total asociado al transporte de materiales entre estas fábricas y localizaciones.

El QAP es un problema NP-duro (alta dificultad computacional), lo que significa que no se conoce un algoritmo eficiente para resolverlo debido a su complejidad. Se han propuesto diversos enfoques heurísticos y algoritmos de optimización para abordar este problema, y los algoritmos evolutivos son una categoría popular dentro de estos enfoques.

Los algoritmos evolutivos aplicados al QAP representan soluciones como permutaciones de las “instalaciones” y utilizan operadores genéticos para generar nuevas soluciones. La selección, cruce y mutación, se aplican iterativamente para mejorar la calidad de las soluciones a lo largo de las generaciones. Estos algoritmos pueden ser efectivos para encontrar soluciones en un tiempo razonable.

2. Planteamiento del problema

El enunciado de la práctica nos pide la implementación de un algoritmo genético estándar que resuelva el problema de la asignación cuadrática. Además, también se nos pide implementar una variante Baldwiniana y una variante Lamarckiana de este.

Estas variantes son dos enfoques específicos dentro de los algoritmos evolutivos que incorporan ideas relacionadas con la evolución y adaptación de las poblaciones. A continuación se describirán brevemente cada una de ellas.

2.1. Algoritmo evolutivo tradicional

En estos tipos de algoritmos, las características adquiridas durante el proceso de evolución no afectan directamente al material genético de los individuos.

La evolución se basa en la selección natural, el cruce y la mutación

La adaptación se produce a nivel de la población a través de la reproducción de los individuos más aptos.

2.2. Variante Baldwiniana (James Mark Baldwin)

Esta variante introduce la idea de que las habilidades o características adquiridas durante la vida de un individuo pueden influir en la evolución de la población.

Aunque las características puedan mejorar al individuo, estas no se transmiten directamente al material genético de las generaciones futuras.

Sin embargo, esta variante permite que las características faciliten la selección natural y, por lo tanto, influir en la evolución a través de la selección de los individuos más aptos.

2.3. Variante Lamarckiana (Jean-Baptiste Lamarck)

Esta variante permite que las características adquiridas durante la vida de un individuo se transmitan directamente al material genético de las generaciones futuras.

En este enfoque, las habilidades o características aprendidas de un individuo se incorporan a su material genético, lo que significa que las futuras generaciones heredarán directamente estas adaptaciones.

En lugar de depender únicamente de la selección natural, esta variante introduce la idea de que las adaptaciones adquiridas durante la vida de un individuo pueden afectar a la evolución de una población a largo plazo.

3. Resolución del problema

En esta sección vamos a comparar los resultados obtenidos del algoritmo genético tradicional y sus variantes Balwiniana y Lamarckiana. Los resultados serán expuestos en sus respectivas tablas mostrando los parámetros usados para su obtención.

3.1. Algoritmo Tradicional

Número de generaciones	Tamaño de la población	Ratio de cruce	Ratio de mutación	Función de reemplazo	Resultado
100	50	0.8	0.05	Ajuste	47233392
100	500	0.8	0.05	Ajuste	46247300
100	500	0.7	0.05	Ajuste	45906572
100	500	0.7	0.1	Edad	45786260
200	500	0.7	0.1	Edad	45554886
100	500	0.7	0.1	Ajuste	45548044
200	500	0.7	0.1	Ajuste	45406692
500	1000	0.7	0.1	Ajuste	45155416
100	5000	0.7	0.1	Ajuste	45096050
2000	300	0.7	0.1	Ajuste	45020304
10000	500	0.7	0.1	Ajuste	45017254
10000	300	0.7	0.1	Edad	44976272
1000	2000	0.7	0.1	Ajuste	44957850
10000	300	0.7	0.1	Ajuste	44917520

Tabla 1. Pruebas del algoritmo tradicional con distintos parámetros de los algoritmos genéticos

Se han realizado numerosas pruebas con el algoritmo tradicional, la tabla 1 muestra cómo ha ido evolucionando el resultado hasta llegar al mejor .

El parámetro que parece que tiene más influencia sobre los demás es el número de generaciones, cada vez que era aumentado el resultado mejoraba. Esto indica que este algoritmo se beneficia significativamente en un enfoque a largo plazo, una mayor número de generaciones proporciona al algoritmo la capacidad de realizar exploraciones más profundas y permitir que la población evolucione hasta alcanzar las soluciones más óptimas.

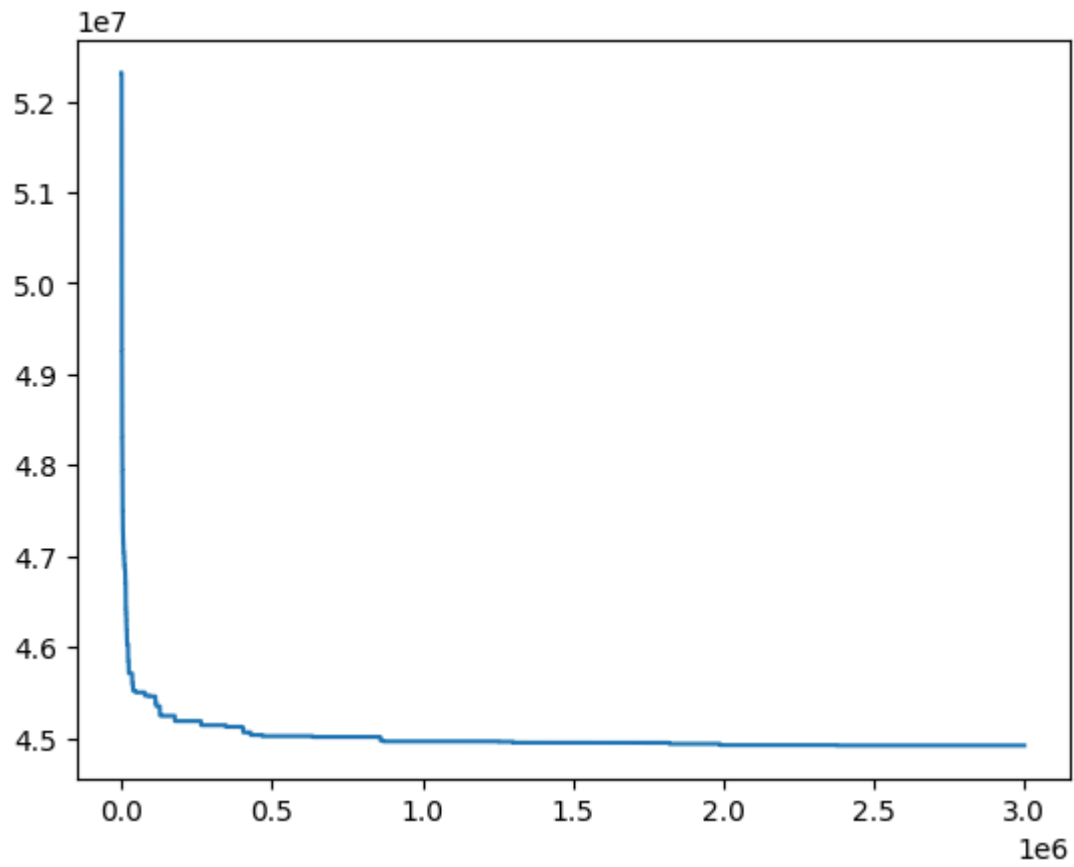


Figura 1. Evolución de los resultados de la mejor solución del algoritmo tradicional.

3.2. Variante Balwiniana

Número de generaciones	Tamaño de la población	Ratio de cruce	Ratio de mutación	Función de reemplazo	Resultado
100	50	0.8	0.05	Ajuste	47913292
200	500	0.7	0.1	Ajuste	46206402
100	500	0.7	0.1	Ajuste	46189060
100	500	0.7	0.1	Edad	46031090
200	500	0.7	0.1	Edad	45949800

Tabla 2. Pruebas del algoritmo con variante balwiniana con distintos parámetros de los algoritmos genéticos

De esta variante se han experimentado menos opciones, ya que no se conseguían resultados muy buenos y el tiempo de ejecución era bastante alto.

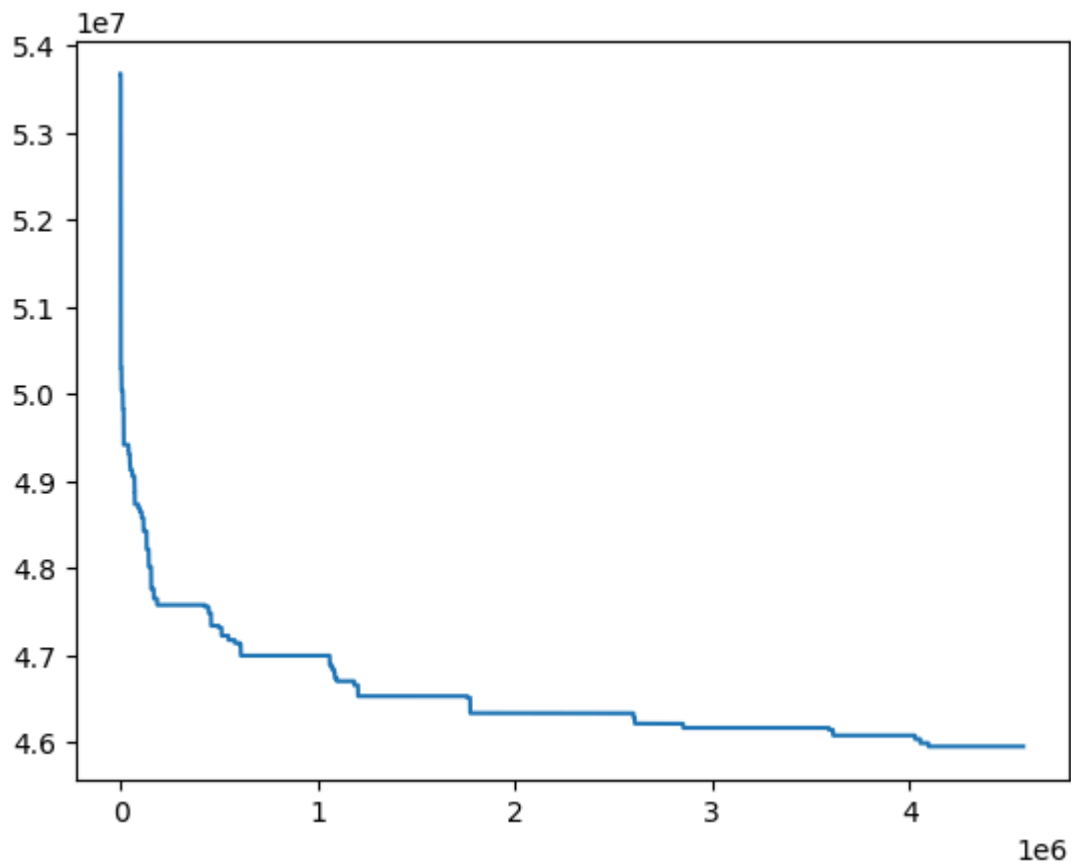


Figura 2. Evolución de los resultados de la mejor solución del algoritmo tradicional con variante baldwiniana.

3.3. Variante Lamarckiana

Número de generaciones	Tamaño de la población	Ratio de cruce	Ratio de mutación	Función de reemplazo	Resultado
200	500	0.7	0.1	Ajuste	45282994
100	500	0.7	0.1	Edad	45265346
100	50	0.8	0.05	Ajuste	45198370
100	500	0.7	0.1	Ajuste	45147048
200	500	0.7	0.1	Edad	45099792
1000	300	0.7	0.1	Ajuste	45079378
2000	300	0.7	0.1	Ajuste	44982826
10000	300	0.7	0.1	Ajuste	44922934

Tabla 3. Pruebas del algoritmo con variante lamarckiana con distintos parámetros de los algoritmos genéticos

Por último, la variante lamarckiana consigue buenos resultados, pero también tiene un alto coste computacional al igual que la variante baldwiniana. Por esta razón no se han explorado todas las opciones.

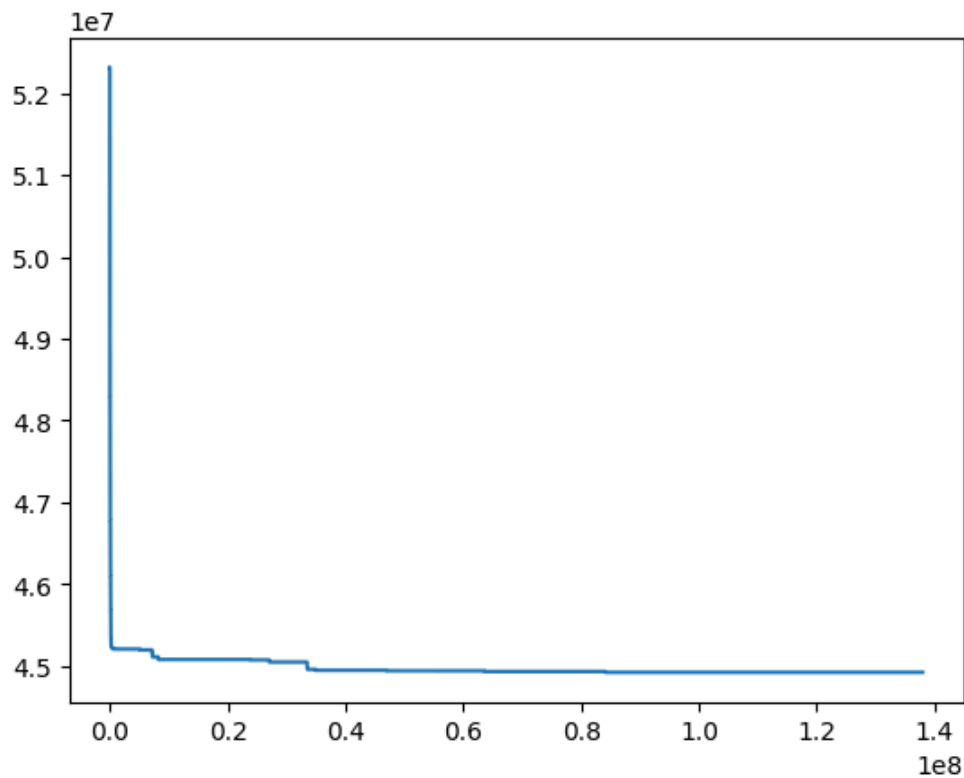


Figura 3. Evolución de los resultados de la mejor solución del algoritmo tradicional con variante lamarckiana.

3.4. Comparación de resultados de todas las variantes

Variante	Número de generaciones	Tamaño de la población	Función de reemplazo	Resultado
Baldwin	100	500	Edad	46031090
Lamarck	100	500	Edad	45265346
Tradicional	100	500	Edad	45786260
Baldwin	200	500	Edad	45949800
Lamarck	200	500	Edad	45099792
Tradicional	200	500	Ajuste	45406692
Tradicional	200	500	Edad	45554886
Tradicional	2000	300	Ajuste	45020304
Lamarck	2000	300	Ajuste	44982826
Lamarck	10000	300	Ajuste	44922934
Tradicional	10000	300	Ajuste	44917520

Tabla 4. Comparación de los mejores resultados obtenidos.

La tabla 4, muestra la comparación directa de todas las variantes con los mismos parámetros. En ella podemos observar que la variante lamarckiana obtuvo los mejores resultados superando a la variante baldwiniana y la tradicional, excepto en la última comparación.

Nota: Los mejores resultados (marcados en amarillo) de la variante lamarckiana se obtuvieron tras una ejecución que duró cerca de 8 horas, mientras que la misma ejecución utilizando el algoritmo tradicional apenas duró 15 minutos y se obtuvieron mejores resultados.

3.5. Resultados finales del estudio

Como última prueba, se probó cambiar la secuencia de números aleatorios sobre la mejor solución obtenida en el estudio, realizando varias ejecuciones con semillas distintas.

Usando la variante tradicional del algoritmo genético y los parámetros siguientes:

- Número de generaciones: 10000
- Tamaño de población: 300
- Ratio de cruce: 0.7
- Ratio de mutación: 0.1
- Función de reemplazo: Ajuste

Algoritmo Tradicional	
Semilla	Resultado
44848	44973544
11111	44963558
54321	44963080
98989	44945264
77777	44945112
13333	44942788
10000	44938318
12345	44917520

Tabla 5. Test en otras semillas.

Al parecer, aun habiendo realizado bastantes pruebas con otras semillas de números aleatorios, la primera semilla usada resultó siendo la mejor.

4. Conclusión

Tras haber realizado un estudio sobre el rendimiento de los algoritmos genéticos de las variantes tradicional, balwiniana y lamarckiana, podemos extraer las siguientes conclusiones:

1. El algoritmo tradicional muestra una mejora constante a medida que se aumenta el número de generaciones. Esto indica que este algoritmo se beneficia de un enfoque a largo plazo, permitiendo exploraciones más profundas y la evolución de la población hacia soluciones más óptimas.
2. La variante balwiniana muestra un rendimiento inferior respecto a los otros dos enfoques. Considerando el tiempo de ejecución considerablemente alto y resultados menos competitivos, podemos determinar que esta variante tiene limitaciones en la capacidad para adaptarse.
3. La variante lamarckiana obtuvo los mejores resultados en la mayoría de las pruebas, mostrando su capacidad para adaptarse continuamente y transmitir sus adaptaciones a la descendencia. Pero, a pesar de esto, hay que tener en cuenta su alto coste computacional (al igual que la variante baldwiniana) que puede limitar su viabilidad en ciertos contextos.

En resumen, si bien la variante lamarckiana destacó en la mayoría de las pruebas la comparación final con el enfoque tradicional reveló que este último logró superarla en términos de eficiencia computacional y en resultados finales. Sugiere esto que en la elección entre ambos enfoques debe considerarse la relación entre rendimiento y recursos disponibles.