

UNIVERSIDAD DE GRANADA
E.T.S. DE INGENIERÍA INFORMÁTICA



Departamento de Ciencias de la
Computación e Inteligencia Artificial

Bioinformática

<http://sci2s.ugr.es/docencia/bioinformatica>

Guión de Prácticas

Práctica 2:
Algoritmos Evolutivos con Codificación Real

Curso 2011-2012

Quinto Curso de Ingeniero en Informática

Práctica 2

Algoritmos Evolutivos con Codificación Real

1. Objetivos

El objetivo de esta práctica es estudiar el funcionamiento de varios *Algoritmos Evolutivos con Codificación Real*. Para ello, se requerirá que el alumno aplique correctamente varios algoritmos de este tipo para resolver distintos problemas de optimización continua. Concretamente se considerarán 6 algoritmos según las siguientes dos modalidades (excluyentes entre sí):

- A. Algoritmos a aplicar según esta modalidad: 3 Algoritmos básicos + 3 algoritmos avanzados respectivos (uno avanzado por cada básico utilizando la misma técnica).
- B. Algoritmos a aplicar según esta modalidad: 2 Algoritmos básicos + 2 algoritmos avanzados respectivos + 2 algoritmos cualesquiera.

Los algoritmos se aplicarán sobre un conjunto de 9 funciones únicamente con dimensión 30. Dichas funciones han sido propuestas en un concurso organizado en la sesión especial “*Real-Parameter Optimization*” dentro del *2005 IEEE Congress on Evolutionary Computation*, http://www.ntu.edu.sg/home/EPNSugan/index_files/CEC-05/CEC05.htm. Los algoritmos se compararán entre sí, así como con los tres mejores algoritmos de la competición del CEC’05 y con tres algoritmos representativos procedentes de la comparativa realizada en la sesión especial de “*Metaheurísticas Algoritmos Evolutivos y Bioinspirados para Problemas de Optimización Continua*” dentro del *VI Congreso Español de Metaheurísticas, Algoritmos Evolutivos y Bioinspirados, MAEB’09*, <http://decsai.ugr.es/~lozano/AEBs-Continuo/AEBs.htm>. Los resultados de todos ellos se encuentran a disposición del alumno en la web de la asignatura.

La práctica se califica sobre 5.5 puntos. El análisis de resultados será una parte importante de dicha puntuación. Adicionalmente, el alumno podrá implementar un modelo original diseñado por él mismo, incrementando su nota en 1 punto; y que sumará 1 puntos más si gana a la Evolución Diferencial (DE) binaria y exponencial y a CHC.

La fecha de entrega es el Jueves 24 de Mayo de 2012.

2. Problemas de Optimización Continua

El problema que se propone consiste en encontrar el óptimo global de una función. Para obtener mayor información sobre dichas funciones y resultados de varios algoritmos, se puede consultar la página web de algoritmos evolutivos y otras metaheurísticas para optimización continua (<http://sci2s.ugr.es/EAMHC0/>, apartado 8), en la que se encuentra, una descripción de las 25 funciones, los resultados de los estudios realizados sobre 11 algoritmos y los trabajos en los que fueron propuestos (la información completa está disponible en http://www.ntu.edu.sg/home/EPNSugan/index_files/CEC-05/CEC05.htm). Trabajaremos con funciones de dimensión (número de variables) $n = 30$.

Entre las 25 funciones propuestas en la comparativa, se han seleccionado 9 para esta práctica:

- Tres funciones unimodales: F_2 , F_3 y F_6 .
- Seis funciones multimodales: F_7 , F_9 , F_{10} , F_{11} , F_{12} y F_{15} .

1. F_2 (Shifted Schwefel's Problem 1.2):

- $F_2(\mathbf{x}) = \sum_{i=1}^n \left(\sum_{j=1}^i z_j \right)^2 + f_{bias_2}$, $\mathbf{z} = \mathbf{x} - \mathbf{o}$
- $\mathbf{x} \in [I_I, I_D]^n = [-100, 100]^n$. Tamaño del intervalo de variación: $I = 200$.
- $f_{bias_2} = -450$.

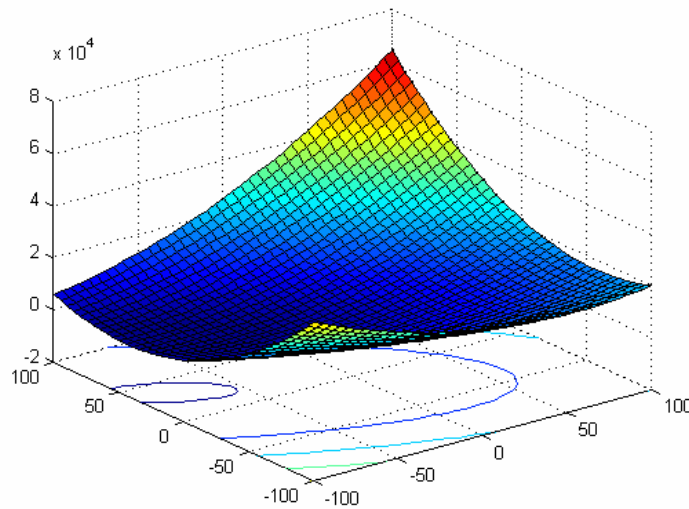


Figura 2.1: F_2 con $n = 2$

- Propiedades: Unimodal, desplazada, no separable y escalable.

- Fichero asociado: `schwefel_102_data.txt`
Contenido: \mathbf{o} (vector de 100 números reales). Sólo se usan los n primeros valores del vector.

2. F_3 (Shifted Rotated High Conditioned Elliptic Function):

- $F_3(\mathbf{x}) = \sum_{i=1}^n (10^6)^{\frac{i-1}{n-1}} z_i^2 + f_{bias_3}, \mathbf{z} = (\mathbf{x} - \mathbf{o}) * \mathbf{M}$
- \mathbf{M} es una matriz ortogonal.
- $\mathbf{x} \in [I_I, I_D]^n = [-100, 100]^n$. Tamaño del intervalo de variación: $I = 200$.
- $f_{bias_3} = -450$.

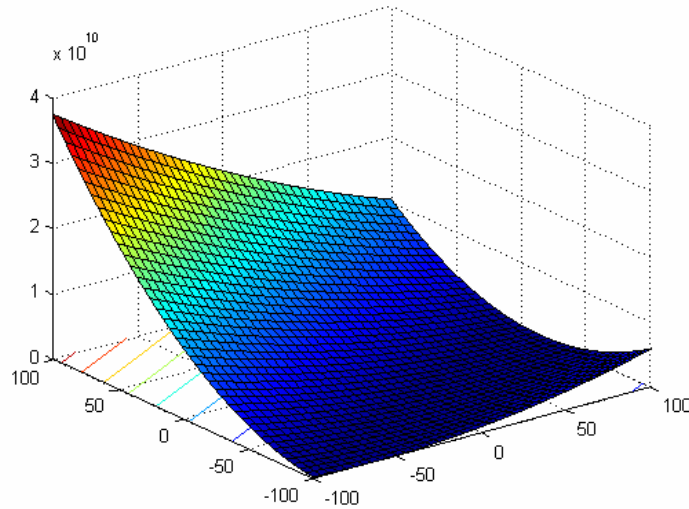


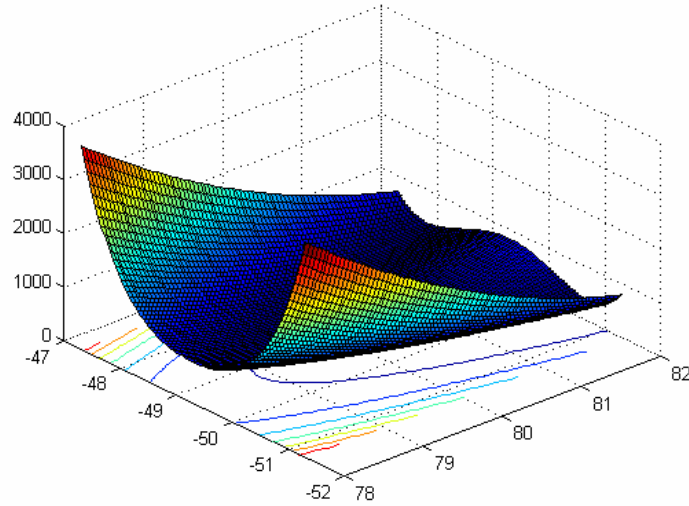
Figura 2.2: F_3 con $n = 2$

- Propiedades: Unimodal, desplazada, rotada, no separable y escalable.
- Fichero asociado: `high_cond_elliptic_rot_data.txt`
Contenido: \mathbf{o} (vector de 100 números reales). Sólo se usan los n primeros valores del vector.
- Fichero asociado: `elliptic_M_D30.txt`
Contenido: \mathbf{M} (matriz de 30×30 números reales). Usado para $n = 30$.

3. F_6 (Shifted Rosenbrock's Function):

- $F_6(\mathbf{x}) = \sum_{i=1}^{n-1} (100(z_i^2 - z_{i+1})^2 + (z_i - 1)^2) + f_{bias_6}, \mathbf{z} = \mathbf{x} - \mathbf{o} + 1$

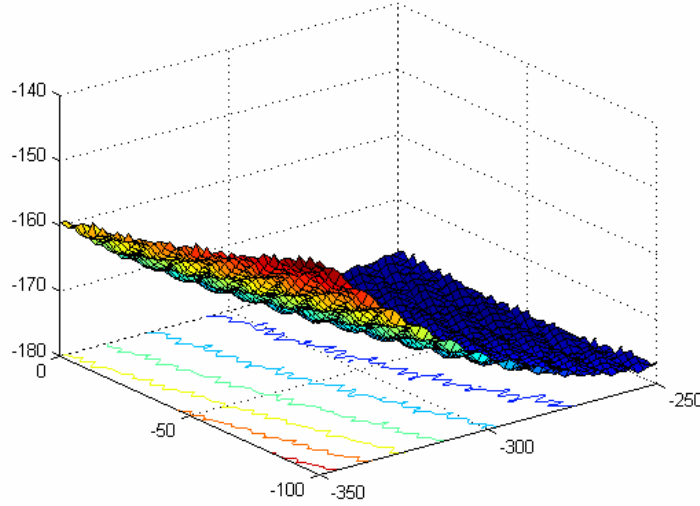
- $\mathbf{x} \in [I_I, I_D]^n = [-100, 100]^n$. Tamaño del intervalo de variación: $I = 200$.
- $f_{bias_6} = 390$.

Figura 2.3: F_6 con $n = 2$

- Propiedades: Multimodal, desplazada, no separable, escalable, presenta un estrecho valle entre los óptimos locales y el óptimo global.
- Fichero asociado: `rosenbrock_func_data.txt`
Contenido: \mathbf{o} (vector de 100 números reales). Sólo se usan los n primeros valores del vector.

4. F_7 (Shifted Rotated Griewank's Function without Bounds):

- $$F_7(\mathbf{x}) = \sum_{i=1}^n \frac{z_i^2}{4000} - \prod_{i=1}^n \cos\left(\frac{z_i}{\sqrt{i}}\right) + 1 + f_{bias_7}, \mathbf{z} = (\mathbf{x} - \mathbf{o}) * \mathbf{M}$$
- \mathbf{M} es una matriz ortogonal.
- Iniciar la población en $[0, 600]^n$. El óptimo $x^* = \mathbf{o}$ está fuera del rango inicial.
- $f_{bias_7} = -180$.
- Propiedades: Sin límites para las variables x , multimodal, desplazada, rotada, no separable y escalable.
- Fichero asociado: `griewank_func_data.txt`
Contenido: \mathbf{o} (vector de 100 números reales). Sólo se usan los n primeros valores del vector.

Figura 2.4: F_7 con $n = 2$

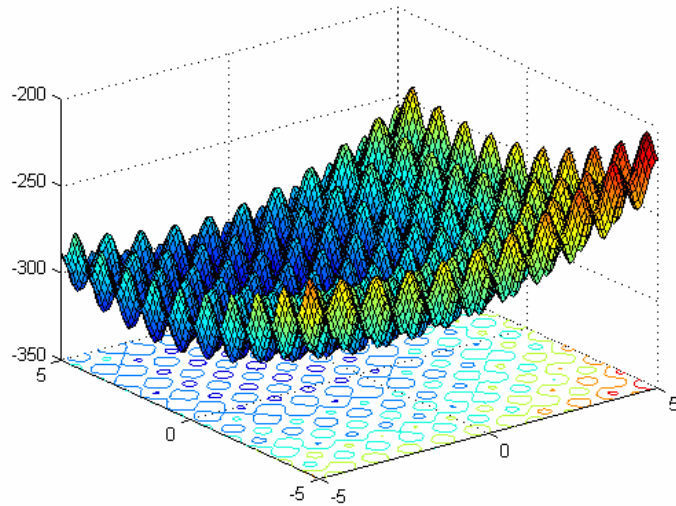
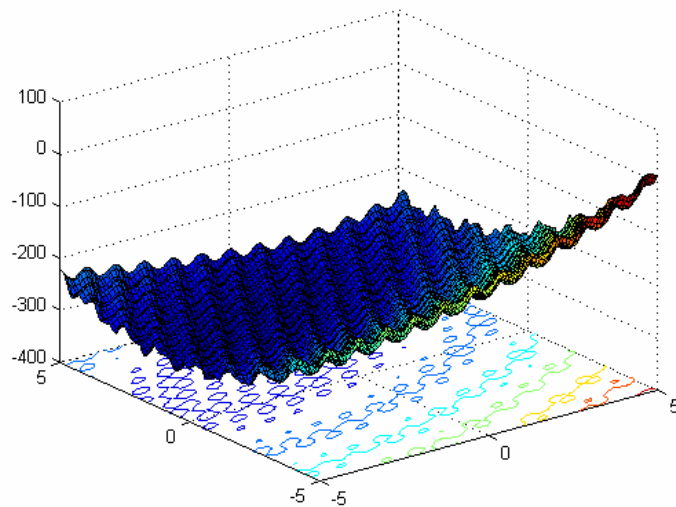
- Fichero asociado: `griewank_M_D30.txt`
Contenido: \mathbf{M} (matriz de 30×30 números reales). Usado para $n = 30$.

5. F_9 (Shifted Rastrigin's Function):

- $F_9(\mathbf{x}) = \sum_{i=1}^n (z_i^2 - 10 \cos(2\pi z_i) + 10) + f_{bias_9}, \mathbf{z} = \mathbf{x} - \mathbf{o}$
- $\mathbf{x} \in [I_L, I_D]^n = [-5, 5]^n$. Tamaño del intervalo de variación: $I = 10$.
- $f_{bias_9} = -330$.
- Propiedades: Multimodal, desplazada, separable, escalable y un alto número de óptimos locales.
- Fichero asociado: `rastrigin_func_data.txt`
Contenido: \mathbf{o} (vector de 100 números reales). Sólo se usan los n primeros valores del vector.

6. F_{10} (Shifted Rotated Rastrigin's Function):

- $F_{10}(\mathbf{x}) = \sum_{i=1}^n (z_i^2 - 10 \cos(2\pi z_i) + 10) + f_{bias_{10}}, \mathbf{z} = (\mathbf{x} - \mathbf{o}) * \mathbf{M}$
- \mathbf{M} es una matriz ortogonal.
- $\mathbf{x} \in [I_L, I_D]^n = [-5, 5]^n$. Tamaño del intervalo de variación: $I = 10$.

Figura 2.5: F_9 con $n = 2$ Figura 2.6: F_{10} con $n = 2$

- $f_{bias_{10}} = -330$.
- Propiedades: Multimodal, desplazada, separable, escalable y un alto número de óptimos locales.
- Fichero asociado: `rastrigin_func_data.txt`
Contenido: `o` (vector de 100 números reales). Sólo se usan los n primeros valores del

vector.

- Fichero asociado: `rastrigin_M_D30.txt`
Contenido: \mathbf{M} (matriz de 30×30 números reales). Usado para $n = 30$.

7. F_{11} (Shifted Rotated Weierstrass Function):

- $$F_{11}(\mathbf{x}) = \sum_{i=1}^n \left(\sum_{k=0}^{k_{max}} [a^k \cos(2\pi b^k (z_i + 0,5))] \right) - n \sum_{k=0}^{k_{max}} [a^k \cos(2\pi b^k \cdot 0,5)] + f_{bias_{11}}, a = 0,5, b = 3, k_{max} = 20, \mathbf{z} = (\mathbf{x} - \mathbf{o}) * \mathbf{M}$$
- \mathbf{M} es una matriz ortogonal.
- $\mathbf{x} \in [I_I, I_D]^n = [-0,5, 0,5]^n$. Tamaño del intervalo de variación: $I = 1$.
- $f_{bias_{11}} = 90$.

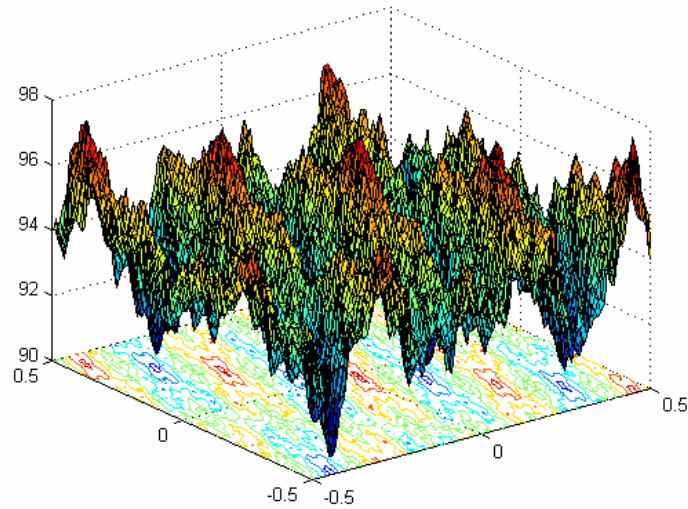


Figura 2.7: F_{11} con $n = 2$

- Propiedades: Multimodal, desplazada, rotada, no separable, escalable y continua pero diferenciable sólo en un conjunto de puntos.
- Fichero asociado: `weierstrass_data.txt`
Contenido: \mathbf{o} (vector de 100 números reales). Sólo se usan los n primeros valores del vector.
- Fichero asociado: `weierstrass_M_D30.txt`
Contenido: \mathbf{M} (matriz de 30×30 números reales). Usado para $n = 30$.

8. F_{12} (Schwefel's Problem 2.13):

$$\blacksquare F_{12}(\mathbf{x}) = \sum_{i=1}^n (A_i - B_i(x))^2 + f_{bias_{12}},$$

$$A_i = \sum_{j=1}^n (a_{ij} \sin o_j + b_{ij} \cos o_j), B_i(x) = \sum_{j=1}^n (a_{ij} \sin x_j + b_{ij} \cos x_j)$$

- \mathbf{a} y \mathbf{b} son dos matrices $n \times n$ de números enteros (a_{ij} y b_{ij}) generados aleatoriamente en el rango $[-100, 100]$.
- $\mathbf{x} \in [I_L, I_D]^n = [-\pi, \pi]^n$. Tamaño del intervalo de variación: $I = 2\pi$.
- $f_{bias_{12}} = -460$.

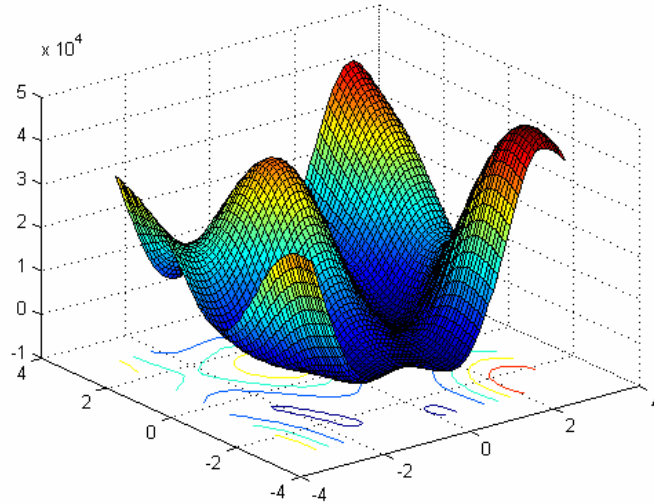


Figura 2.8: F_{12} con $n = 2$

- Propiedades: Multimodal, desplazada, no separable y escalable.
- Fichero asociado: `schwefel_213_data.txt`
Contenido: \mathbf{a} (matriz de 100×100 números enteros), \mathbf{b} (matriz de 100×100 números enteros), \mathbf{o} (vector de 100 números reales). Las líneas 1 a 100 contienen la matriz \mathbf{a} , las líneas 101 a 200 la matriz \mathbf{b} y la última línea el vector \mathbf{o} . Sólo se usan los $n \times n$ primeros valores de las matrices y los n primeros valores del vector.

9. F_{15} (Hybrid Composition Function):

$F_{1-2}(\mathbf{x})$: Rastrigin's Function

$$F_i(\mathbf{x}) = \sum_{i=1}^n (x_i^2 - 10 \cos(2\pi x_i) + 10)$$

$F_{3-4}(\mathbf{x})$: Weierstrass Function

$$F_i(\mathbf{x}) = \sum_{i=1}^n \left(\sum_{k=0}^{k_{max}} [a^k \cos(2\pi b^k (z_i + 0,5))] \right) - n \sum_{k=0}^{k_{max}} [a^k \cos(2\pi b^k \cdot 0,5)], a = 0,5, b = 3, k_{max} = 20$$

$F_{5-6}(\mathbf{x})$: Griewank's Function

$$F_i(\mathbf{x}) = \sum_{i=1}^n \frac{x_i^2}{4000} - \prod_{i=1}^n \cos\left(\frac{x_i}{\sqrt{i}}\right) + 1$$

$F_{7-8}(\mathbf{x})$: Ackley's Function

$$F_i(\mathbf{x}) = -20 \exp\left(-0,2 \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i^2}\right) - \exp\left(\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \cos(2\pi x_i)\right) + 20 + e$$

$F_{9-10}(\mathbf{x})$: Sphere Function

$$F_i(\mathbf{x}) = \sum_{i=1}^n x^2$$

- $F_{15}(\mathbf{x})$ es una función compuesta a partir de las anteriores que hereda sus propiedades.
- \mathbf{M}_i son matrices identidad.
- $\mathbf{x} \in [I_I, I_D]^n = [-5, 5]^n$. Tamaño del intervalo de variación: $I = 10$.
- $f_{bias_{15}} = 120$.

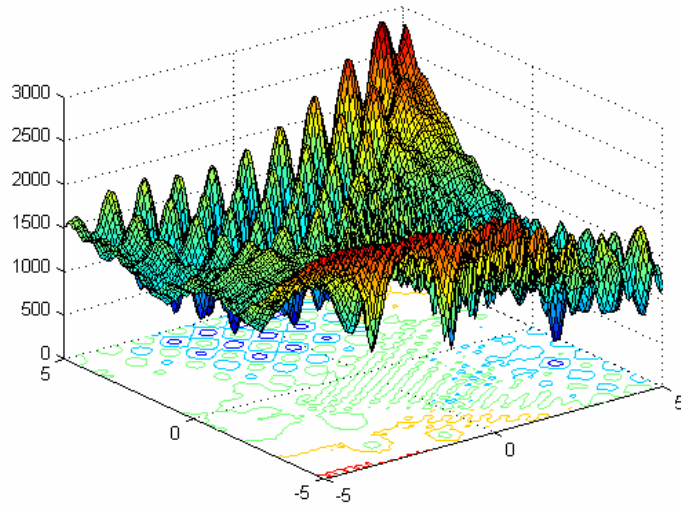


Figura 2.9: F_{15} con $n = 2$

- Propiedades: Multimodal, separable cerca del óptimo global, escalable, un alto número de óptimos locales, las distintas propiedades de las funciones están presentes y las Funciones Sphere dan dos áreas planas para la función.
- Fichero asociado: `hybrid_func1_data.txt`
 Contenido: **o** (vector de 10*100 números reales para las 10 funciones). Sólo se usan los n primeros valores de los vectores.

La implementación en C++, Java o Matlab de estas funciones (incluyendo los ficheros de texto necesarios) se puede encontrar en la página web de algoritmos evolutivos y otras metaheurísticas para optimización continua (<http://sci2s.ugr.es/EAMHCO/>, apartado 8).

Todas las funciones son para minimización. En todos los casos, se incluye el vector **o** en la expresión de la función con la intención de desplazar el óptimo del origen. De esa forma, se evitan simetrías y óptimos centrados, con lo cual no se favorece a procesos de búsqueda que aprovechen estas características. Por otro lado, el valor de las funciones también está trasladado del origen para considerar valores positivos y negativos, y hacer el proceso de búsqueda más genérico. Por tanto, aunque la expresión original de las funciones tendría el óptimo en el vector $(0, \dots, 0)$ con un valor de 0, después de las traslaciones el óptimo estará en el vector **o** y tendrá un valor f_{bias} . Es decir, $f(\mathbf{o}) = f_{bias}$ y $\forall x_i \in I_i, x_i \neq o_i, f(\mathbf{x}) > f(\mathbf{o})$.

El valor de f_{bias} está expresado para cada función. El vector **o** fue generado aleatoriamente para cada función y guardado en un fichero de texto. Estos ficheros contienen 100 números reales. Como se puede comprobar en la implementación que se aporta, en cada función se leen los n (número de variables) primeros valores del fichero correspondiente para inicializar el vector **o**. En algunos casos también se incluyen matrices auxiliares. Basta con acceder a estos ficheros para conocer la ubicación del óptimo.

Por supuesto, esta información no debe emplearse en el proceso de búsqueda, pero puede ser útil para completar el análisis de comportamiento de los algoritmos. Por ejemplo, puede detectarse si se ha caído en un óptimo local en caso de que el valor de la función objetivo de la solución obtenida sea cercano al valor óptimo (f_{bias}) pero la distancia euclídea de dicha solución a la solución óptima (o**) no.**

3. Error Acumulado

Algunas medidas de tests consideran únicamente la posición relativa de cada algoritmo, y no los valores de error concretos (o su valor para la función objetivo). Dado que ésta es una información muy interesante, calcularemos el error acumulado (EAc) de cada algoritmo. El EAc es una medida que combina los diferentes errores relativos para cada función, y que permite identificar los algoritmos más robustos. El EAc se calcula mediante las Ecuaciones 2.1, 2.2 y 2.3.

$$EAc(Alg_i) = \sum_{fun=1}^{N_{Fun}} RE(Alg_i, fun) \quad (2.1)$$

$$RE(Alg_i, fun) = \begin{cases} 0 & \text{si } \nabla E_{fun} = 0 \\ \frac{E(Alg_i, fun)}{\nabla E_{fun}} & \text{si } \nabla E_{fun} > 0 \end{cases} \quad (2.2)$$

$$\nabla E_{fun} = \max(0, E_{Max}(fun) - 10^{-8}) \quad (2.3)$$

donde $E_{Max}(fun) \geq E(Alg_i, fun) \forall fun = 1, \dots, N_{Fun}, \forall i = 1, \dots, NumAlgoritmos$. Y con $E(Alg_i, fun) = F_{fun}(\mathbf{x}^{Alg_i}) - f_{bias_{fun}}$ representando el error del algoritmo i en la función F_{fun} .

Este valor es mostrado gráficamente utilizando un diagrama de barra en el que las columnas son los algoritmos comparados y las alturas son los EAc de cada algoritmo. La Figura 2.10 muestra los errores acumulados en un ejemplo con 5 algoritmos. Muestra cómo A1 posee el menor error acumulado, y no existen diferencias apreciables en los errores de A2 y A3.

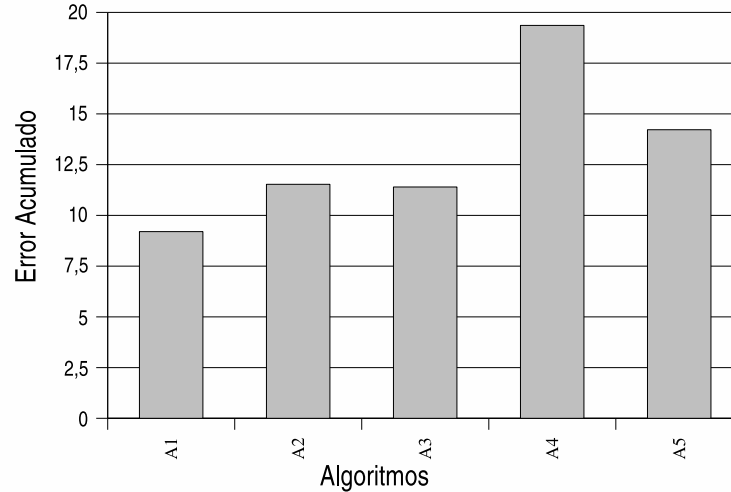


Figura 2.10: Ejemplo de Errores Acumulados

4. Algoritmos Disponibles y Modalidades de Realización de la Práctica

Los códigos de los algoritmos están disponibles en la página web de algoritmos evolutivos y otras metaheurísticas para optimización continua (<http://sci2s.ugr.es/EAMHCO/>, apartado 6). No obstante deben ser analizados por el alumno, para describirlos adecuadamente, para saber cómo ejecutarlos correctamente, para modificarlos si fuese necesario incluirles las funciones del CEC'05 y para que cumplan con lo indicado en este guión. Es tarea del alumno entender cómo funcionan los algoritmos, determinar los parámetros de entrada de los mismos y así como

adaptar los códigos disponibles de las distintas técnicas si no cumplen con lo que requiere la práctica.

En la web se dispone de los siguientes algoritmos:

- Básicos: GGA, SSGA, PSO, DE, Bee Colony, CFO, Scatter Search.
- Avanzados: CHC, CMA-ES, MA-CMA-Chains, SADE, G3PCX.

Como se ha comentado al principio **existen dos modalidades para realizar la práctica. Ambas son excluyentes, es decir, o bien se hace A o bien se hace B.** Las modalidades son:

- A. Seleccionar 3 Algoritmos básicos + 3 algoritmos avanzados respectivos. Se seleccionará por tanto un algoritmo avanzado por cada uno de los básicos pero utilizando la misma técnica del básico correspondiente.
- B. Seleccionar 2 Algoritmos básicos + 2 algoritmos avanzados respectivos + 2 algoritmos cualesquiera.

Esta parte (hacer A o hacer B) puntúa hasta 5.5 puntos incluyendo el análisis de resultados (que será una parte muy importante de la nota). A modo de ejemplo, en la tabla 2.1 se muestran algunas parejas de algoritmos válidas.

Tabla 2.1: Combinaciones válidas de algoritmos básicos y avanzados

| Básico | Avanzado |
|--------------------|---------------|
| GGA | G3PCX |
| DE (varios cruces) | SADE |
| SSGA | MA-CMA-Chains |
| GGA | CHC |

Por otro lado, se podrá implementar un modelo original diseñado por el alumno. La implementación, descripción y análisis de resultados de este modelo permitirá optar a 1 punto adicional. Si los resultados son mejores que los obtenidos por los algoritmos *DE binario*, *DE exponencial* y *CHC*, se tendrá un segundo punto adicional. Esto implica ejecutar también estos tres algoritmos al igual que el resto, o tenerlos seleccionados como parte de la modalidad A o B.

5. Algunos Aspectos Comunes a todos los Algoritmos

En todos los algoritmos de esta práctica, la solución se codifica mediante un vector real de tamaño n , siendo n el número de variables reales a optimizar. En esta práctica consideraremos

un único tamaño, $n = 30$. Cada valor de dicho vector será un número real que tomará un valor dentro de un intervalo dependiendo del dominio de la variable correspondiente en la función con la que estemos trabajando. Estos intervalos pueden consultarse en la sección 2.

En todos los algoritmos de esta práctica, el criterio de parada será alcanzar un número máximo de evaluaciones (es decir, número de soluciones generadas y, por tanto, evaluadas mediante la función objetivo) o alcanzar el óptimo. El número máximo de evaluaciones será $10000n$ (es decir, **300.000**). **Se entenderá que se alcanza el óptimo cuando la diferencia entre el valor objetivo de la mejor solución y de la solución óptima sea inferior a 10^{-8}** (los valores óptimos corresponden con f_{bias} y se pueden consultar para cada función en la sección 2).

Cada algoritmo se ejecutará **20 veces** en cada instancia del problema. Para ello, se **definirá a mano** (no calculada a partir del tiempo de la máquina o inicializaciones similares) **un valor de la semilla para la secuencia pseudoaleatoria que será distinta en cada ejecución**. Todos los algoritmos compartirán las mismas semillas si es posible (que tendrán que ser adaptadas cuando sea necesario si el algoritmo trabaja con tipos de datos distintos). Por tanto, la semilla S_1 se utilizará en la ejecución 1 de todos los algoritmos, la semilla S_2 en la ejecución dos, y así sucesivamente.

6. Resultados

La experimentación consistirá en probar el comportamiento de los algoritmos descritos sobre las 9 funciones para dimensión $n = 30$. Dado que tenemos 6 algoritmos distintos, cada uno se ejecuta 20 veces y se resuelven 9 problemas, el número total de ejecuciones será 1080 (no obstante, las distintas ejecuciones son particularmente rápidas).

Hay que obtener varias tablas de resultados con información sobre las soluciones encontradas por los algoritmos ejecutados. Para cada algoritmo se obtendrá una tabla con la misma estructura que la tabla 2.2 (dichas tablas se incluirán en un apéndice). En cada ejecución se indicará la **diferencia entre el valor de la función objetivo de la mejor solución encontrada por el algoritmo y el valor óptimo** (indicado para cada función en la sección 2). Además, se mostrarán el valor medio y la desviación típica de las distintas ejecuciones. En caso de que la diferencia entre la función de coste y el valor óptimo (tanto en las ejecuciones como en la media) sea inferior o igual a 10^{-8} , se mostrará la palabra **óptimo**.

Una vez obtenidas las tablas individuales, se diseñarán dos tablas globales a partir de éstas, que nos permitan hacer la comparativa de resultados. Una para las 5 primeras funciones (tabla 2.3) y la otra para las 4 restantes (tabla 2.4). En estas tablas se incluyen los valores obtenidos por los tres mejores algoritmos del CEC'05 y los algoritmos más representativos de la comparativa del MAEB'09, que servirán de orientación sobre los resultados obtenidos y que se tendrán en cuenta para el cálculo de los errores acumulados.

Para mayor comodidad al preparar la documentación, los resultados de dichos algoritmos están disponibles en un fichero *Excel* en la página web de algoritmos evolutivos y otras metaheurísticas para optimización continua (<http://sci2s.ugr.es/EAMHC0/>, apartado 8, "All results

Tabla 2.2: Resultados del Algoritmo X para $n = 30$

| | F_2 | F_3 | F_6 | F_7 | F_9 | F_{10} | F_{11} | F_{12} | F_{15} |
|---------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|----------|----------|----------|----------|
| Ejecución 1 | x | x | x | x | x | x | x | x | x |
| Ejecución 2 | x | x | x | x | x | x | x | x | x |
| ... | | | | | | | | | |
| Ejecución 20 | x | x | x | x | x | x | x | x | x |
| Media | x | x | x | x | x | x | x | x | x |
| Desv. típica (σ) | x | x | x | x | x | x | x | x | x |

(Excel file)", D30), junto con los resultados de otros algoritmos. Además, deberán mostrarse los errores acumulados de todos los algoritmos utilizados junto con los errores acumulados de los algoritmos de comparación. Para ello sólo hay que completar las columnas de la tabla correspondiente dentro del documento *Excel*, calcular los errores acumulados y crear la figura para que muestre los valores de todos los algoritmos.

Tabla 2.3: Resultados Medios para F_2 , F_3 y F_6 (funciones unimodales), y para F_7 y F_9 (multimodales)

| | F_2 | F_3 | F_6 | F_7 | F_9 |
|--|-----------|-----------|----------|----------|----------|
| Resultados de los tres mejores algoritmos del CEC'05 | | | | | |
| GCMAES | óptimo | óptimo | óptimo | óptimo | 9,38E-01 |
| DE | 3,33E-002 | 6,92E+005 | 2,51E+01 | 2,96E-03 | 1,85E+01 |
| KPCX | óptimo | 5,79E+001 | 1,75E+00 | 1,50E-02 | 2,79E-01 |
| Resultados de la comparativa del MAEB'09 | | | | | |
| DEPSO | - | - | 1,75E+00 | 1,34E-02 | 2,49E+01 |
| MALSCchainCMAES | - | - | 1,19E+01 | 8,87E-04 | óptimo |
| STS | - | - | 4,78E+01 | 9,78E-01 | 9,37E-02 |
| ALG1 | x | x | x | x | x |
| ALG2 | x | x | x | x | x |
| ALG3 | x | x | x | x | x |
| ALG4 | x | x | x | x | x |
| ALG5 | x | x | x | x | x |
| ALG6 | x | x | x | x | x |

(-) No disponible

Para los distintos análisis se deben utilizar todo tipo de herramientas que ayuden a entender mejor los resultados: tablas, gráficas, etc. **Importante:** Aparte del análisis de resultados global, se incluirán las siguientes dos secciones para analizar los resultados:

Tabla 2.4: Resultados Medios para F_{10} , F_{11} , F_{12} y F_{15} (multimodales)

| | F_{10} | F_{11} | F_{12} | F_{15} |
|-----------|--|-----------|-----------|-----------|
| | Resultados de los tres mejores algoritmos del CEC'05 | | | |
| GCMAS | 1,65E+00 | 5.48 | 4.43E+004 | 2.08E+002 |
| DE | 9,69E+01 | 3.42E+001 | 2.75E+003 | 3.60E+002 |
| KPCX | 5,17E-01 | 2.95E+001 | 1.68E+003 | 8.76E+002 |
| | Resultados de la comparativa del MAEB'09 | | | |
| DEPSO | 1,64E+02 | 2.06E+01 | 3.30E+03 | 2.90E+02 |
| MALSCMAES | 1,84E+01 | 4.35E+000 | 7.69E+002 | 3.08E+002 |
| STS | 6,95E+01 | 1.69E+1 | 1.29E+0 | 5.73E-2 |
| ALG1 | x | x | x | x |
| ALG2 | x | x | x | x |
| ALG3 | x | x | x | x |
| ALG4 | x | x | x | x |
| ALG5 | x | x | x | x |
| ALG6 | x | x | x | x |

- Una comparativa de los métodos básicos con sus respectivos avanzados.
- Una comparativa de métodos básicos entre sí y de los avanzados entre sí.

En el caso de implementar un modelo original diseñado por el alumno debe incluirse una sección para analizar su comportamiento. Debe crearse una tabla como la tabla 2.2 de resultados parciales (que se incluirá en un apéndice junto con el resto de tablas parciales) y deben crearse dos tablas como la tabla 2.3 y la tabla 2.4 para incluir una única fila (la que contenga los resultados del algoritmo propuesto). Adicionalmente, si se quiere optar al segundo punto adicional habrá que incluir tres filas más con los resultados de *DE binaria*, *DE exponencial* y de *CHC* (a los que hay que ganar para optar a dicho punto). Esto implica ejecutar también estos tres algoritmos al igual que el resto.

7. Documentación a Entregar

La documentación de la práctica deberá incluir, al menos, el siguiente contenido:

1. Portada con el título de la práctica, curso académico, nombre y dirección e-mail del alumno, y grupo, horario y nombre del profesor de prácticas.
2. Índice de la documentación incluyendo la numeración de las páginas.
3. **Breve** descripción y formulación del problema (**máximo 2 páginas**): ¿en qué consiste?, ¿para qué sirve?

4. **Breve** descripción de la aplicación de los algoritmos al problema (**máximo 2 páginas**). Aspectos como: representación, función objetivo, operadores comunes, etc.
5. Descripción en **pseudocódigo** de todas aquellas operaciones relevantes de cada algoritmo: esquema de evolución seguido, operadores genéticos, etc. La descripción de cada algoritmo no podrá ocupar más de **3 páginas**.
6. Experimentos y análisis de resultados.
 - a) Valores de los parámetros considerados en las ejecuciones de cada algoritmo explicando las decisiones tomadas al respecto (**incluyendo las semillas utilizadas**).
 - b) Resultados obtenidos según el formato especificado.
 - c) Análisis de resultados. El análisis deberá estar orientado a **justificar** (según el comportamiento de cada algoritmo) **los resultados** obtenidos en lugar de realizar una mera “lectura” de las tablas. Se valorará la inclusión de otros elementos de análisis tales como cálculo de la distancia a la solución óptima, gráficas de convergencia (tanto del error como de la distancia al óptimo), comparación basada en la posición de cada algoritmo en la tabla de resultados, comparación basada en la acumulación de errores normalizados en las distintas funciones, etc. Deben realizarse los siguientes estudios:
 - Métodos básicos vs respectivos avanzados
 - Métodos básicos entre sí.
 - Métodos avanzados entre sí.
 - Método original desarrollado por el alumno (en caso de hacerse).
 - Análisis global.
7. Apéndice con las tablas de resultados parciales.
8. Referencias bibliográficas, si procede.
9. Breve manual de usuario describiendo cómo ejecutar el *software*.

Para mayor claridad de la documentación, se recomienda comenzar cada sección o descripción en una página nueva. Superar el máximo de páginas establecido para cada sección/descripción o emplear un formato ilegible podrá influir negativamente (hasta en un 50 %) en la evaluación final de la práctica. En caso de que el comportamiento del algoritmo en la versión implementada no coincida con la descripción en pseudo-código, se podrá reducir hasta en un 50 % la calificación del algoritmo correspondiente.

8. Componentes de la Práctica

- **Documentación:** La documentación será impresa e incluirá como mínimo las secciones indicadas en el apartado anterior. Aunque lo esencial es el contenido, también debe cuidarse la presentación y la redacción. **No se requiere listado del código fuente.**
- **Implementación:** Las implementaciones facilitadas pueden encontrarse en distintos lenguajes (todos ellos están permitidos). Igualmente si se implementa un algoritmo original (para optar a los puntos adicionales) podrá ser implementado en cualquiera de esos lenguajes (C, C++, Java o incluso Matlab).

Se entregará un disco que contenga el código fuente y una versión ejecutable de los programas. Los fuentes se organizarán en la estructura de directorios que sea necesaria y que deberá colgar del directorio FUENTES en el raíz. Junto con los fuentes hay que incluir los ficheros necesarios para construir los ejecutables, (por ejemplo, los ficheros proyecto *.prj o el fichero makefile). La versión ejecutable de los programas junto con los ficheros necesarios para ejecutarlos en las distintas instancias se incluirán en un subdirectorio del raíz de nombre BIN. En este mismo directorio se adjuntará un pequeño fichero de texto de nombre LEEME que contendrá breves reseñas sobre cada fichero incluido en el directorio, es decir, indicará a qué instancia corresponde cada fichero de entrada y a qué programa corresponde cada fichero ejecutable.

Es importante que los programas puedan leer los valores de los parámetros de los algoritmos desde fichero, es decir, que no tengan que ser recompilados para cambiar éstos ante una nueva ejecución. Igualmente, la semilla que inicializa la secuencia pseudoaleatoria deberá poder especificarse como un parámetro más, y deberán emplearse los mismos valores (una semilla por ejecución) en todos los algoritmos.

La práctica se entregará en dos formatos distintos:

- **En formato electrónico a través de la web del departamento CCIA.** Se subirá un fichero zip que incluya un pdf con la documentación y los ficheros mencionados.
- **En formato impreso entregado en mano al profesor/a de prácticas.** Se le proporcionará una copia impresa de la documentación y un CD-ROM con los ficheros. Los discos irán etiquetados con la misma información descrita para la portada de la documentación y deberán estar pegados de algún modo a la documentación, no sueltos.