

A la memoria de mi abuela

Agradecimientos

Me gustaría aprovechar estas páginas para expresar mi más sincero agradecimiento a varias personas que han contribuido de un modo u otro a que yo haya llegado hasta aquí.

De forma muy especial le quiero dar las gracias a mis padres por su ayuda incondicional y por haber sido siempre un ejemplo para mí. A todos mis hermanos por haberme ayudado a *crecer*. Gracias Antonio por ser un excelente espejo en el que mirarse; gracias Elena por haber cuidado de mí (y a ti David, por tantos viajes de aquí para allá).

También me gustaría mostrar mi satisfacción por haber tenido la suerte de conocer a los que han sido mis compañeros durante todos estos años. De forma especial, quiero darte las gracias Isabel por estar siempre ahí.

Por último, le quiero dar las gracias a mi profesor y tutor Dr. Francisco Gordillo Álvarez por la ayuda prestada en la realización de este proyecto.

Índice

Capítulo 1: Introducción

| | |
|--|---|
| 1. OBJETIVO | 1 |
| 2. FUNCIONES DE LYAPUNOV | 2 |
| 2.1 Teoría de Lyapunov | 3 |
| 2.2 El Teorema de Lyapunov | 3 |
| 3. PROCEDIMIENTOS DE BÚSQUEDA | 4 |
| 3.1 Introducción a los Algoritmos Genéticos | 5 |
| 3.2 Métodos Tradicionales de Búsqueda y Optimización | 5 |

Capítulo 2: Algoritmos Genéticos

| | |
|--|----|
| 1. INTRODUCCIÓN HISTÓRICA | 8 |
| 2. ¿QUÉ ES UN ALGORITMO GENÉTICO? | 9 |
| 2.1 Conceptos Básicos | 10 |
| 2.1.1 El Esquema de Representación | 11 |
| 2.1.2 El Grado de Aptitud | 11 |
| 2.1.3 Parámetros de Control | 11 |
| 2.1.4 Criterio de Terminación y Producción de Resultados | 12 |
| 2.2 Funcionamiento | 12 |
| 2.3 Características Especiales | 15 |
| 3. OPERADORES GENÉTICOS | 16 |
| 3.1 La reproducción | 16 |
| 3.2 El Cruce Genético | 16 |
| 3.3 La Mutación | 18 |
| 4. MÉTODOS DE SELECCIÓN | 19 |
| 4.1 La rueda de Ruleta | 19 |
| 4.2 Selección por Torneo | 21 |
| 4.3 Basado en el Rango | 21 |
| 5. ESQUEMAS | 21 |
| 6. APLICACIONES | 22 |

Capítulo 3: Programación Genética

| | |
|---|----|
| 1. INTRODUCCIÓN | 24 |
| 2. FUNDAMENTOS | 25 |
| 2.1 Esquema de Representación de Individuos: El Árbol | 25 |
| 2.2 Pasos Preparativos | 26 |
| 3. LA APTITUD | 27 |
| 4. OPERADORES EN PROGRAMACIÓN GENÉTICA | 28 |
| 4.1 La reproducción | 29 |
| 4.2 El cruce | 30 |
| 4.3 La Mutación | 32 |
| 5. FUNCIONAMIENTO | 38 |

Capítulo 4: La Distribución Software lil-gp

| | |
|---|----|
| 1. INTRODUCCIÓN | 37 |
| 1.1 Características | 38 |
| 1.2 El Núcleo | 38 |
| 1.3 Especificación de Problemas | 39 |
| 1.4 Autor | 39 |
| 2. CONCEPTOS BÁSICOS | 39 |
| 2.1 Definiendo una Aplicación | 40 |
| 2.1.1 Condición de Cierre | 40 |
| 2.1.2 Un Ejemplo | 40 |
| 2.2 Tamaño de los Individuos | 41 |
| 2.3 Aptitud | 41 |
| 2.4 Población Inicial | 42 |
| 2.5 Selección | 43 |
| 2.6 Operadores | 44 |
| 3. PARÁMETROS | 44 |
| 3.1 Parámetros Generales | 45 |
| 3.2 Parámetros de Salida | 45 |
| 3.3 Límites de Tamaño | 46 |
| 3.4 Inicialización | 47 |
| 3.5 Métodos de Selección | 48 |
| 3.6 Breeding | 49 |
| 4. IMPLEMENTACIÓN DE UN PROBLEMA | 50 |
| 4.1 Definiciones Básicas | 50 |
| 4.2 Funciones y Terminales | 51 |

| | | |
|-------|-------------------------------------|----|
| 4.2.1 | Constantes Aleatorias o ERCs | 52 |
| 4.3 | Llamadas de Usuario | 53 |
| 4.3.1 | Definiendo el Conjunto de Funciones | 54 |
| 4.3.2 | Función de Evaluación de la Aptitud | 56 |
| 4.3.3 | Otras Llamadas de Usuario | 58 |
| 4.4 | Ejecución de lil-gp | 58 |

Capítulo 5: Búsqueda de Funciones de Lyapunov con lil-gp

| | | |
|--|--|----|
| 1. EL PROBLEMA | 60 | |
| 2. PRIMEROS PASOS | 61 | |
| 2.1 | Parámetros | 61 |
| 2.2 | Funciones y Terminales | 62 |
| 3. LA APTITUD | 63 | |
| 3.1 | La Derivada de $V(x)$ Respecto al Tiempo | 64 |
| 3.2 | Los Casos de Prueba | 64 |
| 3.3 | Cálculo de la Aptitud | 65 |
| 4. CRITERIO DE TERMINACIÓN Y PRODUCCIÓN DE RESULTADOS | 66 | |
| 5. PROBLEMAS PLANTEADOS | 67 | |
| 5.1 | Falsas Alarmas | 67 |
| 5.2 | El Tamaño de los Individuos | 69 |
| 5.3 | Expansión del Dominio | 69 |

Capítulo 6: Resultados Obtenidos

| | |
|--|----|
| 1. INTRODUCCIÓN | 72 |
| 2. SISTEMA POLINOMIAL SIMPLE | 73 |
| 3. PÉNDULO AMORTIGUADO | 76 |
| 4. SISTEMA QUE CONTIENE LA FUNCIÓN TANGENTE | 79 |
| 5. PÉNDULO INVERTIDO | 83 |
| 6. CONCLUSIONES Y FUTURAS LÍNEAS DE TRABAJO | 89 |

Apéndice A: Código Fuente del fichero app.c

| | |
|---|-----------|
| A.1 La función <code>app_build_function_set</code> | 92 |
| A.2 La función <code>app_eval_fitness</code> | 93 |
| A.3 La función <code>app_end_of_evaluation</code> | 95 |
| A.4 La función <code>app_initialize</code> y <code>app_uninitialize</code> | 97 |
| | |
| Referencias | 99 |