



UNIVERSIDAD  
DE  
CÓRDOBA



# Estudio preliminar del rendimiento de familias de algoritmos multiobjetivo en diseño arquitectónico

Aurora Ramírez, José Raúl Romero, Sebastián Ventura

Dpto. de Informática y Análisis Numérico. Universidad de Córdoba.

**Mérida, 04-06 de febrero de 2015**

X Congreso Español de  
Metaheurísticas, Algoritmos  
Evolutivos y Bioinspirados -  
MAEB 2015



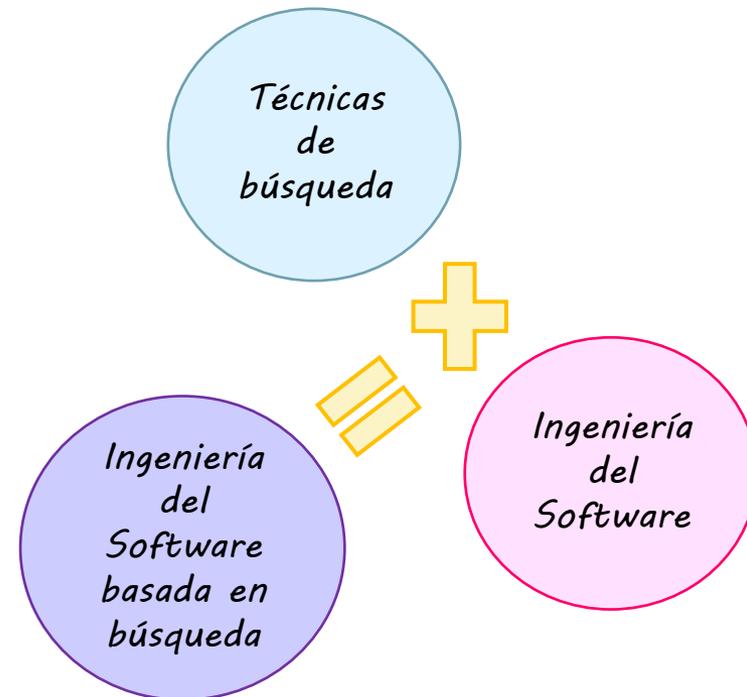
Search-Based  
Algorithm  
Bioinspired  
Development  
Analysis Computation  
Requirements Maintenance  
Evolutionary Tabu  
Software Design  
Genetic Intelligence  
PSO  
Programming  
Metaheuristics  
Engineering ACO  
Artificial Testing  
Multiobjective  
Optimization

## Índice de contenido

1. Introducción
2. Algoritmos  
multiobjetivo
3. Descripción del  
problema
4. Estudio  
experimental
5. Conclusiones

# Introducción

- Optimización **multiobjetivo** para procesos de toma de decisiones
  - Algoritmos evolutivos multiobjetivo (MOEAs)
  - Habitualmente manejan 2 objetivos
- Ingeniería del Software **basada en búsqueda** (SBSE)
  - Múltiples conceptos asociados a criterios de calidad del software
  - Especial dificultad en las fases de análisis y diseño



# Introducción

- Resolución de problemas de **muchos objetivos**
  - Técnicas clásicas de dominancia y diversidad pierden su eficacia
  - Nuevos enfoques: descomposición, indicadores, puntos de referencia...
  - Principalmente testados en problemas de optimización real
- Algoritmos evolutivos + SBSE + muchos objetivos
  - Aplicación de algoritmos clásicos o variantes
  - Pocos trabajos con más de 3-4 objetivos

## *Estudio de MOEAs en diseño arquitectónico*

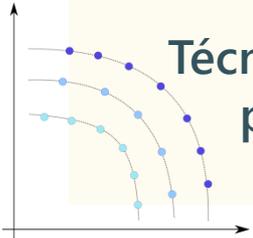
- ✓ Comparativa de 4 familias
- ✓ Descubrimiento de arquitecturas software
- ✓ Hasta 6 objetivos

# Algoritmos multiobjetivo

## NSGA-II

Criterio clásico de dominancia

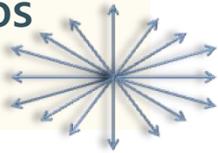
Técnica complementaria para preservar la diversidad



## MOEA/D

Descomposición del problema de optimización

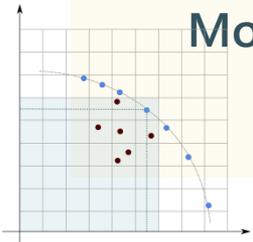
Asociación entre individuos y subproblemas



## $\epsilon$ -MOEA

Partición del espacio de búsqueda

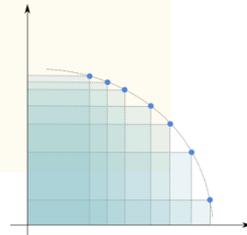
Modificación del criterio de dominancia



## HypE

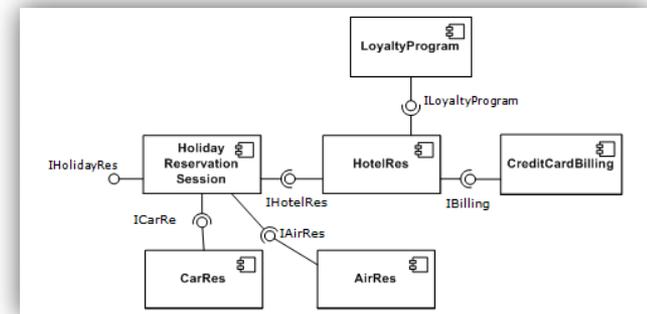
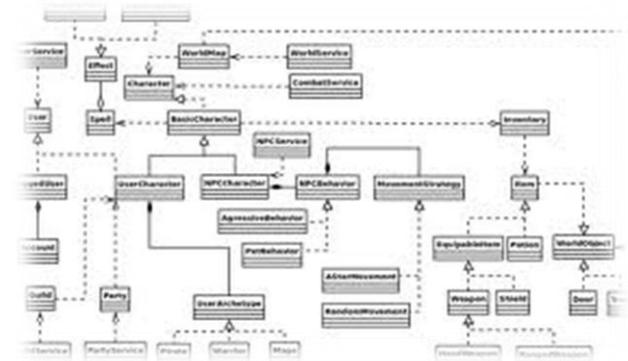
Guiado por un indicador de calidad (hypervolume)

Estimación del valor atribuible al individuo



# Descripción del problema

- Descubrimiento de **arquitecturas software** basadas en componentes:
  - **Componente:** grupo de clases relacionadas
  - **Interfaz:** relaciones entre clases alojadas en distintos componentes
  - **Conector:** enlace entre una interfaz requerida y una interfaz proveída
- Guiado por **requisitos no funcionales**
- Problema altamente **combinatorio**
  - No existe una estructura predefinida
  - Variedad de estilos arquitectónicos

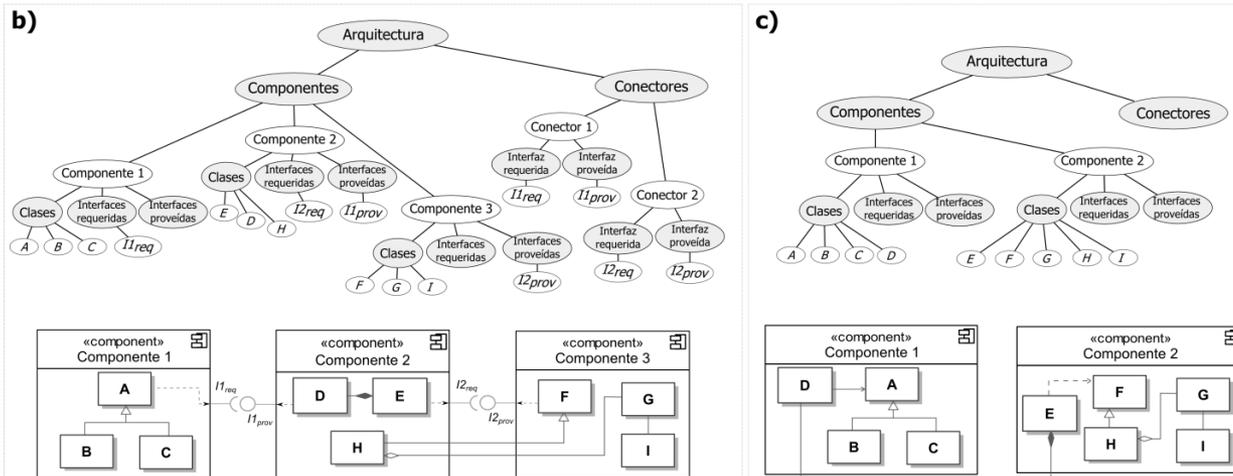
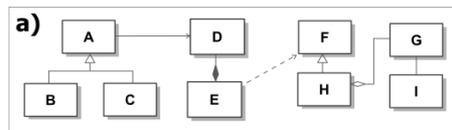


# Descripción del problema

## Inicialización y restricciones

1. Distribución aleatoria de clases
  - ✓ Componentes no vacíos, clases no replicadas
2. Asignación de interfaces y conectores
  - ✗ Componentes aislados o mutuamente dependientes

## Genotipo y fenotipo



## Mutación

- Añadir un componente
- Eliminar un componente
- Unir dos componentes
- Dividir un componente
- Mover una clase

# Descripción del problema

## Seis objetivos basados en la modularidad y la reutilización

- Intra-modular Coupling Density (ICD)  $ICD_i = \frac{\#classes_i - \#classes_i}{\#classes_i} \cdot \frac{CI_i^{in}}{CI_i^{in} + CI_i^{out}}$   $ICD = \frac{1}{n} \cdot \sum_{i=1}^n ICD_i$
- External Relations Penalty (ERP)  $ERP = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n [w_{as} \cdot n_{as_{ij}} + w_{ag} \cdot n_{ag_{ij}} + w_{co} \cdot n_{co_{ij}} + w_{ge} \cdot n_{ge_{ij}}]$
- Groups/Components Ratio (GCR)  $GCR = \frac{\#cgroups}{\#components}$
- Critical Size (CS)  $CC_i = \begin{cases} 1 & \text{if } size(i) > threshold \\ 0 & \text{otherwise} \end{cases}$   $CS = \sum_{i=1}^n CC_i$
- Instability (Ins)  $Ins_i = \frac{EC_i}{EC_i + AC_i}$   $Ins = \frac{1}{n} \cdot \sum_{i=1}^n Ins_i$
- Encapsulation (Enc)  $Enc_i = \frac{\#inner_{classes}}{\#total_{classes}}$   $Enc = \frac{1}{n} \cdot \sum_{i=1}^n Enc_i$

# Estudio experimental



- 30 ejecuciones aleatorias
- Combinaciones de 2, 4 y 6 objetivos
- Indicadores de calidad:
  - Hypervolume (HV)
  - Spacing (S)
- Tests de Friedman y Holm
- 6 diseños software (XMI)

Instancia	#C	#Relaciones					#I
		A	D	Ag	C	G	
Aqualush	58	69	6	0	0	20	74
Datapro4j	59	3	4	3	2	49	12
Java2html	53	20	66	15	0	15	170
JSapar	46	7	33	21	9	19	80
Marvin	32	5	11	22	5	8	28
Nekohtml	47	6	17	15	18	17	46

<i>Parámetros comunes</i>	
Tamaño de la población	100, 120, 126
Máx. evaluaciones	10.000, 15.000, 20.000
Min-Máx. componentes	2-8
Pesos del mutador	$w_{add} = 0, 20, w_{remove} = 0, 30, w_{merge} = 0, 20$ $w_{split} = 0, 10, w_{move} = 0, 20$
Pesos de la medida ERP	$w_{as} = 2, 00, w_{ag} = 3, 00, w_{co} = 3, 00, w_{ge} = 5, 00$
Umbral de la medida CS	0,30
<i>Parámetros de MOEA/D</i>	
Tamaño de vecindad ( $\tau$ )	8,00
Máx. reemplazos ( $Nr$ )	2,00
H	99,7,4
<i>Parámetros de <math>\epsilon</math>-MOEA</i>	
Valores $\epsilon$	$\epsilon_{icd} = 0, 05, \epsilon_{erp} = 5, 00, \epsilon_{gcr} = 0, 10$ $\epsilon_{cs} = 1, 00, \epsilon_{ins} = 0, 05, \epsilon_{enc} = 0, 05$
<i>Parámetros de HypE</i>	
Número de muestras ( $M$ )	10.000

# Estudio experimental

<i>Objetivos</i>	NSGA-II		MOEA/D		$\epsilon$ -MOEA		HypE	
	HV	S	HV	S	HV	S	HV	S
icd-erp	1.17	3.17	3.67	1.33	2.00	2.33	3.17	3.17
icd-gcr	1.50	2.67	3.67	1.33	2.00	3.83	2.83	2.17
icd-ins	2.17	1.67	4.00	2.17	1.67	4.00	2.17	2.17
icd-cs	2.33	1.50	3.67	1.83	2.50	3.83	1.50	2.83
icd-enc	1.00	2.67	2.67	1.17	3.33	4.00	3.00	2.17
erp-gcr	2.00	2.75	3.25	1.75	2.58	2.92	2.17	2.58
erp-ins	1.50	1.83	3.67	2.67	1.83	3.25	3.00	2.25
erp-cs	1.00	2.33	3.75	1.83	3.25	3.83	2.00	2.00
erp-enc	1.00	2.33	3.50	2.50	2.67	2.17	2.83	3.00
gcr-ins	2.00	2.00	4.00	2.50	2.00	3.83	2.00	1.67
gcr-cs	1.08	2.58	3.75	2.08	3.25	3.75	1.92	1.58
gcr-enc	1.00	2.83	3.75	2.75	2.42	2.42	2.83	2.00
ins-cs	1.33	2.42	3.42	2.00	3.42	3.50	1.83	2.08
ins-enc	1.00	2.50	3.58	1.42	3.42	3.58	2.00	2.50
cs-enc	1.67	2.00	3.17	2.67	2.33	2.00	2.83	3.33

*Resultados para combinaciones de 2 objetivos*

# Estudio experimental

<i>Objetivos</i>	NSGA-II		MOEA/D		$\epsilon$ -MOEA		HypE	
	HV	S	HV	S	HV	S	HV	S
icd-erp-gcr-ins	1.50	4.00	3.33	1.00	1.50	2.33	3.67	2.67
icd-erp-gcr-cs	1.00	3.83	3.00	1.50	2.83	1.83	3.17	2.83
icd-erp-gcr-enc	1.00	3.50	3.17	1.83	2.00	2.17	3.83	2.50
icd-erp-ins-cs	1.17	3.33	3.00	2.00	3.83	1.00	2.00	3.67
icd-erp-ins-enc	1.50	3.50	3.33	1.83	1.50	1.17	3.67	3.50
icd-erp-cs-enc	1.00	3.17	2.67	2.00	3.67	1.50	2.67	3.33
icd-gcr-ins-cs	1.17	3.17	3.83	1.17	2.67	1.83	2.33	3.83
icd-gcr-ins-enc	1.33	3.66	3.67	1.67	1.67	1.50	3.33	3.17
icd-gcr-cs-enc	1.33	3.50	3.50	2.00	3.50	1.17	1.67	3.33
icd-ins-cs-enc	1.67	3.83	3.83	2.00	3.17	1.00	1.33	3.17
erp-gcr-ins-cs	1.00	3.50	3.92	1.83	2.75	2.50	2.33	2.17
erp-gcr-ins-enc	1.00	3.67	3.67	1.83	2.00	2.33	3.33	2.17
erp-gcr-cs-enc	1.00	3.67	3.92	1.83	2.92	1.83	2.17	2.67
erp-ins-cs-enc	1.00	2.83	3.92	1.83	2.92	1.83	2.17	3.50
gcr-ins-cs-enc	1.00	2.83	3.92	2.50	2.92	1.33	2.17	3.33

*Resultados para combinaciones de 4 objetivos*

# Estudio experimental

<i>Objetivos</i>	NSGA-II		MOEA/D		$\epsilon$ -MOEA		HypE	
	HV	S	HV	S	HV	S	HV	S
icd-erp-gcr-ins-cs-enc	2.33	1.67	3.17	2.33	1.33	2.67	3.17	3.33

*Resultados para la combinación de 6 objetivos*

- Influencia de las **medidas seleccionadas** como objetivos
  - Grado de dificultad del problema de optimización
  - Tipos de soluciones arquitectónicas generadas

# Estudio experimental

## NSGA-II

- 👍 Buena escalabilidad
- 👍 Bajo coste computacional
- 👎 Muchas soluciones

## MOEA/D

- 👍 Diversidad de soluciones
- 👎 Múltiples direcciones búsqueda
- 👎 Manejo de restricciones

## $\epsilon$ -MOEA

- 👍 Convergencia y diversidad
- 👍 Menor número de soluciones
- 👎 Configuración y t. ejecución

## HypE

- 👍 Compromiso entre objetivos
- 👍 N° intermedio de soluciones
- 👎 Alto coste computacional

# Conclusiones

- Estudio de **algoritmos evolutivos multiobjetivo** en SBSE
  - En el marco del diseño arquitectónico
  - Análisis de escalabilidad (hasta 6 objetivos)
  - Alternativas interesantes y poco exploradas en SBSE
- Trabajo futuro
  - Considerar otras familias de algoritmos
  - Incremento del número de objetivos
  - Otras tareas en diseño de software





UNIVERSIDAD  
DE  
CÓRDOBA



# Estudio preliminar del rendimiento de familias de algoritmos multiobjetivo en diseño arquitectónico

*Muchas Gracias*

Aurora Ramírez, José Raúl Romero, Sebastián Ventura

Dpto. de Informática y Análisis Numérico. Universidad de Córdoba.

**Mérida, 04-06 de febrero de 2015**

X Congreso Español de  
Metaheurísticas, Algoritmos  
Evolutivos y Bioinspirados -  
MAEB 2015

