



CIMAT

CENTRO DE INVESTIGACIÓN EN MATEMÁTICAS

**Escuela de Modelación y Métodos Numéricos
Gestión de Diversidad en Cómputo Evolutivo -
Problemas de Alta Dimensionalidad**

Carlos Segura González

- Miércoles 24 de junio de 2015 -

Índice

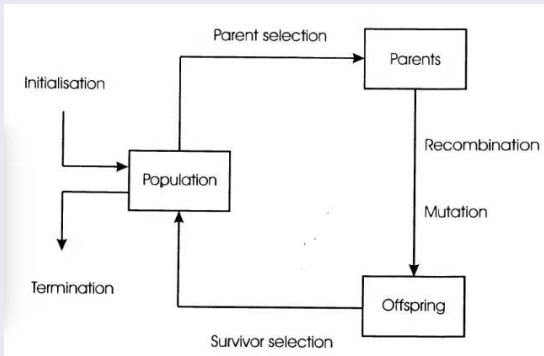
- 1 Algoritmos Evolutivos
- 2 Esquema de gestión de diversidad
- 3 Aplicaciones
- 4 Conclusiones

Índice

- 1 Algoritmos Evolutivos
- 2 Esquema de gestión de diversidad
- 3 Aplicaciones
- 4 Conclusiones

Esquema algorítmico

Versiones Modernas



Convergencia prematura

- Una de las características principales: población.
- Comportamiento ideal: pérdida paulatina de la diversidad.
- Uno de los problemas más comunes en EAs es el de convergencia prematura.
- Se produce si todos los individuos se centran rápidamente en una zona del espacio de búsqueda.
- Se han propuesto muchas formas para paliar este problema
 - Modificación de diferentes fases
 - Gestión explícita vs. implícita
 - Esquemas de reinicio: distintas variantes (random immigrants, reinicio por bloqueo).
- En los meméticos el problema es más grave.

Gestión de diversidad - Selección (I)

- Especialmente en los 90, el trabajo se enfocó en la selección de padres.
- Algunos métodos de selección
 - Fitness Proportional Selection: implementado de varias formas.
 - Proporcionales al fitness pero con múltiples transformaciones (desplazamientos).
 - Escalado adaptativo (Boltzmann).
 - Basados en ranking.
 - Basados en torneos.

Gestión de diversidad - Selección (II)

- Goldberg y Deb analizaron el “takeover time”: número de generaciones medias para la convergencia cuando no hay presencia de variación.

Scheme	t^*
Linear ranking	$\log(n) + \log(\ln(n))$
Linear ranking 2	$\frac{2}{c_0-1} \log(n-1)$
Tournament	$\frac{1}{\ln(s)} (\log(n) + \ln(\ln(n)))$

- Ojo: no hay presencia de variación.
- De todas formas, la convergencia es muy rápida.
- Eso explica porque se complementan con otros métodos.

Gestión de diversidad - Control de Parámetros (I)

- Recientemente, los métodos de control de parámetros han ganado popularidad.
- Idea base: cambiar los parámetros ajustándolos a las necesidades de cada fase.
- Generalmente la gestión de diversidad es implícita.
- Lo que se suele adaptar es la fase de variación.

Inconvenientes

- Generalmente miden la mejora obtenida con distintos parámetros solo en base a la mejora en calidad.
- Movimientos que pierden diversidad pueden provocar grandes ganancias temporales en calidad.

Gestión de diversidad - Control de Parámetros (II)

- En Evolución Diferencial el parámetro CR hay que adaptarlo al problema.
- Relacionado con los movimientos (fake large moves) de Montgomery.
- Algunos métodos habituales: jDE, Competitive DE, JADE, SaDE.
- Son métodos greedy: asignan más recursos a los “mejores”.
- Por ser greedy en el corto plazo suelen ser buenos.
- Nuestros análisis muestran que en el largo plazo tienen inconvenientes por culpa de la pérdida de diversidad.

Gestión de diversidad - Control de Parámetros (III)

- Long adaptive (2.5M) vs short fixed CR (250K).
- Artículo: An analysis of the automatic adaptation of the crossover rate in differential evolution.

	jDE	cDE	JADE	SaDE
	↓	↓	↓	↓
F2	52.94	60.78	0	0
F3	0	0	1.96	29.41
F4	13.72	5.88	3.92	7.84
F5	1.96	1.96	0	0
F8	0	0	27.45	23.52
F9	0	0	0	0
F10	45.09	0	0	0
F11	0	43.13	0	0
F13	0	0	3.92	3.92
F19	0	0	0	0

Gestión de diversidad - Otros esquemas implícitos

- Variación en el esquema poblacional
 - Basados en islas.
 - Esquemas de competición jerárquica.
 - Celulares.
- Restricciones de apareamiento: basados en sexo, basados en linaje.
- **Todos** se basan en imponer restricciones sobre el cruce.

Gestión de diversidad - Basados en remplazamiento

- Esta fase es probablemente la más importante en la gestión de la diversidad.
 - Se consigue mantener individuos en diferentes regiones
 - El cruce suele ser explorativo si los individuos son muy diferentes e intensificador si son cercanos (cuidado con parent-centric crossover).

Gestión de diversidad - Basados en remplazamiento

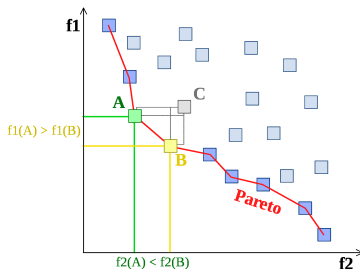
- Esquemas más populares
 - Crowding: Deterministic (DETCR), Probabilistic (POBCR), Adaptive Generalized (AGCR), Restricted Tournament (RTS).
 - Clearing: extensión de fitness sharing, inmovilización muy grande de la población (útil en opt. multimodal), ¿qué pasa al no inmovilizar? Pérdida drástica de diversidad. **Técnica prometedora.**
 - COMB: se ordenan los individuos por contribución de diversidad y por coste. El fitness combina estos dos valores. Tiende a hacer clusters de soluciones. **Técnica prometedora.**
 - CD/RW: hijos sustituyen a individuos que son peores y contribuyen menos. Si no se encuentra se usa *replace-worst*.

Índice

- 1 Algoritmos Evolutivos
- 2 Esquema de gestión de diversidad**
- 3 Aplicaciones
- 4 Conclusiones

Esquema Propuesto - Multi-objetivo (I)

- En 2001 De Jong propone utilizar métricas de diversidad como objetivo alternativo en GP.
- Posteriormente se empiezan a aplicar en otros evolutivos.
- La idea es usar técnicas multi-objetivo.
- Ejemplos: DCN, DBI, ADI.



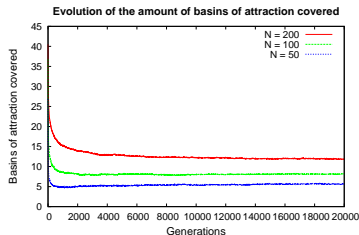
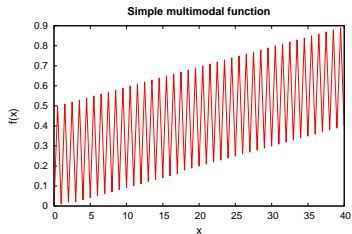
Esquema Propuesto - Multi-objetivo (II)

Estudios preliminares

- El paso importante que es hacer como multi-objetivo es el remplazamiento.

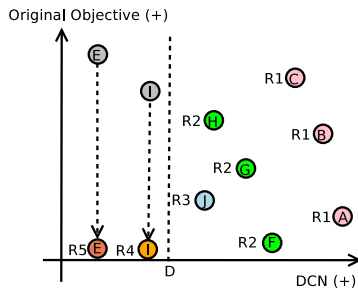
- 1: Best = Individual with best $f(x)$
- 2: NewPop = { Best }
- 3: CurrentMembers = CurrentMembers - { Best }
- 4: **while** ($|\text{NewPop}| < N$) **do**
- 5: Calculate DCN-THR of CurrentMembers, considering as reference NewPop
- 6: ND = Non-dominated individuals of CurrentMembers
- 7: Selected = Randomly select an individual of ND
- 8: NewPop = NewPop \cup Selected
- 9: CurrentMembers = CurrentMembers - {Selected}
- 10: **end while**

Esquema Propuesto - Multi-objetivo (III)



Esquema Propuesto - Multi-objetivo (IV)

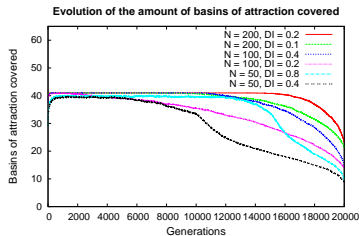
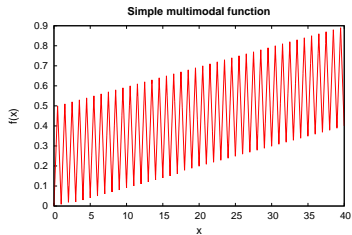
- Todos los esquemas anteriores tienen el inconveniente que no se considera el criterio de parada en el control
- Aunque todos ralentizan la convergencia, al final se produce, y controlar cuando se produce es complejo
- El nuevo esquema evita este problema.



Esquema Propuesto - Multi-objetivo (IV)

- 1: CurrentMembers = Population \cup Offspring
- 2: Best = Individual with best $f(x)$ in CurrentMembers
- 3: NewPop = { Best }
- 4: CurrentMembers = CurrentMembers - { Best }
- 5: **while** ($|\text{NewPop}| < N$) **do**
- 6: Calculate DCN of CurrentMembers, considering as reference NewPop
- 7: $D = D_I - D_I * \frac{T_{Elapsed}}{T_{End}}$
- 8: Penalize(CurrentMembers, D)
- 9: ND = Non-dominated individuals of CurrentMembers (without repetitions)
- 10: Selected = Randomly select an individual from ND
- 11: NewPop = NewPop \cup Selected
- 12: CurrentMembers = CurrentMembers - {Selected}
- 13: **end while**
- 14: Population = NewPop

Esquema Propuesto - Multi-objetivo (V)



Índice

- 1 Algoritmos Evolutivos
- 2 Esquema de gestión de diversidad
- 3 Aplicaciones**
- 4 Conclusiones

Traveling Salesman Problem (I)

- Traveling Salesman Problem: encontrar tour Hamiltoniano de mínimo coste
- Gran cantidad de evolutivos (meméticos) desde los años 90
- Conseguían reportar el óptimo hasta instancias con 5000 - 10000 ciudades
- Los mejores usan:
 - Cruces basados en ERX
 - Meméticos con ILK (Iterated Lin-Kernighan)

Traveling Salesman Problem (II)

- 1: **Initialization:** Generate an initial population with N individuals with the initialization incorporated in the *LKH* tool
- 2: **Local Search:** Apply ILS to every individual in the population
- 3: **Survivor selection initialization:** Initialize D_l
- 4: **while** (not fulfilling the stopping criterion) **do**
- 5: **Mating selection:** select $2 \times N$ parents with binary tournaments
- 6: **Crossover:** Apply the ERXT to generate N new individuals
- 7: **Local Search:** Adapt the local-search strength and apply ILS to the offspring population
- 8: **Combination:** Try to combine each new individual with all the members of the current population with the *ipt* method
- 9: **Survivor selection:** Apply the MULTI-ADAPTIVE scheme to select N survivors
- 10: **end while**

Traveling Salesman Problem (III)

	MULTI-ADAP MA		RW MA		ELI_GEN MA		LKH MA	
	↑	↓	↑	↓	↑	↓	↑	↓
RL5915	2	0	0	2	0	2	2	0
RL5934	0	0	0	0	0	0	0	0
PLA7397	0	0	0	0	0	0	0	0
RL11849	0	0	0	0	0	0	0	0
USA13509	2	0	0	2	0	2	2	0
BRD14051	3	0	0	3	1	2	2	1
D15112	2	0	0	3	1	2	2	0
D18512	1	0	0	3	1	0	1	0
PLA33810	3	0	0	2	2	1	0	2
PLA85900	1	0	0	2	2	0	0	1
Total	14	0	0	17	7	9	9	4

Traveling Salesman Problem (IV)

	MULTI-ADAPTIVE	
	Mean	SR
RL5915	565530	100 %
RL5934	556045	100 %
PLA7397	23260728	100 %
RL11849	923288	100 %
USA13509	19982859	100 %
BRD14051	469386.1	63.3 %
D15112	1573084	100 %
D18512	645242.2	0 %
PLA33810	66049417	76.6 %
PLA85900	142399695	0 %

Resultados - Grid Packing Problem (I)

- Problema del GECCO
- Algoritmo memético con búsqueda local stochastic hill climbing
- Información: <http://2dpp.cimat.mx>

Pairs Table (v)

a	b	v(a, b)
2	1	100
1	2	150
1	3	200
3	2	175
1	1	25
...

Grid (G)

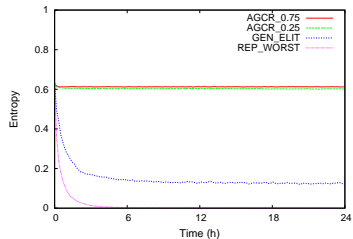
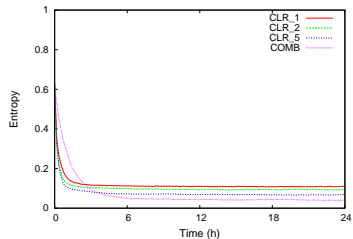
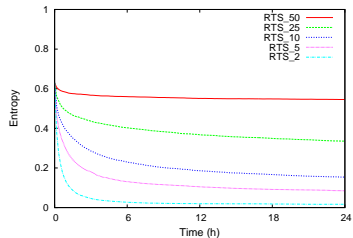
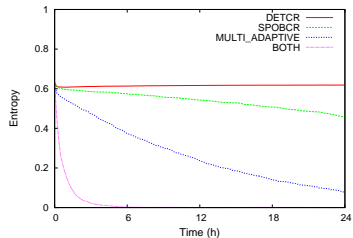
1	2
3	1

$$\text{Objective Value} = v(1,2) + v(2,1) + v(2,3) + v(3,2) + v(3,1) + v(1,3) + v(1,1)$$

Resultados - Grid Packing Problem (II)

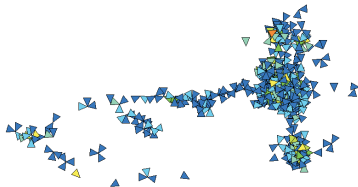
	SMALL			MEDIUM			LARGE			GECCO			TOTAL		Score
	↑	↓	↔	↑	↓	↔	↑	↓	↔	↑	↓	↔	↑	↓	
MULTI	48	0	0	48	0	0	48	0	0	16	0	0	160	0	160
COMB	40	4	4	36	6	6	36	3	9	11	2	3	123	15	108
CLR_1	30	10	8	38	6	4	37	3	8	14	1	1	119	20	99
CLR_2	25	13	10	32	11	5	36	3	9	11	2	3	104	29	75
GEN_ELIT	15	26	7	32	11	5	34	4	10	11	1	4	92	42	50
CLR_5	21	16	11	26	18	4	27	14	7	10	5	1	84	53	31
SPOBCR	37	7	4	44	3	1	8	39	1	3	13	0	92	62	30
BOTH	3	34	11	14	19	15	26	14	8	10	2	4	53	69	-16
RTS_25	16	23	9	14	20	14	15	32	1	5	7	4	50	82	-32
RTS_10	10	28	10	11	21	16	18	21	9	5	7	4	44	77	-33
RTS_50	24	13	11	8	25	15	12	36	0	4	12	0	48	86	-38
AGCR_0.25	43	3	2	3	31	14	3	45	0	1	15	0	50	94	-44
RTS_5	3	34	11	8	25	15	19	17	12	5	7	4	35	83	-48
RTS_2	3	35	10	8	25	15	18	18	12	5	7	4	34	85	-51
REP_WORST	3	36	9	8	24	16	17	22	9	5	7	4	33	89	-56
DETCR	22	13	13	5	42	1	6	41	1	2	14	0	35	110	-75
AGCR_0.75	0	48	0	0	48	0	0	48	0	0	16	0	0	160	-160

Resultados - Grid Packing Problem (III)



Frequency Assignment Problem (FAP)

- Instancias reales: Denver, Seattle
- Gran numero de variables: 2612 antenas
- Resultados preliminares: mejora de la solución de Denver de 83280 a 83002.



Índice

- 1 Algoritmos Evolutivos
- 2 Esquema de gestión de diversidad
- 3 Aplicaciones
- 4 Conclusiones**

Conclusiones

Conclusiones

- Realizar una gestión de diversidad adecuada es muy importante.
- Es un campo en el que aún hay mucho que hacer.
- Mejoras en fases que son independientes del problema.

¡Gracias por su atención!

¿Preguntas?