

Projecte Final de Grau

Grau en Enginyeria Informàtica, Itinerari Computació

Estudi d'algorismes d'optimització basats en colònia de formigues per a la resolució del problema ACSP: implementació d'un nou prototipus d'algorisme ACO.

Autor: Esteve Mir Espàrrrech

Dirigit per: David Isern Alarcón

Àrea: Computació – Intel·ligència Artificial

Introducció i objectius

Objectius

Intel·ligència computacional

- Revisió dels paradigmes – Àmbits d'investigació
- Estat actual

L'Airline Crew Scheduling Problem

- Context i complexitat
- Resolució

Algorismes de colònia de formigues

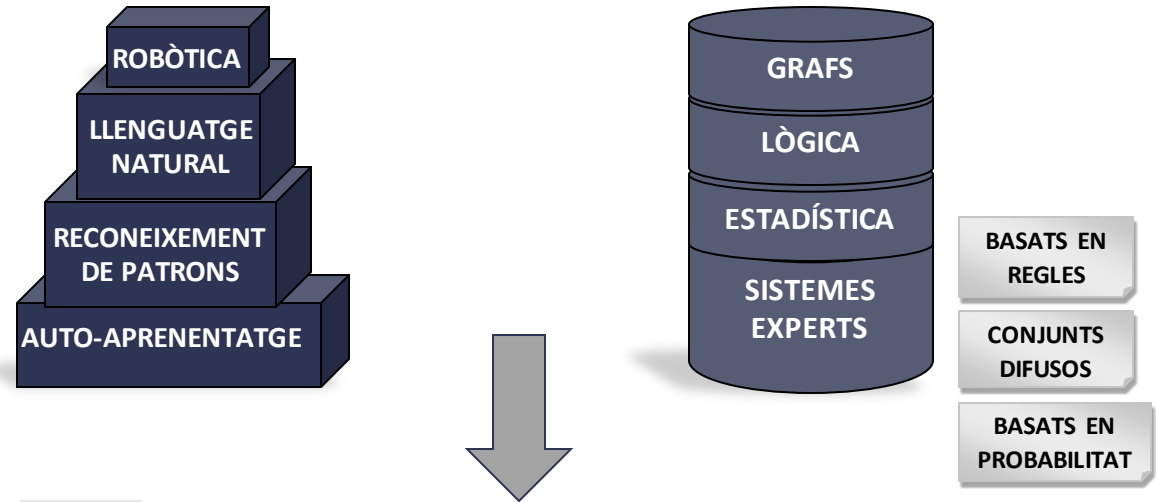
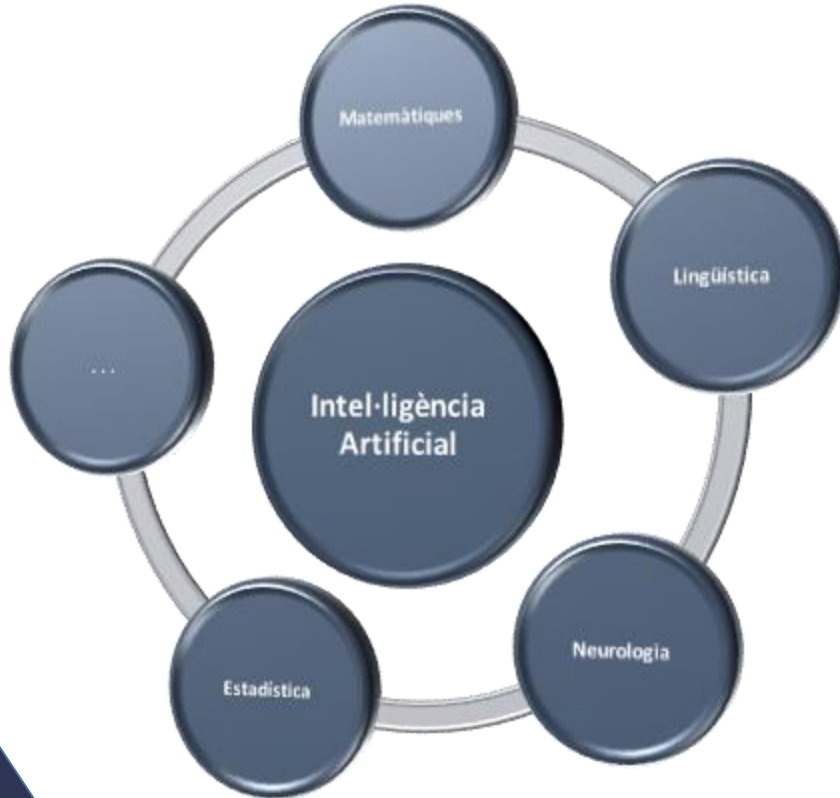
- Conceptes i evolució
- Estat actual
- Desenvolupament d'un nou algorisme ACO per al problema ACSP: Forgetful Ant System

Experimentació

- Implementació dels algorismes Max Min Ant System i Forgetful Ant System
- Anàlisi del rendiment envers el problema ACSP
- Conclusions de la investigació

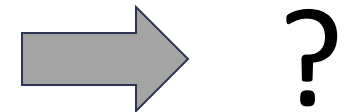
Intel·ligència Artificial - Intel·ligència Computacional

Evolució i tendències



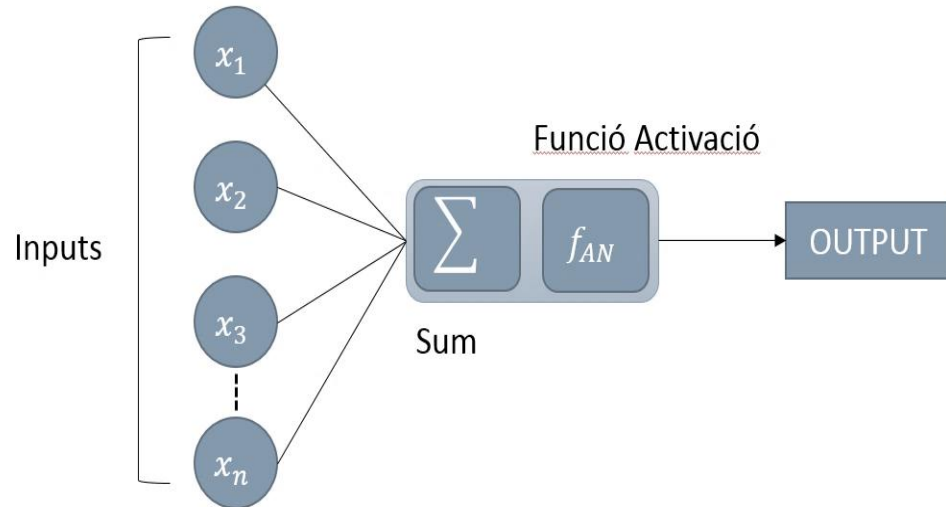
Nous Paradigmes

- Xarxes neuronals
- Computació evolutiva
- Sistemes immunes
- Intel·ligència d'eixam



Paradigmes I

XARXES NEURONALS



- Aprenentatge - Entrenament
- Classificació - Predicció

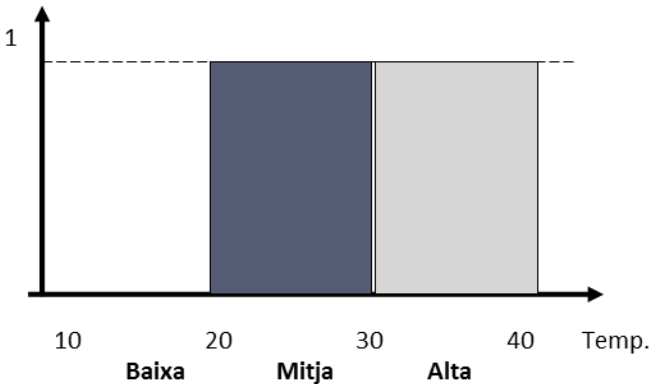
COMPUTACIÓ EVOLUTIVA



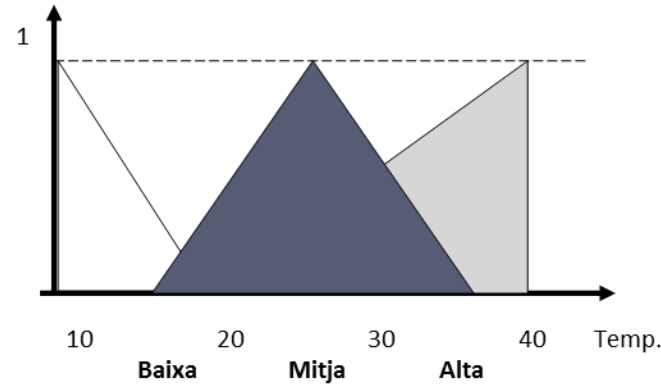
Paradigmes II

SISTEMES DIFUSOS

Lògica tradicional



Lògica difusa



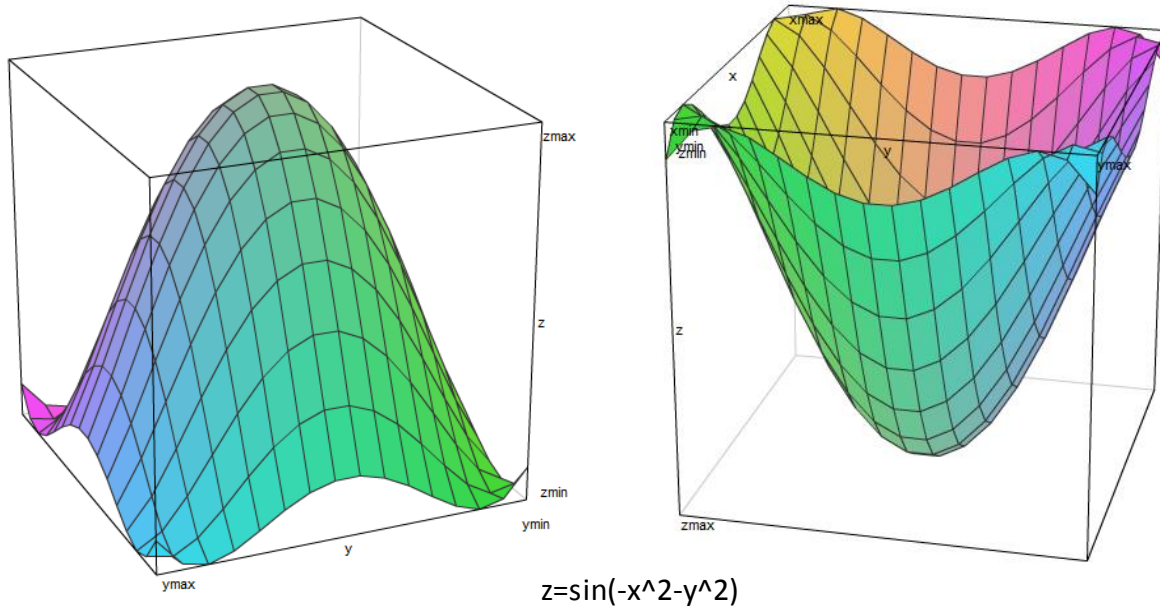
- Lògica difusa com a extensió de la lògica tradicional
- Aproximació a la percepció humana

INTEL·LIGÈNCIA D'EIXAM

- Fonamentada en sistemes biològics
- Comportaments col·lectius de societats d'individus
- Self-organization
- Feedback positiu.
- Feedback negatiu.
- Amplificació fluctuacions
- Interaccions múltiples

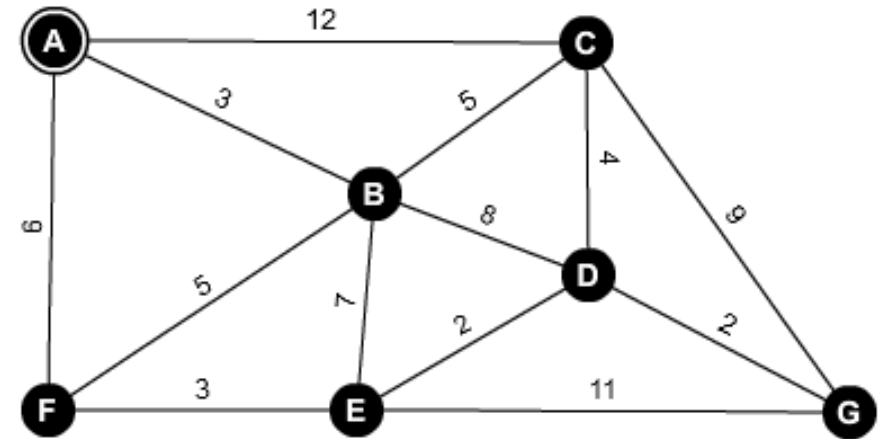
Part II: Optimització combinatòria

Optimització i optimització combinatòria: Traveling Salesman Problem



- La cerca de la millor solució possible: màxims i mínims
- Complexitat de l'espai de cerca
- Evolució dels costos de cerca

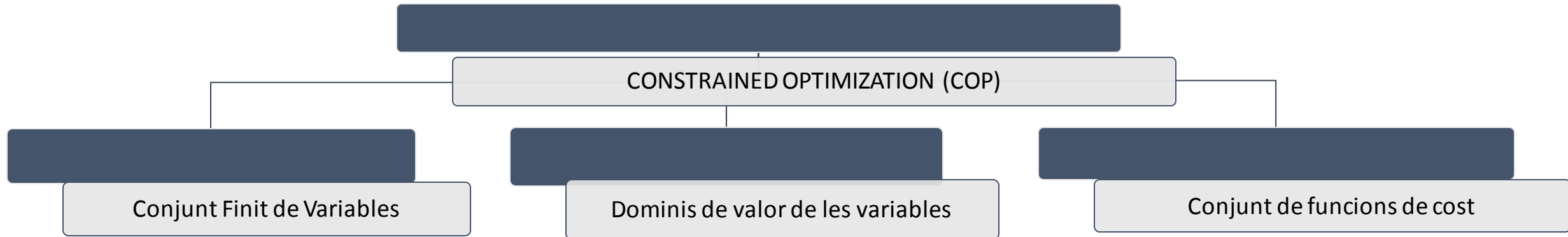
- Tècniques heurístiques
- Tècniques meta-heurístiques
- Case-Based Reasoning (CBR)



Possibles solucions: $(n - 1)! \Rightarrow (6)! = 720$

Part II: Optimització combinatòria

Optimització combinatòria amb restriccions: ACSP I



• C_{t_basic}	→	300	Pagament bàsic per servei
• C_{t_extra}	→	1.5	Cost per minut extra de vol
• $T_{temps_vol_i}$	→	{60,300}	Temps del vol i
• $T_{t_minim_vol}$	→	5 * 60	Mínim temps de vol cobert
• C_{t_hotel}	→	30	Cost hotel
• $C_{t_desc_extra}$	→	0.1	Cost per minut descans extra
• $T_{desc_entre_vols}$	→	{30,50}	Interval de temps descans
• C_{perdua}	→	0.2	Cost temps perdut

$$\begin{aligned}
 & \text{Min} \sum_{p=1}^o C_{t_basic} \\
 & + C_{t_extra} \left[\left(\sum_{i=1}^n z_{ip} T_{temps_vol_i} \right) - T_{t_minim_vol} \right] \\
 & + \sum_{p=1}^m \left(C_{t_hotel} + C_{t_desc_extra} T_{desc_entre_vols} \right. \\
 & \left. + C_{perdua} (T_{desc_entre_vols} - T_{desc_minim}) \right)
 \end{aligned}$$

Part II: Optimització combinatòria

Optimització combinatòria amb restriccions: ACSP II

Altres restriccions

- T_{max_servei} → 14 * 60 Temps màxim de treball per servei
- $T_{max_vol_servei}$ → 11 * 60 Temps màxim de vol per servei
- T_{desc_m} → 24 * 60 Temps mínim descans si T_{max_servei}
- N_{max_vol} → 8 Màxim nº vols per servei
- T_{max_desc} → 50 Temps màxim descans abans hotel

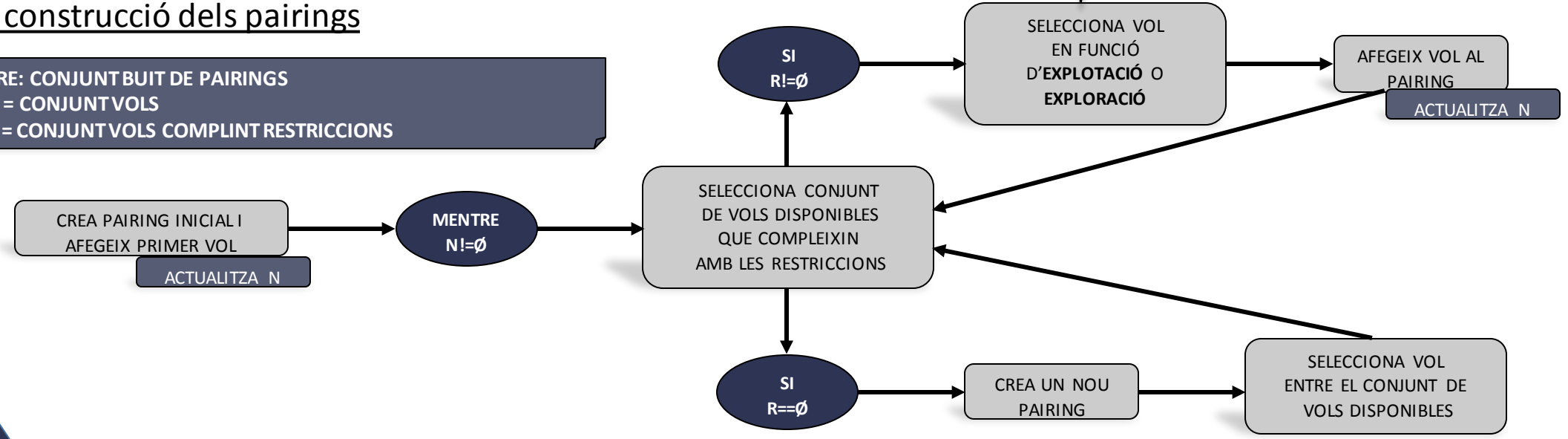
Exploració: Selecciona vol de R on $[\tau_{ij}(t)]^\alpha [\mu_{ij}]^\beta$ sigui màxim

Explotació: selecciona vol de R aleatòriament amb

$$p_{ij} = \frac{[\tau_{ij}(t)]^\alpha [\mu_{ij}]^\beta}{\sum_1^{mida_R} [\tau_{ij}(t)]^\alpha [\mu_{ij}]^\beta}$$

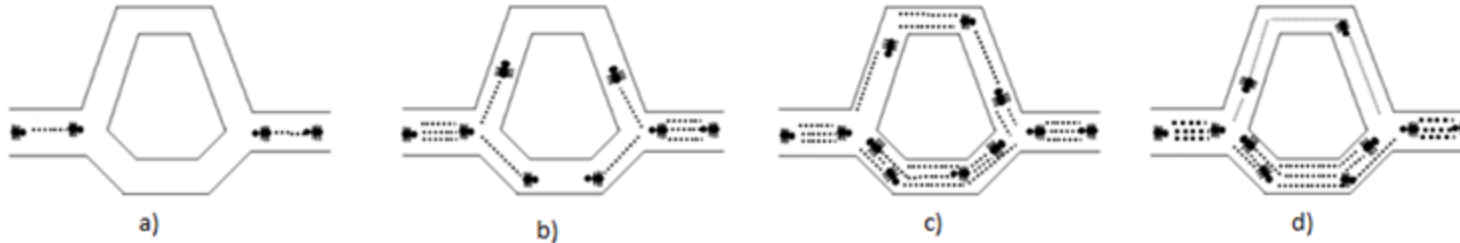
Procés de construcció dels pairings

PRE: CONJUNT BUIT DE PAIRINGS
N = CONJUNT VOLS
R = CONJUNT VOLS COMPLINT RESTRICCIONS



Part III: Optimització per colònia de formigues

Algorismes ACO I



Computació distribuïda

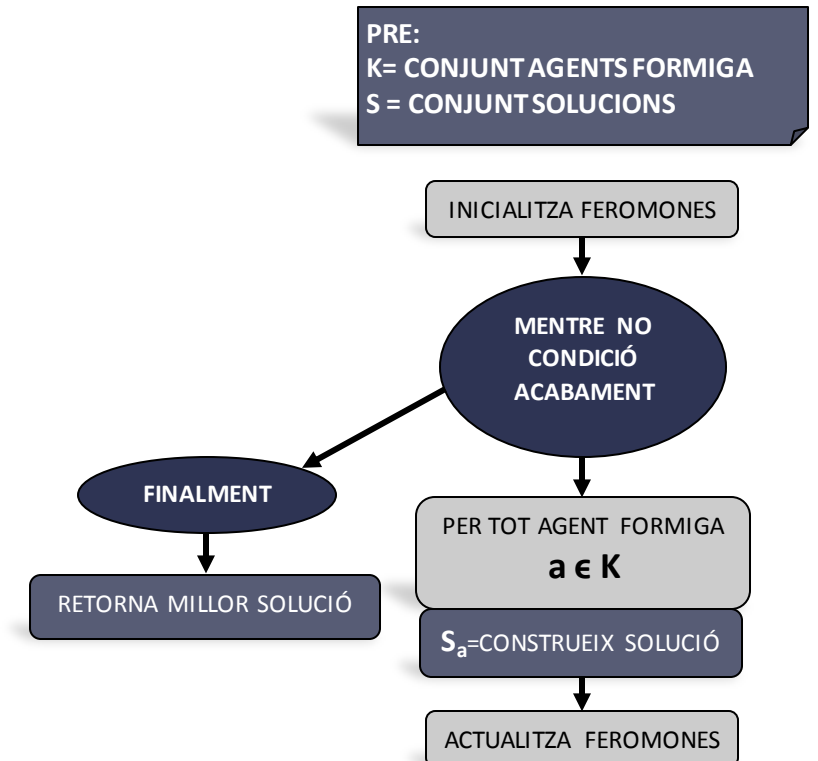
Foraging

Heurística Àvida

Procediment estocàstic de construcció de solucions

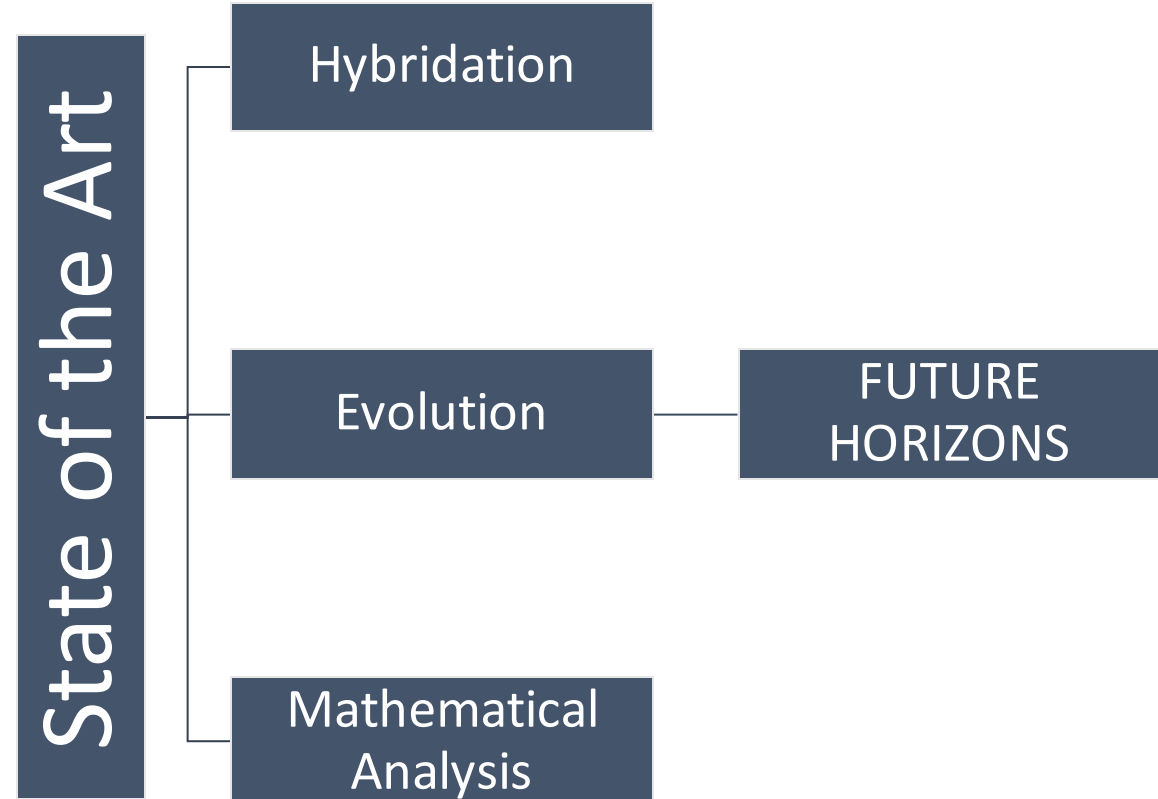
- No arbitrari. Basat en paràmetres:
 - Coeficient de persistència de feromones p
 - Límit d'exploració q
 - Ràtio alfa:Beta
 - Nombre de formigues

ANT SYSTEM: Procediment bàsic



Algorismes ACO II

- ELITIST ANT SYSTEM (EAS)
- ANT SYSTEM RANK-BASED (ASrank)
- MAX-MIN ANT SYSTEM (MMAS)
- ANT COLONY SYSTEM (ACS)
- HYPER-CUBE FRAMEWORK (HCF)
- EXTENDED ACO (ACO_R)
- CONTINUOUS ORTOGONAL ANT COLONY (COAC)
- MULTIPLE OBJECTIVE ACO (MOACO)



Part IV: Algorismes MMAS i FAS

Algorisme MMAS

- Sistema elitista
- Transició d'estats

$$\begin{cases} p_{ij} = \arg_{\max} \{ [\tau_{ij}]^\alpha [\mu_{ij}]^\beta \} & q \geq q_1 \\ p_{ij} = \frac{[\tau_{ij}]^\alpha [\mu_{ij}]^\beta}{\sum_1^{mida_r} [\tau_{ij}]^\alpha [\mu_{ij}]^\beta} & \text{si } q < q_1 \end{cases}$$

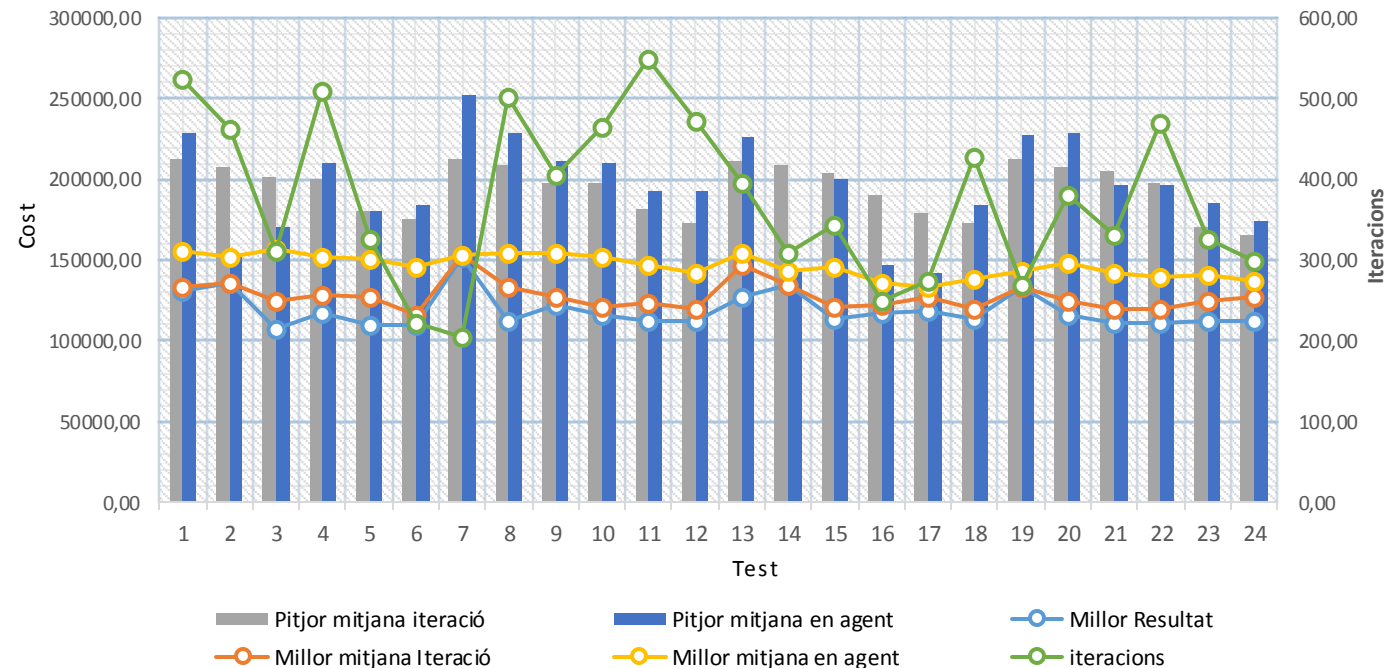
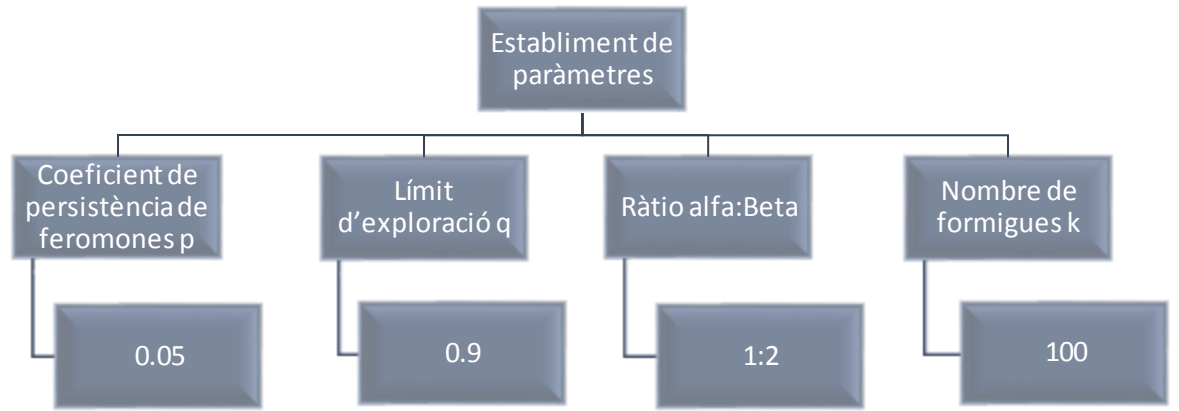
- Actualització de feromones

$$\tau_{ij} \leftarrow (1 - p)\tau_{ij} + \Delta\tau_{ij}$$

- Rang $[\tau_{min}, \tau_{max}]$

$$\tau_{max}^{teòric} = \frac{1}{\rho(cost(millorsolucióproblema))}$$

$$\tau_{min} = \frac{\tau_{max}}{(avg - 1)}$$

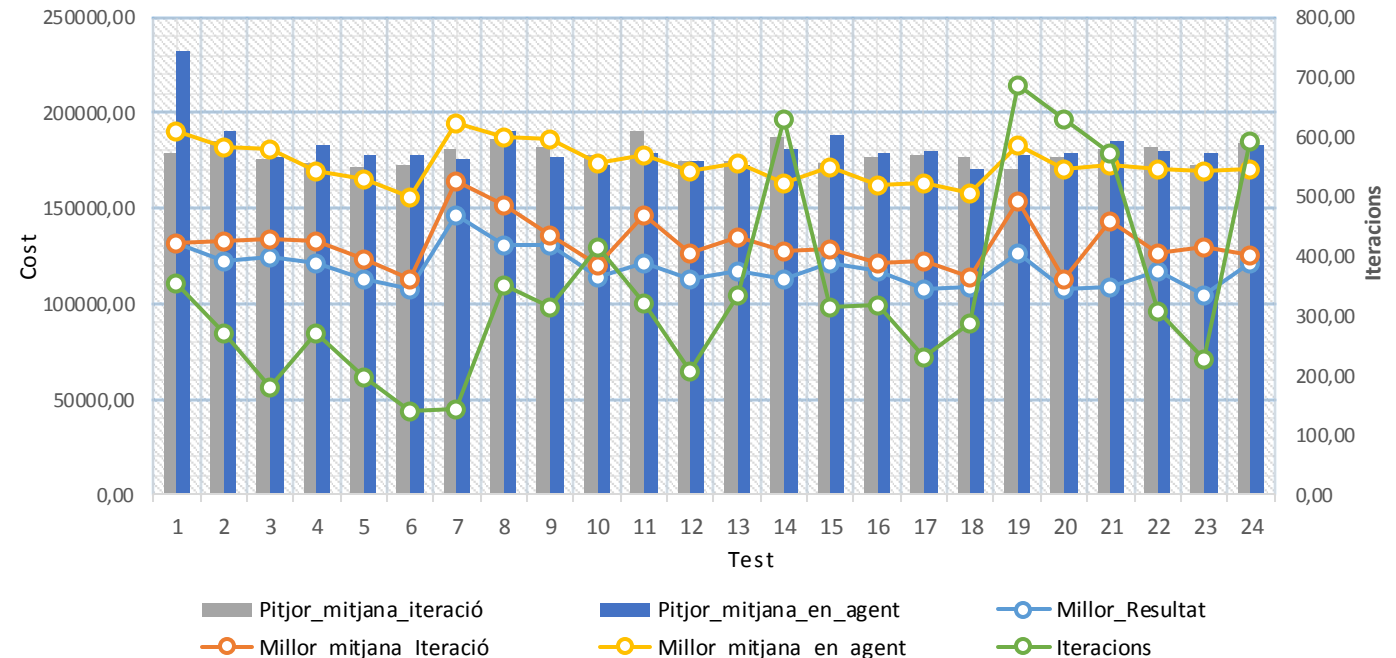
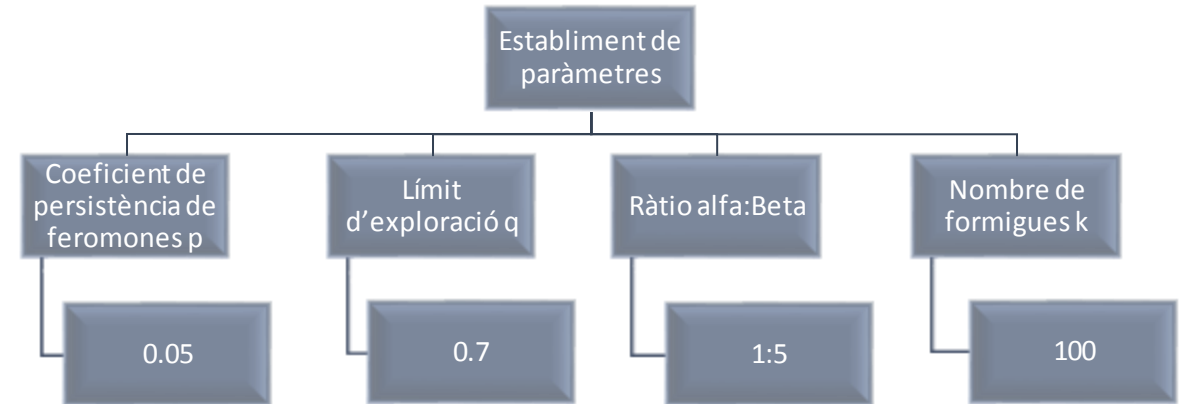


Algorisme FAS I

- Sistema elitista: Variació del mecanisme Ant System Local Best Tour en l'actualització dels camins de feromones

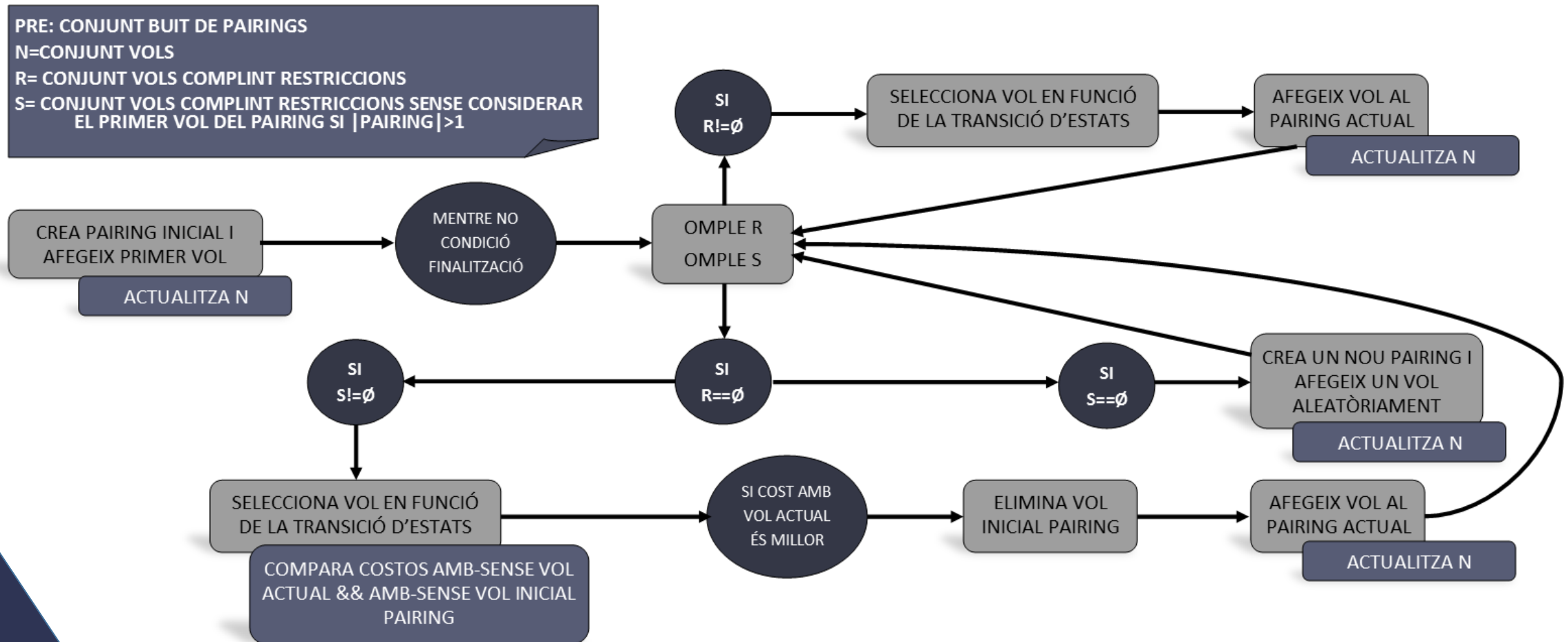
$$\tau_{ij} \leftarrow (1 - \rho)\tau_{ij} + \sum_{k=1}^m \Delta\tau_{ij}^k$$

- $\Delta\tau_{ij}^k$ és la quantitat de feromones que diposita la formiga elitista k en els arcs que ha visitat.
- m és el nombre de formigues elitistes en cada iteració si per cada formiga $k \in m$, $C^k < \left(\frac{\sum_{i=1}^n C^i}{n}\right)$.
- $(1 - \rho)$ representa l'evaporació de les feromones.



Algorisme FAS II

Procés de construcció dels pairings



Part V: Resultats

Problem Name	Number of flights	Number of days spanned	Number of Airports	FAS		MMAS	
				Best Cost	Average Cost	Best Cost	Average Cost
P1	30	2	2	91.051,57	91.289,11	86.698,74	87.673,86
P2	100	3	2	147.746,15	153.621,26	157.828,35	161.183,08
P3	200	5	2	134.680,84	139.741,96	130.957,20	136.840,11
P4	30	2	3	61.449,59	65.803,48	51.780,10	56.479,55
P5	100	3	3	117.827,08	128.583,20	101.390,53	104.624,69
P6	250	5	3	222.828,29	237.900,89	222.610,95	233.352,45
P7	50	2	5	98.993,57	106.486,10	100.652,50	106.420,02
P8	150	3	5	231.261,68	245.778,38	244.367,30	257.588,18
P9	300	5	5	420.943,53	438.964,00	424.962,28	431.809,78
P10	100	2	10	273.755,45	281.266,41	255.671,63	264.332,38
P11	300	3	10	480.611,39	496.745,53	473.387,23	487.548,56
P12	500	5	10	809.801,94	830.552,34	795.338,56	805.602,12
Number of best results				3	8		

Problem Name	Number of flights	Number of days spanned	Number of Airports	FAS		MMAS	
				Iterations	CPU Time (s)	Iterations	CPU Time (s)
P1	30	2	2	237,17	0,99	160,20	0,45
P2	100	3	2	322,43	16,64	223,83	7,41
P3	200	5	2	197,29	22,85	209,11	23,91
P4	30	2	3	232,63	0,72	232,86	0,51
P5	100	3	3	277,71	12,50	214,03	6,58
P6	250	5	3	253,46	69,47	205,34	34,45
P7	50	2	5	389,91	2,25	379,40	2,19
P8	150	3	5	258,69	20,17	439,09	24,83
P9	300	5	5	391,66	108,67	483,91	102,04
P10	100	2	10	243,23	6,90	386,40	8,77
P11	300	3	10	263,80	61,38	421,20	76,87
P12	500	5	10	382,83	245,63	455,74	218,86
Number of best results				7	4	5	8

- Cost function minimization:
 - Best results for MMAS: {P1, P4, P5, P10, P11, P12}
 - Best results for FAS: {P2,P7,P8,P9}

- Iterations:
 - Best results for MMAS: {P1,P2,P5,P6}
 - Best results for FAS: {P8,P9,P10,P11,P12}
- CPU time:
 - Best results for MMAS: {P1,P2,P4,P5,P6}
 - Best results for FAS: {P8,P10,P11}

Part VI: Conclusions

Aproximació TSP per al problema ACSP

- Resolució amb restriccions per penalització.

Potencial d'ús i efectivitat del mecanisme *Forgetful*

- Limitació en l'àmbit d'aplicació.
- Aleatorietat i incertesa en casos d'estancament.

Noves vies d'investigació

- Forgetful Ant System: Efectivitat amb l'ús de diferents mecanismes d'actualització de feromones.
- Estudi de les limitacions en les comunicacions per feromones en algorismes ACO.
- Introducció de nous mecanismes en agents formiga: potencial, limitacions i complexitat.
- La intel·ligència dels agents: influència de la individualitat en els comportaments col·lectius.



Universitat Oberta
de Catalunya

Projecte Final de Grau

Grau en Enginyeria Informàtica, Itinerari Computació

Moltes gràcies per la vostra atenció!