

Metodi e tecniche di ottimizzazione innovative per applicazioni elettromagnetiche

Algoritmi stocastici

Parte 2 Metodi collettivi

M. Repetto

Politecnico di Torino, Dip. Ingegneria Elettrica Industriale



Contents

- tecniche evoluzionistiche
 - evolution strategy
 - genetic algorithm
- metodi collettivi
 - ant colony
 - particle swarm
- artificial immune systems



Metodi collettivi (1/2)

- Negli ultimi 20 anni c'è stato un crescente interesse nei confronti di una forma di intelligenza artificiale chiamata *swarm intelligence*
- questa intelligenza opera ad un livello diverso rispetto a quello di un singolo individuo
 - la soluzione del problema arriva attraverso l'interazione di più agenti
 - nessuno degli agenti ha la capacità individuale di affrontare il problema
 - l'interazione collettiva è la base della soluzione



Metodi collettivi (2/2)

- Esempio: problema di ricerca di libri su argomento A
 - amazon.com mostra i risultati della ricerca di un libro B sull'argomento
 - presenta anche le scelte di altri clienti che hanno acquistato il libro B
 - in questo modo si rende disponibile il risultato di molte ricerche fatte in maniera indipendente (parallela) da moltissimi altri clienti, presumibilmente sullo stesso argomento
- esempio: ricerca di cibo da parte di tanti individui che hanno la possibilità' (e volonta') di comunicare



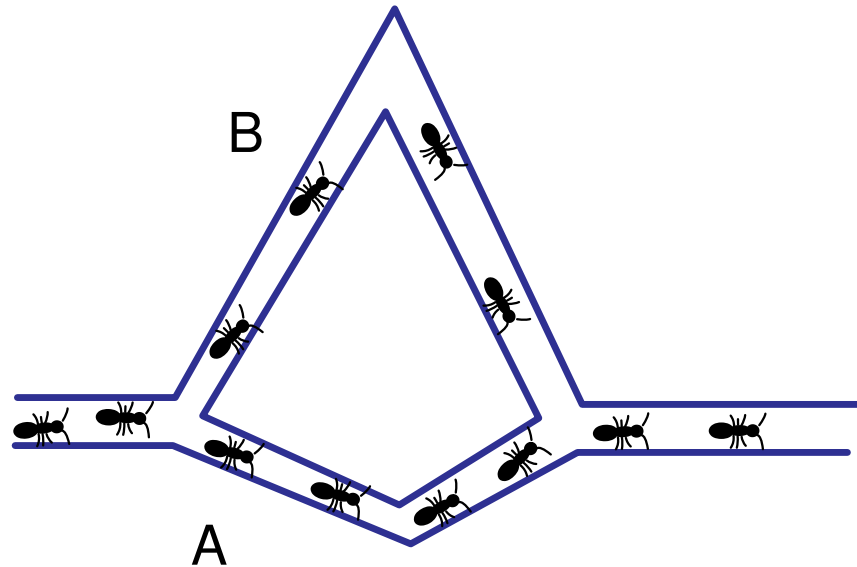
Ant Colony (1/5)

- Una classe di algoritmi basati sul comportamento sociale e' quella degli Ant Colony ACO
- l'algoritmo utilizza una caratteristica di comunicazione tra gli insetti sociali che ha lo scopo di ridurre il cammino medio di ricerca del cibo
 - la comunicazione non avviene in modo diretto ma attraverso l'ambiente (comunicazione stigmergica)
 - ogni insetto muovendosi nell'ambiente deposita una sostanza (feromone) riconosciuta dagli altri individui
 - nel loro movimento gli individui preferiscono seguire percorsi gia' frequentati (con maggiore contenuto di feromone)
- percorsi migliori sono seguiti da un numero di insetti sempre crescente (positive feedback)



Ant Colony (2/5)

- il gruppo di insetti ricerca quindi un minimo percorso senza avere un algoritmo di esplorazione predefinito



- all'inizio il percorso A e B sono scelti statisticamente da meta' della popolazione
- essendo il percorso A piu' breve la densita' di feromone e' maggiore e questo incoraggia le nuove formiche a preferire A piuttosto che B

Ant Colony (3/5)

- Traveling Salesman Problem *TSP*: dato un insieme di città' in uno spazio 2D euclideo, determinare il minimo percorso chiuso (distanza percorsa) che visita ogni città' una volta
 1. le formiche scelgono il percorso in base alla distanza delle città' da visitare (criterio: minima distanza)
 2. ogni formica deposita sul suo percorso una quantità di feromone inversamente proporzionale alla lunghezza del suo percorso complessivo
 3. le intensità di feromone si sommano in modo che i tratti comuni a percorsi brevi ricevono una grande quantità di feromone
 4. il procedimento viene reiterato: la scelta dei lati prevede oltre al criterio di minima distanza il massimo contenuto di feromone



Ant Colony (4/5)

- Diversi criteri possono essere applicati per aggiornare il contenuto di feromone:
 - criterio seriale: le formiche scelgono il percorso una alla volta e depositano il feromone, l'ultima formica ha una quantita' di informazione maggiore della prima
 - criterio parallelo: le formiche costruiscono i loro percorsi ed al termine di tutti i processi viene aggiornato il contenuto di feromone
 - vengono premiati i percorsi minimi lasciando solo al minimo globale la possibilita' di depositare feromone (piu' exploitation e meno exploration)



Ant Colony (5/5)

- La tecnica *ACO* viene utilizzata per problemi combinatori in diversi campi di applicazione:
 - packet routing in reti di telecomunicazione
 - search di database
 - configurazione di reti di distribuzione di potenza
- data la sua natura fortemente decentralizzata l'algoritmo viene considerato molto robusto ed in grado di affrontare problemi dinamici (riconfigurazione del trasporto in caso di guasto etc.)



Particle Swarm Optimization (1/9)

- La tecnica Particle Swarm Optimization *PSO*, e' stata originariamente sviluppata nel 1995 da:
 - uno psico-sociologo James Kennedy
 - un ingegnere elettrico Russel Eberart
- la ricerca si sviluppa dall'analisi dei meccanismi di interazione tra gli individui che fanno parte di un gregge/stormo/branco
- e' particolarmente interessante quando il gruppo ha un obiettivo comune come la ricerca di cibo



Particle Swarm Optimization (2/9)

- Lo studio delle regole del volo in stormo mettono in evidenza come un individuo leghi il suo comportamento a quello degli altri membri del gruppo
 - deve seguire i suoi vicini
 - deve rimanere nel gruppo
 - deve evitare di urtarli
- con queste regole e' possibile descrivere il moto collettivo di uno stormo pero' senza obiettivo comune
- l'algoritmo PSO aggiunge un obiettivo condiviso da tutti i membri: la ricerca di cibo



Particle Swarm Optimization (3/9)

- un individuo che nel suo movimento scorge una fonte di cibo si trova di fronte a due alternative:
 - allontanarsi dal gruppo per raggiungerlo (individualismo)
 - rimanere nel gruppo (socialità)
- se più individui si dirigono verso il cibo anche altri membri possono cambiare la loro direzione per sfruttare la stessa fonte di nutrimento
- il gruppo cambia gradualmente direzione verso le zone più promettenti, ovvero l'informazione gradualmente si propaga a tutti



Particle Swarm Optimization (4/9)

- l'analogia con il problema di ottimizzazione puo' essere definita come:
 - **individui**: configurazioni di tentativo che si spostano e campionano la funzione obiettivo in uno spazio reale a N dimensioni (applicazione floating point)
 - **interazione sociale**: un individuo trae vantaggio dalle ricerche degli altri dirigendosi verso la regione del punto migliore globalmente trovato
- la strategia di ricerca puo' essere espressa come bilanciamento tra exploration e exploitation:
 - **exploration**: legato all'individualita' del singolo che ricerca la soluzione
 - **exploitation**: legato alla socialita' ovvero allo sfruttamento dei successi di altri individui



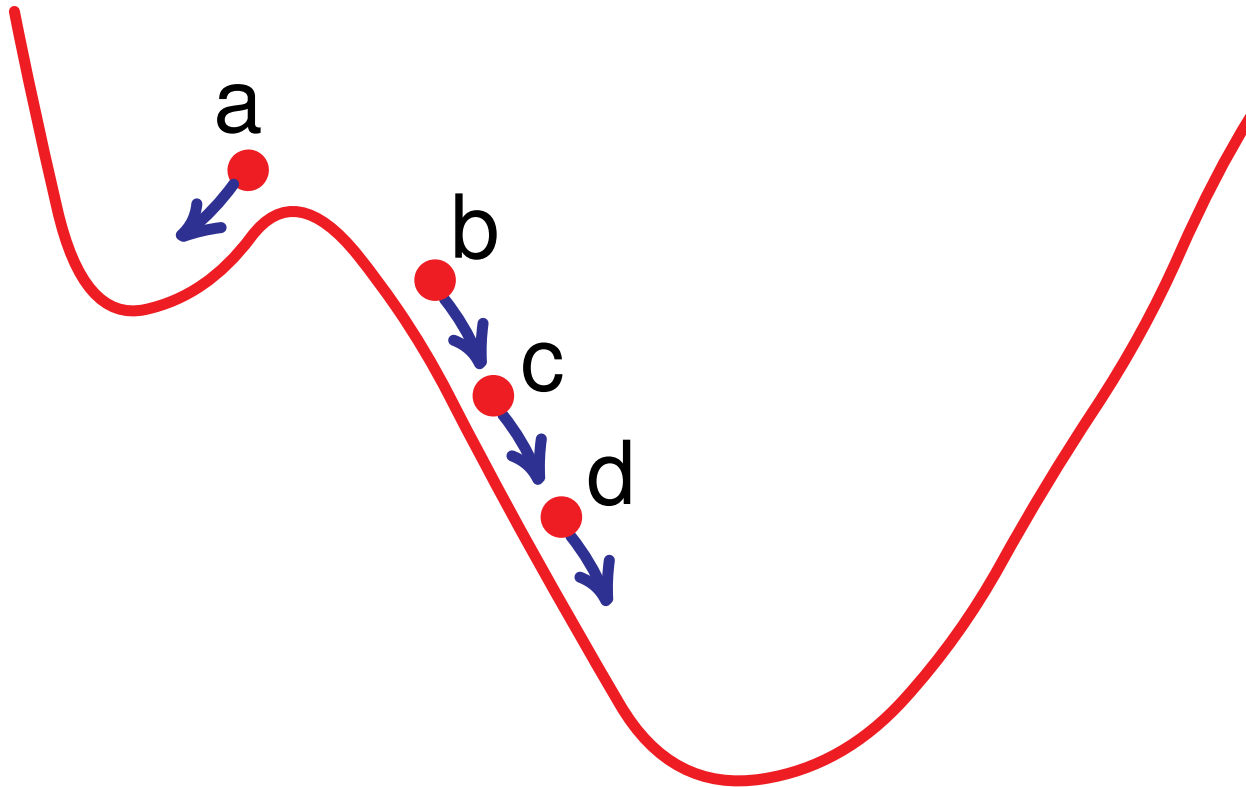
Particle Swarm Optimization (5/9)

- una caratteristica che risulta essere importante nella ricerca e' legata al concetto di vicinanza
 - gli individui sono influenzati dalle azioni degli individui ad essi piu' vicini (sotto-gruppi)
 - gli individui fanno parte di piu' sotto-gruppi e quindi la circolazione dell'informazione e' globalmente garantita
- i sotto-gruppi non sono legati alla vicinanza fisica delle configurazioni nello spazio dei parametri ma sono definiti a priori e possono tenere in conto di spostamenti anche notevoli tra gli individui



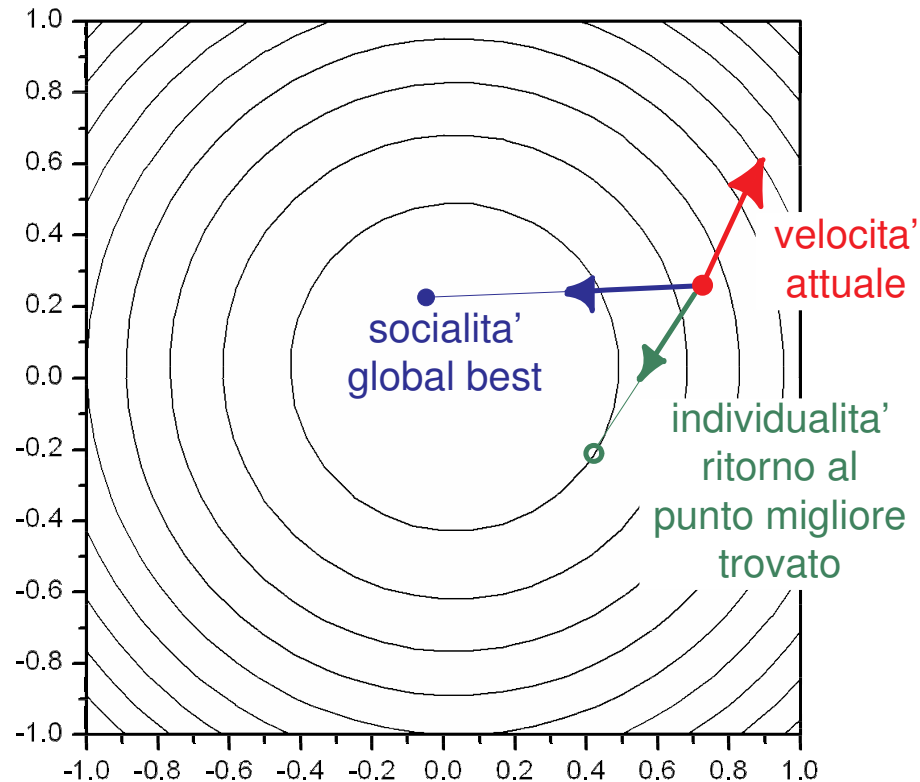
Particle Swarm Optimization (6/9)

- la particella a risente delle azioni di b, c, d anche se si sono allontanate reciprocamente



Particle Swarm Optimization (7/9)

- azioni di modifica della velocità'

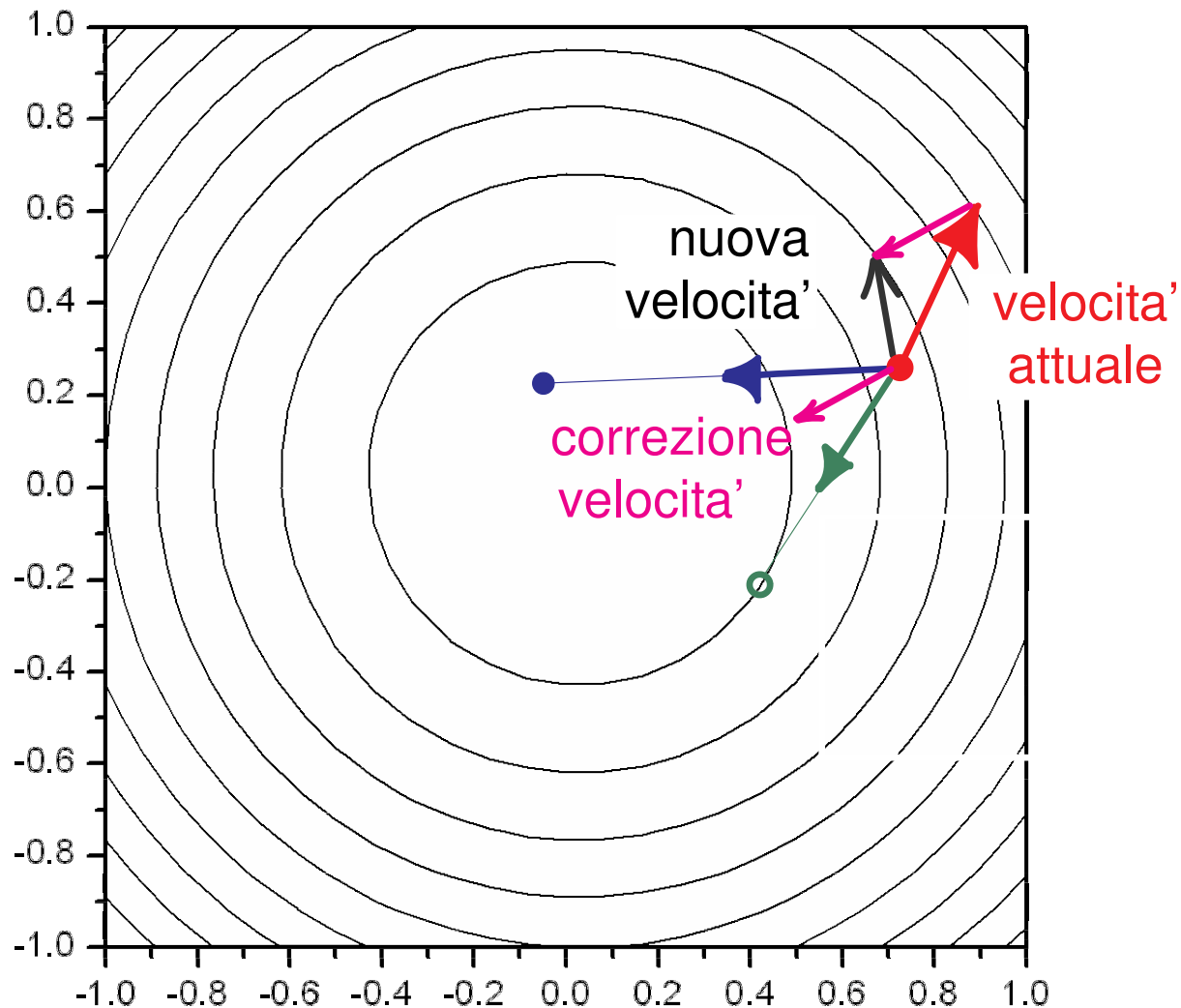


$$\begin{aligned} \Delta v_i &= best[i] - act[i]; \\ \Delta v_s &= gbest - act[i]; \\ \Delta v &= \Delta v_i * indfac + \\ &\quad + \Delta v_s * socfac; \\ rdn &= Math.random(); \\ v[i] &= v[i] + rdn * \Delta v; \end{aligned}$$



Particle Swarm Optimization (8/9)

- azioni di modifica della velocità'



Particle Swarm Optimization (9/9)

- diverse criticita' vanno affrontate nell'implementazione del metodo su problemi specifici:
 - imporre un limite alla velocita' per evitare la divergenza
 - definire un criterio di uscita, ad esempio il raggio medio dello sciame
- [animation1](#)
[animation2](#)

