

Optimisation par colonies de fourmis (Ant Colony Optimisation) - EISTI - ING 2

Ecole Internationale des Sciences du Traitement de l'Information

22 novembre 2010

Présentation
Générale

Problèmes
d'optimisation et
graphes

Métaheuristique de
l'optimisation par
colonies de fourmis

Paramétrage

Parallélisme

Variantes d'ACO

Ant System
Max-Min Ant System

Sommaire

Présentation Générale

Problèmes d'optimisation et graphes

Métaheuristique de l'optimisation par colonies de fourmis

Paramétrage

Parallélisme

Variantes d'ACO

Ant System

Max-Min Ant System

Sommaire

Présentation Générale

Problèmes d'optimisation et graphes

Métaheuristique de l'optimisation par colonies de fourmis

Paramétrage

Parallélisme

Variantes d'ACO

Ant System

Max-Min Ant System

Optimisation par colonies de fourmis (Ant Colony Optimisation) - EISTI - ING 2

Présentation Générale

Problèmes d'optimisation et graphes

Métaheuristique de l'optimisation par colonies de fourmis

Paramétrage

Parallélisme

Variantes d'ACO

Ant System

Max-Min Ant System

Auto-organisation

- ▶ Interaction de composants simples pour créer un modèle plus complexe
- ▶ Exemple du recrutement alimentaire chez les fourmis
- ▶ Communication via dépôt d'une substance chimique (phéromone)
- ▶ Les fourmis convergent rapidement vers le chemin le plus court entre la source de nourriture et la fourmilière

Présentation
Générale

Problèmes
d'optimisation et
graphes

Métaheuristique de
l'optimisation par
colonies de fourmis

Paramétrage

Parallélisme

Variantes d'ACO

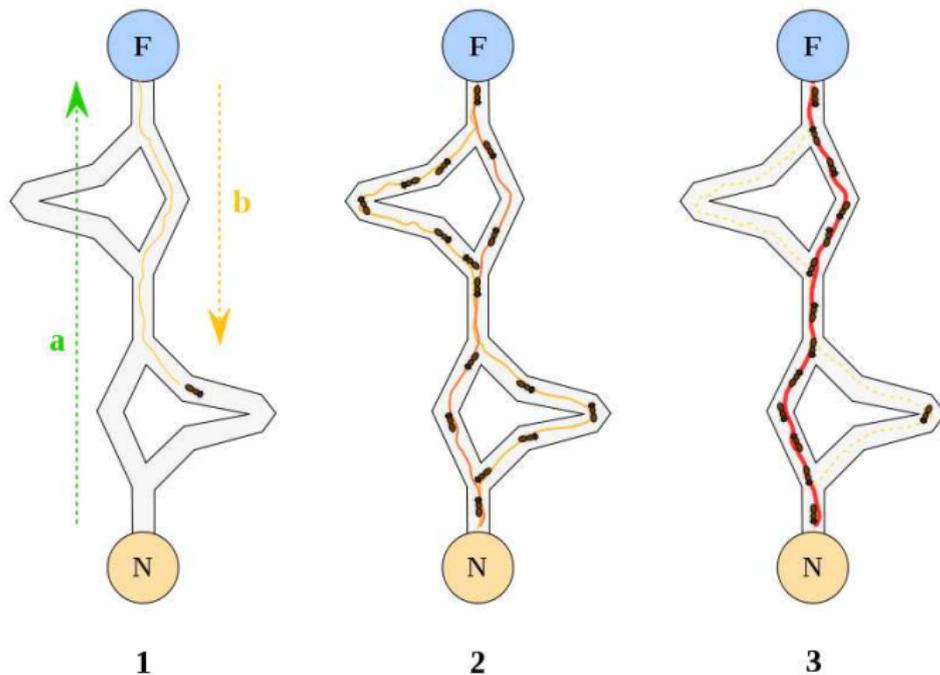
Ant System
Max-Min Ant System

Stigmergie

- ▶ "forme de communication passant par le biais de modifications de l'environnement"
- ▶ "interactions sociales indirectes"
- ▶ Coordination distribuée via l'échange d'information
- ▶ Contrôle décentralisé : vision locale, systèmes robustes et flexibles

Fourmis et nourriture (Wikipedia)

Optimisation par colonies de fourmis (Ant Colony Optimisation) - EISTI - ING 2



Présentation Générale

Problèmes d'optimisation et graphes

Métaheuristique de l'optimisation par colonies de fourmis

Paramétrage

Parallélisme

Variantes d'ACO

Ant System
Max-Min Ant System

Définition

- ▶ S : espace de recherche défini sur un ensemble fini de variables discrètes $X_i (i = 1, \dots, n)$ ayant chacune une valeur $v_i^j \in \{v_i^1, \dots, v_i^{|D_i|}\}$
- ▶ Un problème d'optimisation peut consister à parcourir un graphe de construction complet.
- ▶ On note c_{ij} chaque variable instanciée $X_i = v_i^j$ correspondant aux sommets

Description

- ▶ Phéromone : valeur associée en fonction de l'itération à chaque sommet du graphe
- ▶ Fourmis : ensemble de parcours simultanés du graphe
- ▶ Les fourmis se déplacent de sommets en sommets en exploitant la phéromone et en construisant peu à peu une solution
- ▶ Chaque fourmi dépose une certaine quantité de phéromone pour chaque sommet rencontré
- ▶ Les fourmis utilisent cette information pour construire leur solution et atteindre les régions de l'espace prometteuses

Présentation
Générale

Problèmes
d'optimisation et
graphes

Métaheuristique de
l'optimisation par
colonies de fourmis

Paramétrage

Parallélisme

Variantes d'ACO

Ant System
Max-Min Ant System

Algorithme ACO

```
Definir les parametres  
Initialiser les traces de pheromones  
Tant que critere d'arret non atteint  
    Constructions des solutions  
    Optimisations locales (facultatifs)  
    Mise a jour de la pheromone  
Fin Tant que
```

Présentation
Générale

Problèmes
d'optimisation et
graphes

Métaheuristique de
l'optimisation par
colonies de fourmis

Paramétrage

Parallélisme

Variantes d'ACO

Ant System
Max-Min Ant System

Description

- ▶ m fourmis artificielles construisent des solutions à partir des c_{ij} avec ($i = 1, \dots, n$) et ($j = 1, \dots, |D_i|$), où n est le nombre de variables.
- ▶ construction incrémentale d'une solution partielle S_p initialisée à vide.
- ▶ ajout d'un voisin c_{ij} de S_p de manière probabiliste ($p(c_{ij}|S_p)$ définie selon la variante d'ACO).

Description

- ▶ Entre l'étape de construction et la mise à jour des phéromones
- ▶ Par exemple recherche taboue pour améliorer les solutions trouvées par les fourmis.
- ▶ Seules les solutions localement améliorées sont utilisées pour la maj de phéromones (étape suivante)
- ▶ Etape facultative

Présentation
Générale

Problèmes
d'optimisation et
graphes

Métaheuristique de
l'optimisation par
colonies de fourmis

Paramétrage

Parallélisme

Variantes d'ACO

Ant System
Max-Min Ant System

Mise à jour de la phéromone

Description

- ▶ But : augmenter les phéromones des bonnes solutions et diminuer celles des mauvaises.
- ▶ évaporation de toutes les phéromones
- ▶ augmenter les phéromones d'un sous ensemble de solutions S_{upd} (choix de l'ensemble selon les variantes d'ACO)
- ▶ a la fin d'une itération t , la maj est donc :

$$\forall(i, j), \tau_{ij}(t + 1) = (1 - \rho)\tau_{ij}(t) + \rho \sum_{s \in S_{upd} | c_{ij} \in s} F(s)$$

- ▶ $\rho \in [0, 1]$ est le taux d'évaporation
- ▶ $F : S \mapsto \mathbb{R}^+$ est la fonction d'évaluation (fitness)

Variation des paramètres α et β

Intensification/Diversification

- ▶ paramètre α : permet de gérer l'importance de l'intensification (favoriser l'importance de la phéromone lors de la construction d'une solution)
- ▶ paramètre β : permet de favoriser l'exploration de nouvelles régions de l'espace lors de la construction d'une solution

Système parallélisable

- ▶ informations locales pour chaque fourmi (phéromone)
- ▶ parallélisation facile
- ▶ solution multi-agent

Présentation Générale

Problèmes d'optimisation et graphes

Métaheuristique de l'optimisation par colonies de fourmis

Paramétrage

Parallélisme

Variantes d'ACO

Ant System
Max-Min Ant System

Ant System (1996 Dorigo, Maniezzo, Coloni)

Description

- ▶ J_i^k : liste des voisins non encore sélectionnés accessibles par la fourmi k depuis le sommet i
- ▶ η_{ij} : valeur heuristique : coût a priori du choix du sommet j à partir de i
- ▶ τ_{ij} : quantité de phéromone sur l'arête (i, j)
- ▶ Choix d'un voisin : $p_{ij}^k(t) = \frac{(\tau_{ij}(t))^\alpha (\eta_{ij})^\beta}{\sum_{l \in J_i^k} ((\tau_{il}(t))^\alpha (\eta_{il})^\beta)}$ si $j \in J_i^k$, 0 sinon
- ▶ Dépôt de phéromone : $\Delta\tau_{ij}^k(t) = Q/F^k(t)$ si $(i, j) \in S^k(t)$, 0 sinon. Q est une constante et $F^k(t)$ le coût de la solution S^k
- ▶ Evaporation : $\tau_{ij}(t+1) = (1 - \rho)\tau_{ij}(t) + \Delta\tau_{ij}(t)$ où $\Delta\tau_{ij}(t) = \sum_{k=1}^m \Delta\tau_{ij}^k(t)$ et m le nombre de fourmis

Valeurs initiales

- ▶ $\alpha = 1$
- ▶ $\beta = 5$
- ▶ $\rho = 0.5$
- ▶ $m \equiv n$
- ▶ $Q = 100$

Présentation
Générale

Problèmes
d'optimisation et
graphes

Métaheuristique de
l'optimisation par
colonies de fourmis

Paramétrage

Parallélisme

Variantes d'ACO

Ant System
Max-Min Ant System

Max-Min Ant System (2000 Stülze et Hoos)

Description

- ▶ seule la meilleure fourmi dépose la phéromone
- ▶ les valeurs minimales et maximales des phéromones sont explicitement fixées.
- ▶ l'algorithme est relancé depuis le début si aucune amélioration pendant un certain nombre d'itérations
- ▶ $\tau_{ij}(t+1) = (1 - \rho)\tau_{ij}(t) + \Delta\tau_{ij}^{best}(t)$ où $\Delta\tau_{ij}^{best}(t) = 1/F_{best}(t)$ si la meilleure fourmi à parcouru (i, j) , 0 sinon.