

Algorithmes génétiques (et master mind)

Séance « AG »

Bruno Bouzy

bruno.bouzy@parisdescartes.fr

www.mi.parisdescartes.fr/~bouzy

Outline

- Principe des algorithmes génétiques
- Exemple du master mind

Principe

- Une population d'individus représentés avec des gènes
- Des générations se suivent itérativement... à chaque génération:
 - Evaluation ou « fitness » des individus
 - Action de la génération
 - Sélection « naturelle »
 - Les moins bons sont éliminés
 - Les meilleurs se reproduisent
- Fin lorsque « fitness » suffisamment bonne

Sélection naturelle

- Les moins bons sont éliminés
- Les meilleurs se reproduisent par:
 - Mutation (modification légère du gène)
 - Croisement ou « cross-over » (2 gènes sont mélangés pour en donner 1 nouveau)
- Naissances spontanées aléatoires

Master mind 4x8

- Exemple: 8 couleurs
 - (blanc, rouge, violet, bleu, vert, jaune, orange, noir)
- Secret = (rouge, noir, jaune, orange) avec 4 couleurs
- Le joueur doit trouver le secret en posant des questions
- Une question = (rouge, vert, bleu, jaune)
- Une réponse = (1, 1)
 - 1 pion de la bonne couleur bien placé
 - 1 pion de la bonne couleur mal placé
- Le joueur joue itérativement

Master mind 4x8

- Si secret = (rouge, noir, jaune, orange)
- Après un historique de 2 questions réponses:
 - q1 = (rouge, vert, bleu, jaune) r1 = (1, 1)
 - q2 = (orange, blanc, vert, jaune) r2 = (0, 2)
- Le joueur doit formuler une hypothèse et la poser sous forme de question... (huhu?)

Un gène

- Une couleur est codée avec un nombre < 8
 - blanc = 0, rouge = 1, bleu = 2, violet = 3,
 - jaune = 4, orange = 5, vert = 6, noir = 7.
- Un individu = une hypothèse = une question = 4 couleurs = nombre sur 12 bits = un « gène »
- (rouge, vert, bleu, jaune) = $1 + 8 \times 6 + 8^2 \times 2 + 8^3 \times 4$
 $= 1 + 48 + 128 + 2048 = 1225$

Une population

- Plusieurs individus:
 - $i1 = (\text{noir}, \text{bleu}, \text{orange}, \text{violet})$
 - $i2 = (\text{blanc}, \text{blanc}, \text{blanc}, \text{noir})$
 - ...
 - $iN = (\text{jaune}, \text{vert}, \text{noir}, \text{rouge})$

« Fitness » d'un individu (1/3)

- Evaluation d'une question q_1 en fonction du secret

$$q_1 = (\text{rouge}, \text{vert}, \text{bleu}, \text{jaune}) \quad r_1 = (1, 1)$$

$$\text{Fitness} = \text{eval}(q_1) = \lambda x_1 + 1 = 9 \quad (\text{si } \lambda=8)$$

- Evaluation d'une hypothèse h par rapport à (q_1, r_1)

$$= | \text{eval}(q_1 | h=\text{secret}) - \text{eval}(q_1) |$$

(on souhaite que l'évaluation réelle de q et l'évaluation virtuelle de q si on suppose que $h=\text{secret}$ soient proches)

$$i_1 = h = (\text{noir}, \text{bleu}, \text{orange}, \text{violet}) \quad r' = (0, 1)$$

$$\text{eval}(i_1, (q_1, r_1)) = |1-9| = 8 \quad (\text{the smaller the better})$$

« Fitness » d'un individu (2/3)

- Une « bonne » hypothèse doit être bonne avec tous les couples (question, réponse) de l'historique
- Evaluation d'une hypothèse h par rapport à l'historique

$$\text{eval}(h, \text{historique}) = \sum_q \text{eval}(h, (q,r))$$

- Exemple:
 - $q_2 = (\text{orange}, \text{blanc}, \text{vert}, \text{jaune})$ $r_2 = (0, 2)$ $f = 2$
 - $i_1 = (\text{noir}, \text{bleu}, \text{orange}, \text{violet})$ $r'' = (0, 1)$ $f = 1$
 - $\text{eval}(i_1, (q_2, r_2)) = |1-2| = 1$
 - $\text{eval}(i_1, \text{historique}) = 8 + 1 = 9$

« Fitness » d'un individu (3/3)

- Exemple (suite):
 - $i2 = (\text{blanc}, \text{blanc}, \text{blanc}, \text{noir})$
 $q1 = (\text{rouge}, \text{vert}, \text{bleu}, \text{jaune}) \quad r = (0, 0) \quad \text{eval}(h,(q1,r1)) = |0-9| = 9$
 $q2 = (\text{orange}, \text{blanc}, \text{vert}, \text{jaune}) \quad r = (1, 0) \quad \text{eval}(h,(q2,r2)) = |8-2| = 6$
 $\text{eval}(i2, \text{historique}) = \text{fitness}(i2) = 9 + 6 = 15$
 - $iN = (\text{jaune}, \text{vert}, \text{noir}, \text{rouge})$
 $q1 = (\text{rouge}, \text{vert}, \text{bleu}, \text{jaune}) \quad r = (1, 2) \quad \text{eval}(h,(q1,r1)) = |10-9| = 1$
 $q2 = (\text{orange}, \text{blanc}, \text{vert}, \text{jaune}) \quad r = (0, 2) \quad \text{eval}(h,(q2,r2)) = |2 - 2| = 0$
 $\text{eval}(iN, \text{historique}) = \text{fitness}(iN) = 1 + 0 = 1$
 - iN est le meilleur individu

Action de la population

- Exemple:
- $q_3 = iN = (\text{jaune}, \text{vert}, \text{noir}, \text{rouge})$
- $r_3 = (0, 3)$ (étant donné que $\text{secret} = (\text{rouge}, \text{noir}, \text{jaune}, \text{orange})$)

Sélection naturelle

- Elimination des E mauvais individus

i2 = (blanc, blanc, blanc, noir) est éliminé

- Mutation des M meilleurs individus

(jaune, vert, noir, rouge) peut muter en (orange, vert, noir, rouge)

- Croisement des C meilleurs individus

(jaune, vert, noir, rouge) et (noir, bleu, orange, violet) peuvent donner:

(jaune, vert | orange, violet) ou (noir, bleu, orange | rouge)

Références

- [1] John Holland
- [2] Goldberg