

L'Algorithme d'Optimisation des Baleines pour le Problème du Sac à Dos Multiple

Selma Bettaieb

2 décembre 2024

1 Fondements Biologiques et Inspiration

1.1 Comportement Naturel des Baleines à Bosse

L'algorithme WOA s'inspire du comportement de chasse unique des baleines à bosse, notamment leur technique de "bubble-net feeding" (chasse en filet de bulles) :

1. **Création du Filet de Bulles**
 - Les baleines nagent en spirale autour de leur proie
 - Elles créent un "mur" de bulles qui désoriente et concentre les proies
2. **Stratégies de Chasse**
 - Spirale ascendante
 - Encerclement coordonné
 - Attaque synchronisée

1.2 Analogie avec l'Optimisation

Ces comportements se traduisent en stratégies d'optimisation :

- L'encerclement \rightarrow exploitation locale
- La recherche de proies \rightarrow exploration globale
- Le filet de bulles \rightarrow intensification de la recherche

2 Adaptation au Problème MKP

2.1 Formulation du MKP

Le problème du sac à dos multiple est défini par :

$$\text{Maximiser } \sum_{j=1}^n p_j x_j$$

Sous contraintes :

$$\sum_{j=1}^n w_{ij} x_j \leq c_i, \quad i = 1, \dots, m$$
$$x_j \in \{0, 1\}, \quad j = 1, \dots, n$$

où :

- p_j : profit de l'objet j
- w_{ij} : poids de l'objet j dans le sac i
- c_i : capacité du sac i
- x_j : décision binaire (1 si sélectionné, 0 sinon)

2.2 BWOA pour MKP

2.2.1 Représentation des Solutions

- Chaque baleine représente une solution binaire
- Position : vecteur binaire $X = (x_1, x_2, \dots, x_n)$
- Fitness : profit total avec pénalité pour violations de contraintes

2.2.2 Mécanismes Clés

Algorithm 1 Encerclement de la Proie

```
1: function ENCIRCLE_PREY( $X, X_{best}, A, C$ )
2:    $D \leftarrow |C \cdot X_{best} - X|$ 
3:    $X_{new} \leftarrow X_{best} - A \cdot D$ 
4:   return sigmoid_transfer( $X_{new}$ )
5: end function
```

Algorithm 2 Attaque en Spirale

```
1: function SPIRAL_ATTACK( $X, X_{best}, b, l$ )
2:    $D \leftarrow |X_{best} - X|$ 
3:    $X_{new} \leftarrow D \cdot e^{bl} \cdot \cos(2\pi l) + X_{best}$ 
4:   return sigmoid_transfer( $X_{new}$ )
5: end function
```

Algorithm 3 Recherche de Proie

```
1: function SEARCH_PREY( $X, X_{rand}, A, C$ )
2:    $D \leftarrow |C \cdot X_{rand} - X|$ 
3:    $X_{new} \leftarrow X_{rand} - A \cdot D$ 
4:   return sigmoid_transfer( $X_{new}$ )
5: end function
```

2.3 Innovations pour MKP

2.3.1 Fonction de Transfert Améliorée

$$S(x) = \frac{1}{1 + e^{-2x}}$$

- Plus adaptée aux décisions binaires
- Meilleure discrimination près de zéro

2.3.2 Réparation des Solutions

Algorithm 4 Réparation de Solution

```
1: function REPAIR_SOLUTION( $X$ , weights, capacities)
2:   while not is_feasible( $X$ ) do
3:     remove_least_profitable_item( $X$ )
4:   end while
5: end function
```

2.3.3 Fonction de Fitness Adaptative

$$Fitness(X) = \sum_{j=1}^n p_j x_j - \lambda \sum_{i=1}^m \max(0, \sum_{j=1}^n w_{ij} x_j - c_i)$$

où λ est un coefficient de pénalité dynamique

3 Avantages pour le MKP

3.1 Équilibre Exploration-Exploitation

- Phase d'exploration : recherche globale de solutions
- Phase d'exploitation : amélioration locale
- Transition adaptative entre les phases

3.2 Gestion Efficace des Contraintes

- Mécanisme de réparation intégré
- Pénalisation adaptative des violations
- Maintien de la diversité des solutions

3.3 Performance sur Grandes Instances

- Exploration efficace des grands espaces
- Convergence rapide vers des solutions réalisables
- Adaptation automatique à la taille du problème

4 Résultats Expérimentaux

4.1 Avantages Observés

- Meilleure performance sur grandes instances (MKP7-MKP8)
- Convergence plus rapide que BPSO et BGSA
- Stabilité accrue sur instances complexes

4.2 Comparaison des Écarts-Types

- Plus stable que BGSA sur toutes les instances
- Comparable à l'approche hybride sur grandes instances

5 Paramètres Critiques

5.1 Paramètres de Contrôle

- a : diminue linéairement de 2 à 0
- b : définit la forme de la spirale (typiquement 1)
- l : paramètre aléatoire $[-1,1]$

5.2 Configuration Optimale

- Population : 30 individus
- Iterations : 1000
- Probabilité de saut : 0.5