

République Algérienne Démocratique et Populaire

Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique

Université Hadj Lakhdar de Batna

Faculté des Sciences de l'Ingénieur

Thèse

En vue de l'obtention du diplôme de

Doctorat en Informatique

**Contributions à la Segmentation
d'images basées sur la résolution
collective par colonies de fourmis
artificielles**

Présentée le 04/07/ 2006

par

OUADFEL SALIMA

Devant le jury composé de :

Président N. Bouguechal

Prof., Université de Batna

Examineurs L. Hamami

MC., l'E .N.P.A

A. Moussaoui

MC., Université de Setif

A. Zidani

MC., Université de Batna

Rapporteur M. Batouche

Prof., Université de Constantine

Résumé

Le travail présenté dans cette thèse décrit une nouvelle approche pour la segmentation d'images. Cette approche s'inspire des comportements collectifs et auto-organisé des fourmis dans la nature. Elle se base sur une population de fourmis artificielles simples capables de s'auto-organiser pour faire émerger une segmentation optimale.

Dans un premier temps, on s'est inspiré du comportement collectif de tri de couvain observé chez les fourmis pour développer une méthode de classification non supervisée. Les pixels de l'image sont initialement placés sur un tableau de cases représentant l'environnement des fourmis. Selon une fonction de similarité locale, les fourmis vont déplacer les pixels d'une case à une autre dans le but d'obtenir des classes homogènes et bien séparées. La méthode testée sur des images synthétiques et réelles a montré son efficacité et sa capacité à extraire un nombre correct de classes avec une partition de bonne qualité en comparaison à l'algorithme classique Kmeans.

Dans un second temps, le comportement collectif de recherche de nourriture a été utilisé pour la segmentation d'images basée sur les champs de Markov. L'image est segmentée en maximisant la probabilité a posteriori (MAP) utilisant des algorithmes inspirés de la métaheuristique « Optimisation par les Colonies de Fourmis ». Une colonie de fourmis artificielles construit de nouvelles partitions selon un processus itératif et stochastique en utilisant une information heuristique et des traces de phéromones artificielles. Les nouvelles partitions sont ensuite optimisées en utilisant un algorithme de recherche local. Une étape de diversification est aussi introduite afin de diversifier la recherche. Les résultats obtenus donnent de bons résultats comparés à ceux obtenus par d'autres méthodes d'optimisation.

Mots clés : Segmentation, Classification non supervisée, champ de Markov, Optimisation, fourmis artificielles.

Abstract

The work described a new approach for image segmentation. This approach is inspired from some swarm and auto-organized compartments of real ants in the nature. It is based on a population of artificial and simple ants capable of auto-organizing in order to emerge an optimal segmentation.

In the first part of the work, we have used the self-organizing and autonomous brood sorting behavior observed in real ants for unsupervised image classification. Ants move on a discrete array of cells representing the ants' environment. Ants may move pixels that are scattered within the cells of the array according to a local similarity function. In this way, ants form clusters without the initial knowledge of the number of clusters and initial partition. Experimental results on synthetic and real images demonstrate the ability of the method to extract the correct number of clusters with good clustering quality compared to the results obtained from the classical clustering algorithm Kmeans.

In the second part, the food hunting compartment has been used for image segmentation based on the Markov Random Field. The image is segmented by maximizing the a posteriori probability (MAP) using algorithms inspired from the ant colony optimization metaheuristic. A colony of artificial ants build new partitions within a stochastic iterative process, by adding solution components to partial solutions using a combination of heuristic information and an artificial pheromone trail. The new partitions found by ants are then optimized using a local search algorithm. Pheromone trails are reinforced according to the quality of the partitions found by the best ant. A diversification phase is also used to diversify the search. The experimental results presented outperform those obtained with other optimization methods.

Keywords: Segmentation, Unsupervised Classification, Markov Random Field, Optimization, Artificial ants.

TABLE DES MATIERES

Chapitre 1. introduction générale.....	13
1.1 Contexte de l'étude : la vision par ordinateur	13
1.2 La segmentation d'images.....	15
1.3 Motivations.....	16
1.4 Résolution de problèmes par émergence.....	17
1.5 Contributions.....	19
1.6 Structure et contenu de la thèse.....	21
Chapitre 2. Le phénomène d'émergence et l'informatique.....	24
2.1 Introduction.....	24
2.2 Caractérisation d'un phénomène émergent.....	25
2.3 L'auto-organisation comme technique d'émergence	26
2.3.1 Définitions.....	27
2.3.2 Les mécanismes de l'auto-organisation	28
2.4 L'intelligence en essaim.....	30
2.5 Emergence et systèmes artificiels collectifs.....	30
2.5.1 Algorithmes évolutionnaires et algorithmes génétiques	31
2.5.2 Les réseaux de neurones.....	36
2.5.3 Algorithmes à essaims de particules	40
2.5.4 Les algorithmes de fourmis artificielles	42
2.6 Conclusion.....	44
Chapitre 3. Les Fourmis artificielles	46
3.1 Introduction	46
3.2 Généralités sur les fourmis.....	46
3.3 Quelques concepts de base.....	50
3.4 Les algorithmes de fourmis artificielles pour l'optimisation combinatoire.....	51
3.4.1 Inspiration biologique : le fourragement collectif par stigmergie.....	51
3.4.2 Les expériences	52
3.4.3 Modèles de fourragement pour la résolution des problèmes d'optimisation ...	54
3.4.4 Autres domaines d'application.....	58
3.4.5 La métaheuristique « optimisation par les colonies de fourmis ».....	59
3.5 Les algorithmes de fourmis artificielles pour la classification automatique.....	62
3.5.1 Inspiration biologique	62
3.5.2 Modèles du tri du couvain et application à la classification de données.....	62
3.5.3 Autres domaines d'application.....	67
3.5.4 Autres sources d'inspiration.....	67
3.6 Conclusion.....	68
Chapitre 4. La segmentation d'images.....	71
4.1 Introduction	71
4.2 La vision artificielle	71
4.3 Architecture typique d'un système de vision	72
4.4 Techniques de segmentation	74
4.4.1 Détection de contours.....	75
4.4.2 Détection de régions homogènes.....	78

4.4.3	Les méthodes de classification	87
4.4.4	Les méthodes de segmentation biomimétiques	99
4.5	Méthodes d'évaluation des résultats de segmentation en régions	106
4.5.1	Evaluation par comparaison avec une segmentation de référence	107
4.5.2	L'évaluation se référant à l'image originale	111
4.6	Conclusion	116
Chapitre 5. Des fourmis pour la classification automatique des images.....		119
5.1	Introduction	119
5.2	L'algorithme AntClust	120
5.2.2	L'environnement des fourmis	120
5.2.3	Les fourmis et leurs comportements	121
5.3	Etude expérimentale	126
5.3.1	Les images de test	126
5.3.3	Les mesures d'évaluation	127
5.3.4	Comparaison des résultats	128
5.3.5	Les résultats	128
<u>5.3.6.</u>	Conclusion	132
Chapitre 6. Résolution collective de la segmentation par relaxation Markovienne.....		135
6.1	Introduction	135
6.2	Motivations.....	135
6.3	Segmentation d'images par classification markovienne	136
6.3.1	Modélisation des observations	137
6.3.2	Modélisation des connaissances a priori	138
6.3.3	L'énergie totale	139
6.4	Transposition de OCF à la segmentation d'images par relaxation Markovienne ..	140
6.4.1	Le modèle de représentation	140
6.4.2	Comportement individuel de la fourmi	141
6.4.3	Le modèle de coopération entre les fourmis	141
6.4.4	La construction de partitions	142
6.5	Résultats expérimentaux	153
6.5.1	Etude de la convergence.....	157
6.5.2	Etude de la robustesse	158
6.6	Conclusion.....	159
Chapitre 7. Conclusion générale.....		161
	Perspectives.....	162
Annexe A		164
Modélisation Markovienne pour la segmentation d'images		164
Annexe B		164
	Nos publication.....	168
Bibliographie.....		175