



جامعة محمد الخامس بالرباط
Université Mohammed V de Rabat

École Nationale Supérieure d'Informatique et d'Analyse des Systèmes
Centre d'Études Doctorales en Sciences des Technologies de l'Information et de l'Ingénieur

AVIS DE SOUTENANCE DE THESE DE DOCTORAT

Madame Safae BOUZBITA

soutiendra publiquement sa thèse de Doctorat en Informatique

Le Jeudi 15 Juillet 2021 à 11h au Grand amphi à l'ENSIAS

Intitulé de la thèse

**Adaptation of Ant Colony System Meta-heuristic
Parameters Using Machine Learning Algorithms**



Devant le Jury composé de :

Président :

Pr. Mahmoud NASSAR, PES, ENSIAS, Université Mohammed V de Rabat

Directeur de thèse :

Pr. Abdellatif EL AFIA, PES, ENSIAS, Université Mohammed V de Rabat

Rapporteurs :

Pr. Mohamed ETTAOUIL, PES, FST, Université Sidi Mohamed Ben Abdellah de Fès

Pr. Abdellah EL FALLAHI, PES, ENSA Tétouan, Université Abdelmalek Essâdi de Tétouan

Pr. Raddouane CHIHEB, PES, ENSIAS, Université Mohammed V de Rabat

Examineurs :

Pr. Mohammed AL ACHHAB, PH, ENSA Tétouan, Université Abdelmalek Essâdi de Tétouan

Pr. Mohamed LAZAAR, PH, ENSIAS, Université Mohammed V de Rabat

Adaptation of Ant Colony System Meta-heuristic Parameters Using Machine Learning Algorithms

Abstract: Evolving Ant Colony Optimization (ACO) metaheuristic algorithms which belong to Swarm Intelligence (SI) algorithms have been the centre of attention of many researchers since the first unveiling of Ant System (AS) till today. One of the most important ACO evolving methods is the parameter adaptation. Researchers either choose online or offline adaptation strategies based on some performance measures of ACO algorithms which are considered as indicators that help for an adequate parameter adaptation. There are several ways of adapting parameters. In particular, self-adaptation and search-based adaptation strategies are the most used technique for parameter adaptation. The exploitation of machine learning techniques as search-based adaptation strategies for ACO algorithms has become a unifying theme in the field of parameter variation. However, adaptation results vary from one technique to another.

This thesis is written in the form of a synthesis which aims to analyze the configuration and adaptation of the parameters of the Ant Colony System (ACS) algorithm by developing two machine learning algorithms which are: Fuzzy Logic Controller (FLC) and the Hidden Markov Model (HMM)). The adaptation of the parameters will be done in two ways for each machine learning algorithm: a so-called homogeneous way where all the particles (ants) of the ant colony system will have the same initial values of the parameters, and a heterogeneous way in which each particle (ant) will have its own value for each parameter. The adaptation of the parameters is based on performance measures which serve as inputs to the learning algorithms (Fuzzy Logic and Hidden Markov Model) and which determine the nature of adaptation.

The first chapter gives a general introduction. In the second chapter, an introduction to the fuzzy logic algorithm of artificial intelligence, its principle and its components were highlighted. Also, a fuzzy logic-based meta model for tuning the parameters of the Ant Colony System ACS algorithm has been proposed. The third chapter introduces the Hidden Markov Model (HMM) mechanism, its types, its elements, its three fundamental problems, and its applications. In the fourth chapter, a new concept is introduced, that of heterogeneity and specifically in the area of Swarn intelligence. The goal of heterogeneity is to improve the performance of algorithms. In the fifth chapter, we adapt the parameters of the ACS algorithm using the Hidden Markov model approach in a heterogeneous way, and this according to certain performance measures.

To prove the effectiveness of each adaptation for each parameter, the traveling salesman's problem was chosen as a test bed for the ACS standard and thus the



hybridization of fuzzy logic and HMM with the ACS standard. Statistical tests were carried out to confirm the significance of the adaptation of the parameters.

The importance of this research consists in its ability to provide researchers with a report on the adaptation of all ACS parameters, which provides new avenues for research in the field of adaptation and prediction of parameters and their values. based on machine learning.

Keywords: Swarm intelligence, metaheuristic, machine learning, Ant Colony System, Hidden Markov Model, Fuzzy Logic Controller, Parameters adaptation.



Résumé : L'évolution des algorithmes d'optimisation de métaheuristiques (ACO) qui appartiennent aux algorithmes Swarm Intelligence (SI) ont été au centre de l'attention de nombreux chercheurs depuis le premier dévoilement du système Ant (AS) jusqu'à aujourd'hui. L'adaptation des paramètres est l'une des méthodes d'évolution de l'ACO les plus importantes. Les chercheurs choisissent des stratégies d'adaptation en ligne ou hors ligne sur la base de certaines mesures de performance des algorithmes ACO qui sont considérées comme des indicateurs aidant à une adaptation adéquate des paramètres. Il existe plusieurs manières d'adapter les paramètres. En particulier, les stratégies d'auto-adaptation et d'adaptation basées sur la recherche sont la technique la plus utilisée pour l'adaptation des paramètres. L'exploitation des techniques d'apprentissage automatique en tant que stratégies d'adaptation basées sur la recherche pour les algorithmes ACO est devenue un thème fédérateur dans le domaine de la variation des paramètres. Cependant, les résultats d'adaptation varient d'une technique à l'autre.

Cette thèse est rédigée sous forme d'une synthèse qui a pour but d'analyser la configuration et l'adaptation des paramètres de l'algorithme d'Ant Colony System (ACS) en utilisant deux algorithmes d'apprentissage automatique qui sont : la logique floue (Fuzzy Logic) et le modèle de Markov caché (Hidden Markov Model (HMM)).

L'adaptation des paramètres sera faite de deux manières pour chaque algorithme d'apprentissage automatique : une manière dite homogène où toutes les particules (ants) d'ant colony system auront les mêmes valeurs initiales des paramètres, et une manière hétérogène dans laquelle chaque particule (ant) aura sa propre valeur pour chaque paramètre.

L'adaptation des paramètres est basée sur des mesures de performance qui servent comme des entrées pour les algorithmes d'apprentissage (Fuzzy Logic et Hidden Markov Model) et qui déterminent la nature d'adaptation.

Le premier chapitre donne une introduction générale. Dans le deuxième chapitre, une introduction à l'algorithme de la logique floue (Fuzzy logic) de l'intelligence artificielle, son principe et ses composants ont été mis en évidence. Aussi, un méta modèle basé sur la logique floue pour l'adaptation des paramètres de l'algorithme de système de colonie de fourmis (Ant Colony System ACS) a été proposé. Le troisième chapitre introduit le mécanisme de modèle de Markov caché (Hidden Markov Model (HMM)), ses types, ses éléments, ses trois problèmes fondamentaux, et ses applications. Dans le quatrième chapitre, un nouveau concept est introduit, celui de l'hétérogénéité et spécifiquement dans le domaine de l'intelligence en essaim (Swarm intelligence). Le but de l'hétérogénéité est d'améliorer la performance des algorithmes. Dans le cinquième chapitre, nous adaptons les paramètres de l'algorithme ACS en utilisant l'approche du modèle de Markov caché d'une façon hétérogène, et cela en fonction de certaines mesures de performance.

Pour prouver l'efficacité de chaque adaptation pour chaque paramètre, le problème du voyageur de commerce a été choisi comme banc d'essai pour le standard ACS et ainsi l'hybridation de fuzzy logic et HMM avec le standard ACS.

Des tests statistiques ont été effectués pour confirmer la signification de l'adaptation des paramètres.

La valeur de cette recherche consiste en sa capacité de fournir aux chercheurs un bilan sur l'adaptation de tous les paramètres d'ACS ce qui donne des nouvelles pistes de recherche dans le domaine d'adaptation et de la prévision des paramètres et de leurs valeurs en se basant sur l'apprentissage automatique.

Mots-clés : Intelligence en essaim, Métaheuristique, Apprentissage automatique, Système de Colonies de fourmis, Modèle de Markov caché, Contrôleur de logique floue, Adaptation de paramètres.

