

Optimisation des tournées de véhicules avec clients stochastiques par une approche d'apprentissage automatique

Mohamed Salim Amri Sakhri¹, Marwa Ben-Hassine², Mounira Tlili²

¹ LERIA, Université d'Angers, 2 Boulevard Lavoisier, 49045 Angers, France
mohamedsalim.amrisakhri@univ-angers.fr

² ISTLS, Université de Sousse, 4023 Sousse, Tunisie
{marwa.benhassine, mounira.tlili}@istls.u-sousse.tn

Mots-clés : *problème de tournées de véhicules, clients stochastiques, apprentissage automatique, optimisation combinatoire.*

1 Introduction

La résolution du problème des tournées de véhicules avec clients stochastiques représente un défi crucial dans le domaine de l'optimisation combinatoire. Ce problème, évoluant dans le contexte d'un graphe $G = (V, E)$ avec des nœuds V et des arêtes E , cherche à trouver une allocation optimale des véhicules pour minimiser les coûts associés à leurs déplacements. Dans le cadre spécifique de notre étude, le problème des tournées de véhicules se distingue par la présence de deux échelons distincts. Le premier échelon comprend le fournisseur, tandis que le second comprend les clients avec une demande déterministe. Une particularité importante réside dans la contrainte d'apparition de clients qui ne sont pas programmés à l'avance, ajoutant une dimension stochastique à la planification des tournées [1]. Notre objectif est de développer une méthode adaptative et efficace, basée sur l'apprentissage automatique, pour résoudre ce problème complexe et dynamique.

Traditionnellement, plusieurs heuristiques ont été proposées pour aborder ce défi, chacune avec ses propres avantages et limitations [2]. Cependant, en raison de la nature complexe et stochastique des données associées aux clients (ajout / annulation), il devient impératif d'explorer des approches plus sophistiquées. Dans cette perspective, nous avons opté à l'application de méthodes d'apprentissage automatique. Cette approche novatrice vise à exploiter la puissance des algorithmes d'apprentissage pour modéliser les schémas complexes et les relations non linéaires inhérents aux données des tournées de véhicules [3]. Plutôt que de s'appuyer uniquement sur des heuristiques classiques, l'utilisation de l'apprentissage automatique offre la possibilité d'adapter dynamiquement les stratégies de résolution en fonction des variations stochastiques des conditions réelles.

2 Conception de l'algorithme de résolution

Notre approche de résolution se déroule sur trois phases fondamentales. Dans la première phase, nous abordons la résolution d'un problème de tournées de véhicules classique. À cette fin, nous avons choisi d'utiliser une méthode d'apprentissage non supervisé, en l'occurrence l'algorithme K-means [4]. Cette méthode nous a permis de regrouper les clients en clusters en fonction de leurs emplacements dans l'espace de recherche. Ensuite, une heuristique de recherche locale a été appliquée pour déterminer une solution optimale à l'intérieur de chaque cluster.

Dans la deuxième phase, nous nous attaquons au problème spécifique des tournées de véhicules avec clients stochastiques (VRPCS). Dans cette configuration, nous avons suivi la même

approche que précédemment, avec une modification importante : les clusters générés par la méthode K-means ont été transformés en classes. Lors de l'apparition d'un nouveau client, nous avons intégré la méthode KNN (K-Nearest Neighbors) pour attribuer le nouveau client à une classe préalablement déterminée [5]. Enfin, nous avons appliqué une méthode de recherche locale pour déterminer les itinéraires optimaux de chaque véhicule, prenant en compte la dynamique stochastique introduite par l'apparition de clients non planifiés. Cette approche hybride, combinant l'apprentissage non supervisé, la classification, et la recherche locale, vise à offrir une solution robuste et efficace au défi complexe des tournées de véhicules avec clients stochastiques.

3 Experimentations

Dans cette étude, nous avons commencé par appliquer au problème VRP puis au VRPSC l'algorithme du plus proche voisin (NN) amélioré avec la technique 2-opt à travers quatre scénarios différents, chacun représentant un nombre croissant de clients. Les résultats ont révélé une tendance où, à mesure que le nombre de clients augmentait, le nombre de tournées et la distance totale parcourue augmentent également, mettant en évidence la complexité croissante du problème. En explorant l'utilisation de l'algorithme K-means en conjonction avec (NN & 2-opt), nous avons constaté que cette approche de regroupement améliorerait la création de tournées en considérant la proximité géographique des clients. Les résultats ont démontré des distances totales réduites par rapport à l'utilisation de (NN & 2-opt) seul, avec des différences significatives dans la distance et du temps d'exécution. Ces observations soulignent l'efficacité de l'intervention de K-means avec (NN & 2-opt) pour résoudre efficacement le problème VRP.

Dans le cadre des mêmes scénarios dans le cas du VRP, notre approche novatrice a combiné l'apprentissage automatique supervisé avec KNN, l'apprentissage automatique non supervisé via K-means, et l'algorithme heuristique (NN & 2-opt) pour résoudre le problème complexe de VRPSC. L'objectif principal était de minimiser la distance parcourue et le temps d'exécution tout en optimisant la planification des tournées des véhicules. Les résultats obtenus révèlent que l'utilisation de KNN pour classer les nouveaux clients dans les clusters établis par K-means contribue à une réduction significative du temps nécessaire pour atteindre la solution optimale par rapport à l'utilisation exclusive de (NN & 2-opt) ou de K-means avec (NN & 2-opt) chaque fois qu'un nouveau client apparaît dans l'espace de recherche. Ces résultats prometteurs suscitent un optimisme quant à l'efficacité de l'apprentissage automatique dans les applications futures des problèmes de routage de véhicules, ouvrant ainsi des perspectives intéressantes pour des avancées dans ce domaine.

Références

- [1] Zhang Zheng, Bin Ji, and Samson S. Yu. An adaptive tabu search algorithm for solving the two-dimensional loading constrained vehicle routing problem with stochastic customers. *Sustainability*, vol. 15, no 2, p. 1741, 2023.
- [2] Ni Qiuping, and Yuanxiang Tang. A Bibliometric Visualized Analysis and Classification of Vehicle Routing Problem Research. *Sustainability*, vol. 15, no 9, p. 7394, 2023.
- [3] Accorsi Luca, Andrea Lodi, and Daniele Vigo. Guidelines for the computational testing of machine learning approaches to vehicle routing problems. *Operations Research Letters*, vol. 50, no 2, p. 229-234, 2022.
- [4] Revanna Jai Keerthy Chowlur, and Nushwan Yousif B. Al-Nakash. Vehicle routing problem with time window constrain using KMeans clustering to obtain the closest customer. *Global Journal of Computer Science and Technology*, vol. 22, no D1, p. 25-37, 2022.
- [5] Zakir Hussain Ahmed, Asaad Shakir Hameed, Modhi Lafta Mutar, and Habibollah Haron. An Enhanced Ant Colony System Algorithm Based on Subpaths for Solving the Capacitated Vehicle Routing Problem. *Symmetry*, vol. 15, no 11, p. 2020, 2023.