

Couplage des heuristiques et l'apprentissage pour la résolution d'un modèle ILRP collaboratif et durable

Aymen Aloui, Nadia Hamani, Laurent Delahoche

Université de Picardie Jules Verne, Laboratoire des Technologies Innovantes, 80025 Amiens, France
{aymen.aloui,nadia.hamani,laurent.delahoche}@u-picardie.fr

Mots-clés : *collaboration, durabilité, Inventory-Location-Routing Problem, k-means Clustering, k-Nearest Neighbor, heuristique, transport de marchandises.*

1 Introduction

La conception des réseaux de distribution affecte considérablement la performance des chaînes logistiques en raison de son influence à long terme sur les coûts d'inventaire, d'exploitation des installations et de transport [1]. Afin de créer une stratégie efficace pour la planification des réseaux de distribution et assurer une meilleure compétitivité logistique, les entreprises doivent considérer un modèle de planification global et intégré qui combine les différents problèmes de décision, ce nouveau problème est connu sous le nom Inventory-Location-Routing Problem (ILRP). De plus, lors des dernières années, les préoccupations socio-environnementales ont été considérées comme des contraintes clés que les entreprises doivent prendre en compte dans la planification de leurs réseaux afin de créer des synergies pour augmenter leur compétitivité [2]. C'est dans ce contexte que la collaboration logistique entre les fournisseurs est récemment devenue une pratique prometteuse et émergente pour les entreprises qui souhaitent améliorer à la fois leur efficacité en matière de transport de marchandises et leur performance en matière de durabilité [3]. Cette étude répond à ces préoccupations en traitant le problème de planification intégrée et collaborative des décisions d'inventaire, de localisation et de routage prises sous des considérations de durabilité.

2 Proposition d'un modèle intégré, collaboratif et durable

L'ILRP vise à optimiser simultanément les décisions de localisation-allocation, de gestion de stocks et de routage des véhicules. Dans cette étude, deux échelons de la chaîne de distribution sont considérés : (i) le premier échelon "fournisseurs-centres de distribution" dans lequel les fournisseurs cherchent à satisfaire une demande non-constante et déterministe dans chaque période de planification en consolidant les produits dans les centres de distribution ; et (ii) le deuxième échelon "centres de distribution-clients" dans lequel les clients sont servis à partir des centres de distribution. En effet, deux configurations de distribution sont considérées et comparées dans cette étude : (i) une configuration traditionnelle (non-collaborative) où chaque fournisseur ne sert que ses propres clients et transporte ses produits à un centre de distribution indépendant ; et (ii) une configuration collaborative où une alliance entre les différents acteurs logistiques est formée. Dans cette dernière, les fournisseurs collaborent en partageant les ressources et les informations pour planifier conjointement leurs décisions, et garantir la fluidité de transport. L'objectif du modèle ILRP considéré est de déterminer le nombre et le type des centres de distribution à ouvrir ainsi l'affectation des clients et des fournisseurs aux centres de distribution sélectionnés, la quantité à stocker dans chaque période et le routage dans le premier et le deuxième échelon.

Afin de comparer les deux configurations logistiques d'un point de vue de durabilité, nous avons utilisé trois indicateurs de performance, à savoir le coût logistique total, les émissions

de CO_2 dues au fonctionnement des centres de distribution et aux activités de transport ainsi que le taux d'accident lié au transport.

À notre connaissance, cette étude est la première qui intègre la stratégie collaborative dans le ILRP à deux échelons et à plusieurs périodes. Dans l'ILRP classique, les recherches existantes n'ont considéré qu'un seul fournisseur dans le premier échelon dans lesquelles le routage s'effectue uniquement au deuxième échelon [4, 6].

Pour résoudre le ILRP collaboratif et non-collaboratif, une formulation de programmation linéaire mixte est proposée et adaptée à ces problèmes d'optimisation et des instances de problèmes de petite taille sont résolues à l'aide du solveur CPLEX [5]. Toutefois, le ILRP est un problème NP-difficile [6]. Par conséquent, il est difficile de résoudre, à l'optimalité, les instances à grande échelle dans un temps de calcul raisonnable. Ainsi, nous proposons, dans cette étude, un algorithme basé sur l'apprentissage automatique pour trouver des solutions efficaces proches de l'optimalité dans un délai raisonnable. L'approche développée combine le k-means Clustering, le k-Nearest Neighbors et un algorithme glouton.

3 Résultats et perspectives

Les expériences numériques menées sur des instances de petite et de moyenne taille montrent que l'heuristique proposée est capable de donner des solutions efficaces dans un délai raisonnable. De plus, les résultats ont révélé que le modèle ILRP collaboratif surpasse le ILRP non-collaboratif car il peut réduire considérablement les coûts logistiques, les émissions et le taux d'accident. Cependant, cette recherche ne considère que les demandes déterministes et n'étudie aucune source de perturbation. Dans nos futurs travaux, nous intégrerons des perturbations pour concevoir des réseaux de distribution collaboratifs et résilients. De plus, nous proposerons d'optimiser simultanément les trois objectifs de durabilité dans un modèle exhaustif.

Références

- [1] Xiaojin Zheng, Meixia Yin and Yanxia Zhang. Integrated optimization of location, inventory and routing in supply chain network design. *Transportation Research Part B : Methodological*, 2019, vol. 121, p. 1-20.
- [2] Biuki, Mehdi, Abolfazl Kazemi, and Alireza Alinezhad. An integrated location-routing-inventory model for sustainable design of a perishable products supply chain network. *Journal of Cleaner Production*,, 2020, vol. 260, p. 120842.
- [3] Aymen Aloui, Nadia Hamani, Ridha Derrouiche and Laurent Delahoche. Systematic literature review on collaborative sustainable transportation : overview, analysis and perspectives. *Transportation Research Interdisciplinary Perspectives*, 2021, vol. 9, p. 100291.
- [4] Weitiao Wu, Wei Zhou, Yue Lin, Yuanqi Xie and Wenzhou Jin. A hybrid metaheuristic algorithm for location inventory routing problem with time windows and fuel consumption. *Expert Systems with Applications*, 2021, vol. 166, p. 114034.
- [5] Aymen Aloui, Nadia Hamani, Ridha Derrouiche and Laurent Delahoche. Assessing the benefits of horizontal collaboration using an integrated planning model for two-echelon energy efficiency-oriented logistics networks design. *Journal of Systems Science : Operations & Logistics*, 2021, 0, p. 1-22.
- [6] Ahmad Sayed Saif, Eddine Mohammed, Mostafa El-Beheiry and Amin Kamel. El-Kharbotly An improved genetic algorithm for optimizing total supply chain cost in inventory location routing problem. *Ain Shams Engineering Journal*, 2019, vol. 10, no 1, p. 63-76.