



Institut National de Statistique
et d'Economie Appliquée



Centre des Etudes Doctorales
Sciences, Ingénierie
et Développement Durable

Avis de soutenance de thèse de Doctorat

Monsieur Mohammed BAZIRHA

Soutiendra publiquement sa thèse de Doctorat
le **jeudi 29 décembre 2022 à 10h**
à la salle de conférence de l'INSEA

Intitulé de la thèse

***Mathematical models and heuristics for the home
health care routing and scheduling problem***

Devant le jury composé de :

Président :

Pr. Adil Kebbaj, PES, INSEA

Directeur de thèse :

Pr. Abdeslam KADRANI, PES, INSEA

Membres du jury :

Pr. Youssef BENADADA, PES, ENSIAS-Université Mohammed V de Rabat

Pr. Rachid ELLAIA, PES, EMI

Pr. Souad EL BERNOUSSI, PES, Faculté des sciences-Université Mohammed V de Rabat

Pr. Ouzineb Mohamed, PES, INSEA

Pr. Benmansour Rachid, INSEA: Invité (co-directeur de thèse)

Résumé

Cette thèse traite le problème de routage et de planification des soins de santé à domicile (HHCRSP), qui est une classe de problèmes de planification de la main-d'œuvre. Le HHCRSP est une extension du problème de tournées de véhicules avec fenêtres de temps (VRPTW) auquel sont ajoutées des contraintes liées au contexte des soins à domicile. Il vise à fournir des services de soins aux patients à leur domicile et à éviter les déplacements vers les hôpitaux. Nous avons traité trois problèmes différents du point de vue de l'optimisation. Dans le premier, nous avons considéré un modèle déterministe pour traiter le HHCRSP avec des fenêtres de temps multiples, des services multiples, leur synchronisation s'ils doivent être simultanés et des compétences requises. Nous avons proposé un nouveau modèle mathématique et une heuristique basée sur la recherche générale à voisinage variable (GVNS) pour résoudre les grandes instances. Dans le deuxième problème, nous avons étendu le modèle déterministe pour faire face aux incertitudes en termes de temps de déplacement et de service. Nous avons proposé deux modèles de programmation stochastique avec recours (SPR). Dans le premier modèle SPR, nous avons défini le recours comme un coût de pénalité pour le retard des services et une rémunération pour les heures supplémentaires des soignants. Dans le second modèle SPR, nous avons défini le recours comme le fait de sauter des patients si leurs fenêtres de temps ne sont pas respectées. Nous avons intégré la simulation de Monte-Carlo, qui est utilisée pour estimer l'espérance du recours, dans l'heuristique basée sur l'algorithme génétique (AG) pour résoudre les modèles SPR. Dans le dernier problème, nous avons gardé la nature du modèle multi-objectif, sans agréger ses fonctions objectifs, et nous avons utilisé les algorithmes basés sur la dominance de Pareto pour trouver les solutions non dominées et impliquer par la suite le décideur pour choisir celle qu'il préfère. Deux approches, basées sur Pareto et sur la décomposition, avec des algorithmes évolutionnaires multi objectifs sont adoptés pour résoudre le HHCRSP. Trois algorithmes sont mis en œuvre : l'algorithme génétique de tri non dominé II (NSGA-II), l'algorithme évolutionnaire multi objectifs basé sur la décomposition (MOEA/D) et un algorithme hybride NSGA-II avec MOEA/D (hybride). Les résultats de calcul ont mis en évidence l'efficacité du GVNS pour résoudre le modèle déterministe et l'adéquation de l'AG à être utilisé avec la simulation pour résoudre le modèle SPR. Pour le modèle multi objectifs, les résultats de calcul et les mesures de performance ont montré que l'algorithme hybride a trouvé des solutions qui s'approchent mieux de la frontière de Pareto, tandis que l'algorithme MOEA/D a résolu les instances plus rapidement en termes de temps d'exécution du CPU.

Abstract

This thesis addressed the home health care routing and scheduling problem (HHCRSP), which is a class of workforce scheduling problems. The HHCRSP is an extension of the vehicle routing problem with time windows (VRPTW) to which the constraints related to the HHC context are added. It aims to provide care services to patients at their homes instead of going to the hospital. We dealt with three different problems from the optimization viewpoint. In the first one, we considered a deterministic model to tackle the HHCRSP with multiple time windows, multiple services, their synchronization if they are required to be simultaneous and skill requirements. We proposed a new mathematical to solve this problem along with a general variable neighborhood search (GVNS) based heuristic to solve large instances. In the second problem, we extended the deterministic model to cope with uncertainties in terms travel and service times. We proposed two stochastic programming models with recourse (SPR). In the first SPR model, we defined the recourse as a penalty cost for the tardiness of services and a remuneration for caregivers' overtime. In the second SPR model, we defined the recourse as skipping patients if their time windows should be violated. We embedded Monte Carlo simulation, which is used to estimate the expected value of recourse, into a genetic algorithm (GA) based heuristic to solve SPR models. In the last problem, we kept the multi-objective aspect of the deterministic model without aggregating its objective functions, and we used algorithms based on Pareto dominance to find the non-dominated solutions and then involve the decision-maker to select which one she/he prefers. Two approaches, Pareto and decomposition based, with multi-objective evolutionary algorithms are adopted to solve the HHCRSP. Three algorithms are implemented: non-dominated sorting genetic algorithm II (NSGA-II), multi-objective evolutionary algorithm based on decomposition (MOEA/D) and a hybrid NSGA-II with MOEA/D (hybrid) algorithm. Computational results highlighted the efficiency of GVNS to solve the deterministic model and the adequacy of the GA to be used with the simulation to solve the SPR model. For the multi-objective HHCRSP, computational results and performance measures inferred that the hybrid algorithm found solutions that better approximate the Pareto front while the MOEA/D algorithm solved instances faster in terms of CPU running times.

ملخص

تناول هذه الأطروحة مشكل تحديد المسارات والجدولة الزمنية للرعاية المنزلية (HHCRSP)، وهي فئة من مشاكل الجدولة الزمنية للقوى العاملة. يعد HHCRSP امتدادًا لمشكل تحديد مسارات السيارات مع النوافذ الزمنية (VRPTW) والتي تُضاف إليها قيود تتعلق بسياق الرعاية المنزلية. يهدف HHCRSP إلى تقديم خدمات الرعاية للمرضى في منازلهم وتجنب التنقل إلى المستشفيات. تعاملنا مع ثلاث مشاكل مختلفة من منظور البحث عن الحل الأمثل. في الأول، اعتبرنا نموذجًا حتميًا لمعالجة HHCRSP بنوافذ زمنية متعددة، وخدمات متعددة، ومزامنتها إذا كان مطلوبًا أن تكون الخدمات في أن واحد ومتطلبات المهارة. لقد اقترحنا نموذجًا رياضيًا جديدًا وحل إرشادي يعتمد على بحث متغير في الجوار (GVNS) لحل الحالات الكبيرة للمشكل. في المشكلة الثانية، قمنا بتوسيع النموذج الحتمي للتعامل مع عشوائية أوقات السفر والخدمة. اقترحنا نموذجين للبرمجة العشوائية مع الرجوع (SPR). في نموذج SPR الأول، حددنا الرجوع على أنه تكلفة جزائية لتأخر الخدمات ومكافأة عن العمل الإضافي لمقدمي الرعاية. في نموذج SPR الثاني، قمنا بتعريف اللجوء على أنه تخطي المرضى إذا تم انتهاك نوافذهم الزمنية. قمنا بتضمين محاكاة مونت كارلو، والتي تُستخدم لتقدير القيمة المتوقعة للرجوع، في حل إرشادي يعتمد على الخوارزميات الجينية (GA) لحل النموذجين SPR. في المشكلة الأخيرة، قمنا بتوسيع النموذج الحتمي، الذي تم حله باستخدام تقنية التحجيم، إلى مشكلة متعددة الأهداف، ثم حلها باستخدام الخوارزميات القائمة على سيادة باريتو لإيجاد حلول غير مسودة وإشراك صانع القرار في اختيار الحل الذي يفضل. تم اعتماد نهجين، قائم على باريتو والتقسيم، مع خوارزميات تطويرية متعددة الأهداف لحل HHCRSP. تم تنفيذ ثلاث خوارزميات: التصنيف الجيني الغير سائد (NSGA-II)، الخوارزمية التطورية متعددة الأهداف القائمة على التقسيم (MOEA/D) وخوارزمية مهجنة بين NSGA-II و MOEA/D. أبرزت النتائج الحسابية كفاءة GVNS في حل النموذج الحتمي ومدى ملاءمة GA لاستخدامها مع المحاكاة لحل نموذج SPR. بالنسبة إلى HHCRSP متعدد الأهداف، أبرزت النتائج الحسابية ومقاييس الأداء أن الخوارزمية الهجينة وجدت حلولاً تقارب بشكل أفضل جبهة باريتو بينما تحل خوارزمية MOEA/D الحالات بشكل أسرع من حيث أوقات تشغيل وحدة المعالجة المركزية.