

Résumé

Cette thèse contribue à l'évaluation et l'optimisation de l'ergonomie dans la phase de conception des systèmes de production. Une mauvaise ergonomie physique dans les systèmes de production se traduit par une productivité plus faible des opérateurs, une motivation réduite, des blessures, et augmente les coûts pour les entreprises.

L'objectif principal de ce travail est de proposer des méthodes d'optimisation pour la conception de systèmes de production, tenant compte à la fois de l'ergonomie, de la productivité et des coûts.

Ce travail se concentre sur la conception préliminaire des lignes d'assemblage. L'enjeu est de fournir aux décideurs des méthodes d'optimisation pour la prise en compte de l'ergonomie, tout en satisfaisant toutes les contraintes technologiques et économiques.

Les problèmes combinatoires considérés sont les problèmes d'équilibrage de lignes d'assemblage et de sélection des équipements. Nous avons considéré un modèle quantitatif d'ergonomie basé sur des équations de fatigue et de récupération tirées de la littérature. Outre le caractère combinatoire des problèmes traités, le principal verrou scientifique provient du caractère non linéaire du modèle d'ergonomie.

Nous avons ainsi proposé une linéarisation permettant de définir un programme linéaire en variables entières pour ce problème et des méthodes de résolution optimale et approchée. Nous avons également proposé une généralisation de l'approche, avec un modèle multi-objectif optimisant le coût et l'ergonomie. Nous avons développé un algorithme multi-objectif pour sa résolution.

Sur la base des modèles et des algorithmes d'optimisation proposés, nous avons défini une méthodologie pour la conception de lignes d'assemblage avec l'optimisation de l'ergonomie dès la phase de conception. Cette méthodologie a été appliquée avec succès dans deux cas industriels.

Abstract:

This thesis contributes to the research stream of evaluation and optimization of ergonomics in the design phase of manufacturing systems. Poor physical ergonomics in manufacturing systems results in lower productivity, lower motivation, injuries, and increases costs for companies. The main objective of this work is the proposition of optimization methods for manufacturing systems design, with the joint consideration of ergonomics, productivity, and cost.

This work focuses on the preliminary design of assembly lines. The challenge is to provide decision-makers with optimization methods to take ergonomics into account while satisfying all technological and economic constraints. The combinatorial problems considered are the assembly line balancing problem and the selection of equipment. We considered a quantitative model of ergonomics based on fatigue and recovery equations taken from the literature. In addition to the combinatorial nature of problems dealt with, the main scientific challenge stems from the non-linear nature of the ergonomics model.

We proposed a linearization allowing defining an integer linear program, and we developed optimal and approximate resolution approaches. Besides, we proposed a generalization of the approach, with a multi-objective model optimizing cost and ergonomics. We developed a multi-objective algorithm for its resolution.

Based on the proposed models and optimization algorithms, we have defined a methodology for the design of assembly lines with the optimization of ergonomics from the design phase. This methodology has been successfully applied to industrial cases.

Mohammed-Amine ABDOUS, Institut Fayol