

Optimisation stochastique pour la planification de la production

Stochastic optimization for production planning

Laboratoire : LS2N

Début : Octobre 2019

Financement :

Cofinancement : Chair in supply chain analytics (IVADO)

Encadrement : Thevenin Simon, LS2N, simon.thevenin@imt-atlantique.fr

Adulyasak Yossiri, IVADO, yossiri.adulyasak@hec.ca

Dolgui Alexandre, LS2N, alexandre.dolgui@imt-atlantique.fr

Mots clés en français : Planification de la production, dimensionnement de lots, optimisation stochastique.

Mots clés en anglais : Production planning, lot-sizing, stochastic optimization.

Contexte

La planification de la production vise à décider quelle quantité produire, à quel moment, et avec quelles ressources (atelier de fabrications, machines, matières premières, ressources humaines), afin de satisfaire la demande des clients. Par conséquent, trouver un bon plan de production est crucial pour les entreprises manufacturières, afin d'utiliser les ressources de manière à satisfaire les besoins des clients tout en minimisant les coûts opérationnels.

En pratique, les ateliers de production font face à de nombreux paramètres incertains (e.g., demande, délais de livraison, temps de production, ...). Lorsqu'un événement imprévu se produit, le plan de production devient obsolète et doit être mis à jour. En conséquence, une usine agile doit activer de nombreux leviers pour ajuster son plan de production. Par exemple, dans le cas où la demande observée est plus élevée que prévue, ces leviers incluent des livraisons expresses de matières premières ou de composants de la part des fournisseurs ; sous-traiter une partie de la production ; ajuster la capacité de production avec de la main d'œuvre temporaire... Malheureusement, les outils de planification dont disposent les entreprises aujourd'hui ne tiennent compte ni des incertitudes ni de leviers disponibles pour améliorer le plan de production. Par conséquent, les plans produits par les logiciels de planification sont modifiés à la main et souvent de manière sous-optimale. La thèse vise donc à développer des outils de planification / ordonnancement des systèmes de production tenant compte des paramètres incertains et des leviers dont disposent les entreprises pour réagir face à ces incertitudes.

L'optimisation stochastique [3, 6] attire de plus en plus de recherche, notamment grâce à la disponibilité des données nécessaires à l'estimation des distributions de probabilités. Plusieurs études [e.g., 2, 5] ont été réalisées sur la planification de la production sous incertitudes. Malheureusement, ces études se limitent à la planification stratégique, et elles ne considèrent pas le problème de dimensionnement de lots. Les travaux sur l'optimisation stochastique pour le dimensionnement de lots sont limités à un environnement de production à un seul niveau [e.g., 1, 7]. Les rares études concernant le problème multi-niveaux (e.g., [4, 8]) sont limitées à des recours simples (ventes perdues, livrer en retard), dans des chaînes logistiques de petites tailles, et seul le paramètre stochastique est la demande.

Objectifs

L'objectif de la thèse sera de développer des outils de planification / ordonnancement des systèmes de production tenant compte des paramètres incertains et des leviers dont disposent les entreprises pour réagir face à ces incertitudes. Les outils proposés aideront à prendre des décisions de manière réactive, et ils permettront une plus grande flexibilité des entreprises tout en minimisant leurs coûts de production.

Plus précisément, Le doctorant développera des modèles d'optimisation stochastique pour la planification de la production dans des conditions incertaines. Le modèle prendra en compte les actions de recours telles que les heures supplémentaires, les rabais sur le prix, et les livraisons express. Nous utiliserons notamment des modèles basés sur des scénarios. Ces modèles sont génériques car ils ne nécessitent aucune hypothèse sur la distribution de probabilité des paramètres incertains. En particulier, les distributions de probabilités des paramètres peuvent être générées à partir des données.

Dans un premier temps, nous évaluerons (à partir d'analyses statistiques non paramétriques) l'impact de la prise en compte des recours dans le modèle d'optimisation stochastique. Nous développerons un modèle mathématique pour résoudre des instances de petites tailles. Cette première étude permettra de confirmer l'intérêt de prendre en compte les recours durant la planification (augmentation du niveau de service, baisse du stock de sécurité, baisse du délai de livraison de sécurité, ...), d'étudier les situations où les recours ont un impact fort sur la performance de l'entreprise, et de définir des cas de test intéressants pour la suite du projet. Nous étudierons également les impacts négatifs de ces recours tel que l'augmentation de la nervosité (changements fréquents dans le plan de production), les émissions de CO2 dues aux transports rapides, le recours à de la main d'œuvre temporaire (moins efficace que les employés permanents).

Par la suite, nous développerons des méthodes pour planifier la production dans des chaînes logistiques de grandes tailles. Optimiser un plan de production en tenant compte des contraintes rencontrées en pratique peut être difficile. Tenir compte des différents paramètres incertains et des leviers disponibles pour faire face à ces incertitudes dans une usine flexible ajoute un niveau de difficulté. D'autre part, pour être réactif, le plan de production doit être réoptimisé dans des délais très courts.

Compétences requises

- Connaissance en programmation mathématique, optimisation stochastique, méta-heuristiques.
- Bonnes compétences en programmation (Python, C++).
- Anglais : lu, parlé, écrit.

Références

- [1] Aloulou, M. A., Dolgui, A., & Kovalyov, M. Y. (2014). A bibliography of non-deterministic lot-sizing models. *International Journal of Production Research*, 52(8), 2293-2310.
- [2] Bidhandi, H. M., & Yusuff, R. M. (2011). Integrated supply chain planning under uncertainty using an improved stochastic approach. *Applied Mathematical Modelling*, 35(6), 2618-2630.
- [3] Birge, J. R., & Louveaux, F. (2011). Introduction to stochastic programming. *Springer Science & Business Media*.
- [4] Grubbström, R. W., & Tang, O. (1999). Further developments on safety stocks in an MRP system applying Laplace transforms and input-output analysis. *International Journal of Production Economics*, 60, 381-387.
- [5] Lin, P. C., & Uzsoy, R. (2016). Chance-constrained formulations in rolling horizon production planning: an experimental study. *International Journal of Production Research*, 54(13), 3927-3942.
- [6] Ross, S. M. (2014). Introduction to stochastic dynamic programming. *Academic press*.
- [7] Tempelmeier, H. (2013). Stochastic lot sizing problems. In *Handbook of Stochastic Models and Analysis of Manufacturing System Operations* (pp. 313-344). Springer, New York, NY.
- [8] Thevenin, S., Adulyasak Y., Cordeau J.-F. (2018) Stochastic Optimization for Material Requirements Planning. (*Submitted*)