

PICPA : un nouvel algorithme évolutionnaire pour les problèmes continus multi-objectifs sous contraintes

Vincent Barichard et Jin-Kao Hao

LERIA - Université d'Angers, 2, Bd Lavoisier, 49045 Angers cedex 01
(vincent.barichard, jin-kao.hao)@info.univ-angers.fr

Mots-clés : optimisation combinatoire, multi-critères, algorithmes évolutionnaires, calcul par intervalles

1 Introduction

Le modèle d'optimisation continu multi-objectifs sous contraintes permet de formaliser de nombreux problèmes pratiques. Un tel problème est défini formellement comme suit :

$$\begin{cases} \min & f_i(\vec{x}) & i = 1, \dots, o \\ \text{s.c.} & C_l(\vec{x}) \geq 0 & l = 1, \dots, m \\ & \vec{x} \in \mathbb{R}^n \end{cases}$$

où n est le nombre de variables, \vec{x} un vecteur de l'espace de décision, o le nombre d'objectifs et m le nombre de contraintes du problème.

La résolution d'un tel problème nécessite la détermination d'un *ensemble* de points réalisables de l'espace de décision, représentant des compromis selon les différents objectifs du problème.

Récemment, plusieurs approches évolutionnaires ont été adaptées avec succès pour traiter certains problèmes multi-critères [3,6,7]. Ces travaux ont démontré l'intérêt d'utiliser un algorithme gérant une population de solutions.

Malheureusement, lorsque les contraintes du problème considéré deviennent trop difficiles à satisfaire ou quand l'espace objectif est non connexe, les algorithmes évolutionnaires multi-objectifs convergent difficilement vers le front Pareto optimal. De plus, ces algorithmes ne déterminent aucune borne du front Pareto optimal du problème.

2 Population and Interval Constraint Propagation Algorithm (PICPA)

Nous présentons ici *PICPA*, un nouvel algorithme à base de population traitant des problèmes continus multi-objectifs sous contraintes [1]. Cet algorithme combine des techniques de propagation de contraintes sur intervalles [2,4] à un mécanisme de sélection fondé sur la notion de PS-dominance.

PICPA réduit les domaines des variables représentés par des intervalles et propage ces réductions vers les autres variables et objectifs du problème. Ensuite, grâce à des mécanismes couramment utilisés dans le domaine de l'optimisation multi-objectives (la *dominance*), elle élague certaines zones de l'espace des objectifs avant de réitérer son processus de réduction des domaines. Pour appliquer la *dominance*, *PICPA* instancie des points réalisables. Donc *PICPA* utilise à la fois des points et des intervalles pendant la recherche.

A la différence des autres algorithmes évolutionnaires qui ne donnent que des solutions heuristiques, *PICPA* est capable de déterminer efficacement des bornes du front Pareto optimal tout en produisant des solutions de très bonne qualité.

Les bornes ainsi déterminées encadrent le front Pareto optimal du problème. C'est un atout très important pour une méthode heuristique, car elles permettent d'évaluer la qualité des solutions trouvées sans aucune connaissance particulière du problème traité, en mesurant simplement la distance du point aux bornes.

3 Expérimentations et Conclusions

Nous avons évalué *PICPA* sur de nombreux benchmarks connus et comparé les résultats obtenus à ceux de *NSGA-IIc* [5], un des meilleurs algorithmes évolutionnaires connus à ce jour pour optimiser des problèmes continus multi-objectifs sous contraintes.

Les résultats de ces expérimentations mettent en évidence l'excellent comportement de *PICPA* sur tous les problèmes testés. Les bornes déterminées encadrent de manière très précise le front Pareto optimal (calculé de manière analytique). Les solutions heuristiques trouvées par *PICPA* sont de qualité égale voir supérieure sur certains problèmes à celles trouvées par *NSGA-IIc*.

PICPA utilise des mécanismes plus rationnels que les autres algorithmes évolutionnaires. La plupart de ces mécanismes sont déterministes et ont besoin de peu de paramètres. Ainsi, *PICPA* nécessite seulement deux paramètres (taille de la population et effort de recherche) alors que la plupart des algorithmes évolutionnaires en demandent au moins quatre.

PICPA est une méthode hybride héritant des atouts des différents méthodes qui la composent. Ainsi, *PICPA* est un algorithme garanti, efficace, nécessitant peu de paramétrages, calculant des bornes et des solutions heuristiques en une seule exécution.

Références

- [1] V. Barichard and J.K. Hao (2003). A Population and interval constraint propagation algorithm. A paraître dans *Lecture Notes in Computer Science, Proceedings of the 2nd International Conference on Evolutionary Multi-criterion Optimization (EMO'03)*, Faro, Portugal, April 2003.
- [2] J.G. Cleary (1987). Logical arithmetic. *Future Computing Systems*, 2(2):125-149.
- [3] D.W. Corne and J.D. Knowles (2000). M-paes: a memetic algorithm for multiobjective optimization. In *Proceedings of the 2000 congress on evolutionary computation*, 325-332
- [4] E. Davis (1987). Constraint propagation with interval labels. *Artificial Intelligence*, 32(3):281-331.
- [5] K. Deb and T. Goel (2001). Controlled elitist non-dominated sorting genetic algorithms for better convergence. In *Proceedings of Evolutionary Multi-criterion Optimization*, 67-81.
- [6] N. Srinivas and K. Deb (1994). Multiobjective optimization using non dominated sorting in genetic algorithms. *Evolutionary Computation*, 2(3):221-248.
- [7] E. Zitzler and L. Thiele (1999). Multiobjective evolutionary algorithms: a comparative case study and the strength pareto approach. *IEEE Transactions on Evolutionary Computation*, 3:257-271.