
Resumo

A modelação de muitos problemas de optimização, quer multi-objectivo quer mono-objectivo, depende da informação disponível, a qual, contudo, muitas vezes não se conhece com exactidão, dado que, normalmente, envolve previsões ou estimativas de fenómenos naturais, económicos ou sociais. Em alguns casos esta incerteza é simplesmente ignorada (trabalha-se com a melhor estimativa dos dados), mas é comum a construção de modelos que procuram incorporar explicitamente a incerteza (probabilísticos, difusos, com intervalos, com cenários, etc.).

A forma mais tradicional de modelar um problema de optimização consiste em formulá-lo como determinístico (isto é, não considerando a incerteza inerente ao problema). No entanto, tem-se verificado nos últimos anos um aumento do interesse na construção de modelos que incorporam explicitamente a incerteza. Esta incerteza pode não ser apenas estrutural, relacionada com o conhecimento global acerca do sistema a ser modelado, mas também ocorrer nos dados do problema, os quais podem sofrer de imprecisões, de imperfeições ou estarem sujeitos a alterações (perturbações).

A incerteza resulta, fundamentalmente, da imprecisão e das oscilações nos valores que alimentam os modelos, da subjectividade subjacente ao Ser Humano, da imprecisão presente na modelação, que é sempre uma aproximação da realidade, da ocorrência de imponderáveis relevantes e das simplificações necessariamente assumidas devido à crescente complexidade dos problemas actuais. A maioria das abordagens associadas a problemas de decisão sujeitos a incerteza está relacionada com os modelos de representação da incerteza, os quais podem ser sobretudo estocásticos, difusos, intervalares e baseados em cenários.

A análise de robustez está associada essencialmente ao modelo de representação da incerteza através de cenários, aos quais normalmente não estão associadas quaisquer probabilidades, mas pode também ser usada com os modelos difusos ou intervalares. O processo de optimização pode ser de qualquer tipo, mas os algoritmos evolucionários têm emergido e ganho importância na resolução deste tipo de problemas, em particular problemas complexos de natureza combinatória.

Os algoritmos evolucionários ajustam-se bem à resolução de problemas de optimização multi-objectivo, essencialmente devido à capacidade de trabalhar, em cada geração, com uma população de potenciais soluções. Existem vários tipos de algoritmos evolucionários, sendo os mais usados os algoritmos genéticos.

Os métodos para tratamento da incerteza em optimização evolucionária podem ser categorizados em quatro classes; três delas estão relacionadas com formas diferentes de tratar a função de aptidão e a outra com a análise de robustez das soluções. Por sua vez, os métodos pertencentes à classe da análise de robustez podem-se subdividir nos que optimizam o valor esperado (mono-objectivo) e nos multi-objectivo.

Apesar de existirem algumas abordagens evolucionárias para determinar soluções robustas em optimização, mono e multi-objectivo, a maioria destas abordagens está vocacionada para resolver problemas de optimização mono-objectivo, ou então converter o problema multi-objectivo original num mono-objectivo. Estas abordagens consistem em optimizar a média ou o desvio padrão da função de aptidão associada ao problema em estudo, as quais são obtidas através de uma amostra de pontos na vizinhança das soluções. Das poucas abordagens que tratam os problemas como multi-objectivo, a maioria considera como funções objectivo a optimizar o desempenho e a robustez; são raras as abordagens que modelam explicitamente os problemas como multi-objectivo.

Esta dissertação descreve uma nova metodologia para tratar problemas de optimização multi-objectivo sujeitos a incerteza, baseada em algoritmos evolucionários (genéticos). Nesta metodologia, a incerteza, traduzida por perturbações aleatórias em redor dos valores das variáveis de decisão e dos valores "nominais" dos dados do problema, é modelada através de cenários (aos quais não estão atribuídos quaisquer probabilidades) e usada a análise de robustez como método de resolução. Para tal, introduziu-se um novo conceito de robustez associado às soluções do problema, que consiste em categorizar estas soluções através de um grau de robustez, o qual é incorporado no algoritmo evolucionário, contribuindo de forma directa para o cálculo do valor da função de aptidão associado às soluções.

Foram desenvolvidas duas abordagens para determinar as soluções robustas em problemas de optimização multi-objectivo, usando este novo conceito de robustez, nas quais as soluções são classificadas de acordo com os respectivos graus de robustez, o que permite contribuir para uma melhor escolha, por parte do agente de decisão, de uma solução de compromisso robusta.

Na primeira abordagem as perturbações ocorrem nos valores das variáveis de decisão das soluções do problema (isto é, no espaço das variáveis de decisão). O grau de robustez de uma solução x depende do comportamento das soluções da vizinhança de x no espaço dos objectivos (na vizinhança de $f(x)$). O valor do grau de robustez da solução

x é obtido tendo em conta o número de soluções vizinhas de x admissíveis e o número de soluções vizinhas de x cujos valores das funções objectivo são melhores do que $f(x)$ ou pertencem a uma certa vizinhança de $f(x)$.

Na segunda abordagem as perturbações ocorrem nos dados associados às funções objectivo e às restrições, relativamente aos valores "nominais" destes dados (cenário de referência). O grau de robustez de uma solução x depende do seu comportamento na vizinhança do cenário de referência s e na vizinhança dos valores das funções objectivo de x para o cenário de referência s , $f^s(x)$. O valor do grau de robustez da solução x é obtido tendo em conta o número de cenários vizinhos do cenário de referência s para os quais a solução x é admissível e o número de cenários vizinhos de s para os quais os valores das funções objectivo de x são melhores do que $f^s(x)$ ou pertencem a uma certa vizinhança de $f^s(x)$.

A primeira abordagem foi testada com um problema vulgarmente usado na literatura científica da área da programação evolucionária. A segunda abordagem foi testada com um problema real, da área dos sistemas eléctricos de energia.