

6 Conclusões e Trabalhos Futuros

O objetivo do trabalho apresentado foi mostrar, através da criação de dois modelos de representação baseados em Algoritmos Genéticos e Co-Evolução Cooperativa, que é possível gerar soluções viáveis e otimizadas para problemas de planejamento complexos com restrições de precedência, sem necessidade de correção ou penalização das mesmas. Para isso, foram feitos estudos sobre planejamentos e modelos de representação baseados em ordem, co-evolução cooperativa, a definição de dois modelos de representação (um para o AG e outro para a co-evolução) baseando-se em grafos para garantir a obediência as restrições de precedência e o estudo de casos.

O uso de grafos, como foi mostrado, é de fundamental importância para a geração de soluções válidas, eliminando o desperdício de tempo de processamento e a conseqüente perda de desempenho necessária para se corrigir ou penalizar soluções que violem as regras e as restrições de precedência.

Além disso, essa pesquisa avaliou o desempenho dos dois modelos de representação frente a busca aleatória, através da aplicação dos mesmos para otimizar o planejamento de um porto semelhante a um porto real de embarque de minério. É importante destacar a expressiva diferença conseguida com o uso de algoritmos genéticos, que obteve resultados, em média, 41% melhores do que a busca aleatória e a diferença ainda maior com o uso de co-evolução que obteve resultados, em média, 29% melhores do que o algoritmo genético. Portanto, com o desacoplamento na representação da solução no modelo co-evolucionário, obteve-se uma melhora considerável no resultado. Isto chama a atenção para o fato de que o uso de heurísticas fixas e sub-ótimas (como no caso da escolha dos recursos), ainda que de bom senso, podem impedir algoritmos evolucionários de avaliarem soluções em outras regiões do espaço de busca, prejudicando os resultados.

Os resultados mostraram-se promissores tanto em termos de tempo como em termos de resultado quantitativo, sempre respeitando as regras de precedência e gerando soluções viáveis e corretas. Deve-se frisar no entanto a necessidade de se otimizar o código da função de avaliação de modo a tornar a ferramenta aplicável em situações cotidianas.

Para uma situação real, onde se deseja otimizar um mês de operação portuária (o que corresponde em média a 50 navios), não sendo necessário calcular a média de resultados e, portanto, executando apenas uma rodada estima-se, aproximadamente, os seguintes tempos de execução:

- Para o modelo de representação com uma espécie, de 20 a 30 minutos;
- Para o modelo de representação co-evolucionário, de 45 minutos a 1 hora.

Notou-se também que, em certas situações, a grande quantidade de restrições não permitiu a evolução para boas soluções e em alguns casos o AG e a co-evolução não conseguiram resultados muito melhores do que a busca aleatória. Em problemas de maior escala, no entanto, esta dificuldade não deve surgir.

Assim, pode-se apontar como possíveis direções a seguir em trabalhos futuros os seguintes pontos:

1. Otimizar o código da função de avaliação para diminuir o tempo de execução em situações com maior número de elementos para planejar;
2. Estudo mais detalhado sobre os operadores genéticos e como eles atuam em problemas com restrições de precedência;
3. Avaliar os resultados com a co-evolução utilizando interpolação de taxas de crossover e mutação durante a evolução;
4. Avaliação de múltiplos objetivos (minimizar o tempo de contenção de lotes e o número de pilhas por exemplo) de modo a tornar o problema aplicável a situações reais;
5. Com múltiplos objetivos e co-evolução, pode-se utilizar os indivíduos pertencentes a fronteira de eficiência para fazer as avaliações entre espécies;
6. Utilização de algoritmos culturais com o objetivo de acelerar a otimização ou melhorar os resultados.