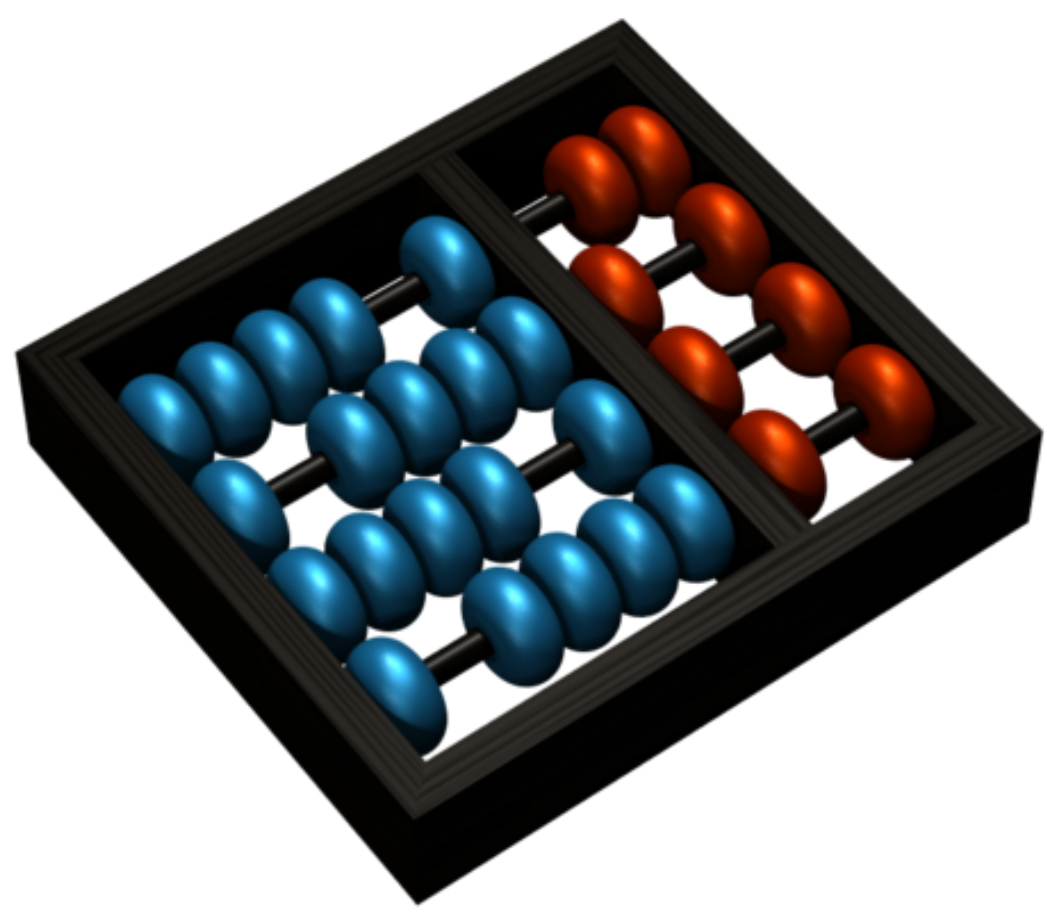


Algoritmos e Heurísticas para Problemas de Escalonamento e Atribuição de recursos com Agendamento de Horário

Autor: Douglas Oliveira Santos (douglasantos00@gmail.com)
Orientador: Eduardo Cândido Xavier (eduardo@ic.unicamp.br)

Financiado pela FAPESP

Palavras-chave: Escalonamento, Heurística, Algoritmos, PLI, Horário.



Introdução e Definição do Problema

Neste trabalho estamos interessados no estudo de um problema de otimização complexo que é conhecido na literatura como *Timetable Scheduling*. Muitos problemas desse tipo são NP-difíceis, e portanto, acredita-se não existir algoritmos com complexidade de tempo polinomial no tamanho da entrada. Esse trabalho produz alternativas que possam ser utilizadas na prática para lidar com tais problemas.

Abordaremos o problema real de alocação de disciplinas do Instituto de Computação da UNICAMP.

O problema consiste em montar um quadro de horário semanal para todos os cursos, oferecendo todas as aulas de suas disciplinas. Também é necessário fazer a divisão em turmas e atribuir salas de aulas para cada uma dessas turmas. Tudo isso sujeito a algumas restrições e minimizando uma função objetivo.

Restrições:

- Todas as aulas de uma demanda devem ser ministradas
- Cada aula de uma demanda deve ter um único horário
- Um mesmo curso não pode ter mais de uma aula no mesmo horário
- Duas aulas teóricas da mesma demanda devem ter um intervalo de no mínimo um dia e devem ser dadas no mesmo turno
- Cada aula teórica de uma turma deve usar no máximo uma sala
- Uma mesma sala de aula não pode ser usada para mais de uma aula no mesmo horário
- A sala alocada para uma turma deve ter sua capacidade maior do que o tamanho da turma

A função objetivo consiste em minimizar o número de salas de aulas alocadas e também há uma preferência por alguns horários. Aulas de manhã tem uma maior preferência do que aulas de tarde. Além disso, aulas no sábado tem menos prioridade, seguidas pelas aulas de sexta-feira. Os demais dias da semana tem a mesma prioridade.

A seguir temos um exemplo de uma instância do problema.

| Disciplinas | Aulas Teóricas | Aulas Práticas | Sala | Capacidade | Tipo |
|----------------|----------------|----------------|----------------|------------|------|
| D ₁ | 2 | 1 | S ₁ | 100 | Teo |
| D ₂ | 2 | 0 | S ₂ | 70 | Teo |
| D ₃ | 2 | 0 | S ₃ | 70 | Teo |
| D ₄ | 2 | 0 | S ₄ | 50 | Lab |
| D ₅ | 1 | 0 | S ₅ | 50 | Lab |

| Curso | Horários | Disciplinas |
|----------------|--|---|
| C ₁ | H _{integral} - {2:08, 4:10} | D ₁ (100), D ₂ (80), D ₃ (90), D ₅ (70) |
| C ₂ | H _{integral} - {2:10, 3:08, 4:08, 5:08} | D ₁ (100), D ₄ (80), D ₅ (70) |

Note que o problema não envolve a alocação de professores, já que essa alocação é feita somente após o quadro de horário ser montado. Cada professor monta uma lista das disciplinas que deseja ministrar, ordenada de acordo com sua preferência. O problema se reduz a achar um emparelhamento de custo máximo, que foi resolvido utilizando o Algoritmo do Húngaro.

Algumas Referências

- [1] Daskalaki S., Birbas T. and Housos E. (2004) An integer programming formulation for a case study in university timetabling. *European Journal of Operational Research*, 153(1):117–135.
- [2] Rudová H., Muller T. and Murray K. (2011) Complex university course timetabling. *Journal of Scheduling*, 14:187–207.
- [3] Tomás Muller (2009) Itc2007 solver description: a hybrid approach. *Ann Oper Res*, 172:429–446.
- [4] Michael Carter (2001) A comprehensive course timetabling and student. scheduling system at the university of waterloo *Lecture Notes in Computer Science*, 2079:64–82
- [5] S.C. Chu and H.L. Fang (1999) Genetic algorithms vs. tabu search in timetable scheduling. *Third International Conference*, 492-495

Método Exato (PLI)

Para ser resolvido na otimalidade, o problema foi modelado como um Programa Linear Inteiro (PLI) e resolvido com o resolvidor comercial CPLEX.

Abaixo temos a saída gerada pelo método exato para a instância apresentada.

| Curso C ₁ | | | | | |
|----------------------|-------------------------------------|--|-------------------------------------|-------------------------------------|-------------------------------------|
| | Segunda | Terça | Quarta | Quinta | Sexta |
| 08:00 | E ₁ (-) | D ₃ -A (S ₁) | D ₁ -A (S ₁) | D ₂ -A (S ₁) | D ₁ -A (S ₁) |
| 10:00 | D ₂ -A (S ₁) | D ₁ -A (S ₄ , S ₅) | E ₁ (-) | D ₃ -A (S ₁) | D ₅ -A (S ₂) |

| Curso C ₂ | | | | | |
|----------------------|-------------------------------------|-------------------------------------|-------------------------------------|--|-------------------------------------|
| | Segunda | Terça | Quarta | Quinta | Sexta |
| 08:00 | D ₁ -A (S ₁) | E ₂ (-) | E ₁ (-) | E ₂ (-) | D ₅ -A (S ₃) |
| 10:00 | E ₁ (-) | D ₄ -A (S ₁) | D ₁ -A (S ₁) | D ₁ -A (S ₄ , S ₅) | D ₄ -A (S ₁) |

Heurística

A heurística proposta para o problema parte de uma ordem aleatória do conjunto de demanda da entrada e vai construindo uma solução viável a partir de escolhas gulosas.

No entanto, encontrar uma solução viável para o problema tem indício de ser difícil. Dessa forma, são feitas várias iterações e espera-se que ao final, a heurística encontre pelo menos uma solução viável.

| Curso C ₁ | | | | | |
|----------------------|-------------------------------------|-------------------------------------|-------------------------------------|-------------------------------------|--|
| | Segunda | Terça | Quarta | Quinta | Sexta |
| 08:00 | E ₁ (-) | D ₁ -A (S ₁) | D ₂ -A (S ₁) | D ₁ -A (S ₁) | D ₅ -A (S ₃) |
| 10:00 | D ₂ -A (S ₁) | D ₃ -A (S ₁) | E ₁ (-) | D ₃ -A (S ₁) | D ₁ -A (S ₄ , S ₅) |

| Curso C ₂ | | | | | |
|----------------------|------------------------------------|--|------------------------------------|--|---|
| | Segunda | Terça | Quarta | Quinta | Sexta |
| 08:00 | D ₁ -A(S ₁) | E ₂ (-) | E ₁ (-) | E ₂ (-) | D ₁ -A(S ₄ , S ₅) |
| 10:00 | E ₁ (-) | D ₄ -A(S ₂), B(S ₃) | D ₁ -A(S ₁) | D ₄ -A(S ₂), B(S ₃) | D ₅ -A(S ₃) |

Resultados Experimentais

Foram gerados 16 tipos de instâncias, variando o número de cursos e de salas de aulas disponíveis. Para cada tipo foram geradas 10 instâncias diferentes, dando um total de 160 instâncias. Todas elas foram geradas conforme a realidade de uma universidade.

| Instância | Soluções Viáveis Encontradas | | | |
|-----------|------------------------------|-----|------|----|
| | Heur. | PLI | PLI* | LI |
| inst-10-1 | 0.8 | 10 | 0 | 10 |
| inst-10-2 | 8.0 | 10 | 9 | 10 |
| inst-10-3 | 10.0 | 10 | 0 | 10 |
| inst-10-4 | 10.0 | 10 | 0 | 10 |
| inst-20-1 | 0.6 | 0 | 0 | 10 |
| inst-20-2 | 9.5 | 2 | 0 | 10 |
| inst-20-3 | 10.0 | 9 | 0 | 10 |
| inst-20-4 | 10.0 | 10 | 0 | 10 |
| inst-40-1 | 0.0 | 0 | 0 | 10 |
| inst-40-2 | 8.6 | 0 | 0 | 10 |
| inst-40-3 | 10.0 | 0 | 0 | 10 |
| inst-40-4 | 10.0 | 0 | 0 | 10 |
| inst-60-1 | 0.0 | 0 | 0 | 0 |
| inst-60-2 | 9.6 | 0 | 0 | 0 |
| inst-60-3 | 10.0 | 0 | 0 | 0 |
| inst-60-4 | 10.0 | 0 | 0 | 0 |

