

Introdução à Otimização - BCC 342 Pacotes de PI - GLPK

Haroldo Gambini Santos

Universidade Federal de Ouro Preto - UFOP

24 de maio de 2011

Introdução à Otimização - BCC 342.Pacotes de PI - GLPK

1 / 18



Notas

Pacotes de PI

Depois de formular seu PI e enviar para o resolvidor você pode obter rapidamente uma solução ou...



Introdução à Otimização - BCC 342.Pacotes de PI - GLPK

2 / 18



Notas

Estudo de Caso - *Job shop scheduling* (1/3)

JSSP.MOD

```
param n, integer, > 0; /* nr. de tarefas (Jobs) */
param m, integer, > 0; /* nr. de maquinas */

set J := 1..n; /* conj. de jobs */
set M := 1..m; /* conj. de maquinas */

param sigma{j in J, t in 1..m}, in M;
/* ordem de processamento:
   a tarefa j precisa ser processada antes na
   maq. sigma[j,1], depois em sigma[j,2] ... */

param p{j in J, a in M}, >= 0;
/* tempo de processamento */
```

Introdução à Otimização - BCC 342.Pacotes de PI - GLPK

3 / 18



Notas

Estudo de Caso - Job shop scheduling (2/3)

JSSP.MOD

```
var x{j in J, a in M}, >= 0;
/* tempo de inicio de j em M */

s.t. ord{j in J, t in 2..m}:
    x[j, sigma[j,t]] >=
        x[j, sigma[j,t-1]] + p[j, sigma[j,t-1]];
/* j pode ser processado na maq. sigma[j,t] somente
   depois de ser processado em sigma[j,t-1] */

var Y{i in J, j in J, a in M}, binary;
/* Y[i,j,a] fica 1 se i precede j
   na maq. a, 0 c.c. */

param K := sum{j in J, a in M} p[j,a];
/* some large constant */

display K;
```



Introdução à Otimização - BCC 342.Pacotes de PI - GLPK

4 / 18

```
/* x[i,a] >= x[j,a] + p[j,a] iff Y[i,j,a] is 0 */
```

Notas

Estudo de Caso - Job shop scheduling (3/3)

JSSP.MOD

```
s.t. psi{i in J, j in J, a in M: i < j}:
    x[j,a] >= x[i,a] + p[i,a] - K * (1 - Y[i,j,a]);
/* x[j,a] >= x[i,a] + p[i,a] iff Y[i,j,a] is 1 */

var z;
/* makespan */

s.t. fin{j in J}:
    z >= x[j, sigma[j,m]] + p[j, sigma[j,m]];
/* amarrando o makespan:
   tempo maximo de processamento */

minimize obj: z;
```



Introdução à Otimização - BCC 342.Pacotes de PI - GLPK

5 / 18

Notas

Uma Instância Pequena

ft06

- 6 tarefas e 6 máquinas
- proposta em H. Fisher, G.L. Thompson (1963), Probabilistic learning combinations of local job-shop scheduling rules, J.F. Muth, G.L. Thompson (eds.), Industrial Scheduling, Prentice Hall, Englewood Cliffs, New Jersey, 225-251
- solução ótima conhecida (55)



Introdução à Otimização - BCC 342.Pacotes de PI - GLPK

6 / 18

Notas

Experimento

```
glpsol -m jssp.mod -d ft06.dat
```



Notas

Saída no Terminal (1/4)

Leitura de Dados e Geração do Modelo

```
GLPSOL: GLPK LP/MIP Solver, v4.46
Parameter(s) specified in the command line:
-m jssp.mod -d ft06.dat
Reading model section from jssp.mod...
83 lines were read
Reading data section from ft06.dat...
32 lines were read
Checking (line 34)...
Generating ord...
Display statement at line 64
K = 197
Generating phi...
Generating psi...
Generating fin...
Generating obj...
Model has been successfully generated
...
```



Notas

Saída no Terminal (2/4)

Pré-Processamento

```
...
GLPK Integer Optimizer, v4.46
397 rows, 217 columns, 1153 non-zeros
180 integer variables, all of which are binary
Preprocessing...
396 rows, 217 columns, 1152 non-zeros
180 integer variables, all of which are binary
Scaling...
A: min|aij| = 1.000e+00 max|aij| = 1.970e+02 ratio = 1.970e+02
GM: min|aij| = 1.000e+00 max|aij| = 1.000e+00 ratio = 1.000e+00
EQ: min|aij| = 1.000e+00 max|aij| = 1.000e+00 ratio = 1.000e+00
2N: min|aij| = 7.695e-01 max|aij| = 1.000e+00 ratio = 1.299e+00
...
```



Notas

Saída no Terminal (3/4)

Notas

Resolução da Relaxação Linear

```
...
Constructing initial basis...
Size of triangular part = 396
Solving LP relaxation...
GLPK Simplex Optimizer, v4.46
396 rows, 217 columns, 1152 non-zeros
  0: obj = 4.700000000e+01 infeas = 1.647e+03 (0)
* 210: obj = 7.500000000e+01 infeas = 0.000e+00 (0)
* 241: obj = 4.700000000e+01 infeas = 0.000e+00 (0)
OPTIMAL SOLUTION FOUND
...
```



Saída no Terminal (4/4)

Notas

Otimização Inteira - Branch and Bound

```
...
Integer optimization begins...
+ 241:mip = not found yet >= -inf (1; 0)
+ 19010:>> 1.010000000e+02 >= 5.000000000e+01 50.5% (690; 176)
+ 19073:>> 9.100000000e+01 >= 5.000000000e+01 45.1% (658; 245)
+ 19633:>> 8.500000000e+01 >= 5.000000000e+01 41.2% (671; 329)
...
+ 33558:>> 5.600000000e+01 >= 5.200000000e+01 7.1% (274; 2519)
+ 35056:>> 5.500000000e+01 >= 5.400000000e+01 1.8% (164; 2911)
+ 35739:mip=5.500000000e+01 >= tree is empty 0.0% (0; 3849)
INTEGER OPTIMAL SOLUTION FOUND
Time used: 5.5 secs
```

Nenhuma solução com valores inteiros encontrada até o momento. Solução inteira com custo 101 encontrada. Limite da relaxação é 50. Gap atual de 50.5% ($\frac{|101-50|}{|101|} \cdot 100$) Nesse ponto existem 671 sub-problemas ativos.



GLPK - Cortes

Notas

Opções de Geração de Cortes

```
--gomory: ativa os cortes de Gomory
           (muitos cortes densos, pode deixar lenta
            a resolução do PL)
--cover : ativa os cortes de Knapsack Cover
           (cortes combinatórios, requer alguma estrutura)
--clique: ativa os cortes de Clique
           (cortes combinatórios, requer alguma estrutura)
--mir   : ativa os cortes de Mixed Integer Rounding
           (bastante útil para a maioria os problemas)
--cuts  : ativa todos os cortes
```



Experimento

```
glpsol -m jssp.mod -d ft06.dat --cuts
glpsol -m jssp.mod -d ft06.dat --mir
glpsol -m jssp.mod -d ft06.dat --gomory
```

Qual o melhor tipo de corte para essa instância ?



Notas

Saída no Terminal (4/4)

Otimização Inteira - Branch and Bound

```
...
Gomory's cuts enabled
MIR cuts enabled
Cover cuts enabled
Clique cuts enabled
Creating the conflict graph...
+ 241: mip = not found yet >= -inf (1; 0)
Cuts on level 0: gmi = 50; mir = 29;
Warning: numerical instability (dual simplex, phase II)
+ 76720: mip = not found yet >= 5.100000000e+01 (827; 51)
Cuts on level 82: gmi = 107; mir = 50;
+ 82371: >> 8.100000000e+01 >= 5.100000000e+01 37.0% (928; 58)
Cuts on level 64: gmi = 103; mir = 55; cov = 1;
...
```

Antes de iniciar o B&B foram gerados 107 cortes de Gomory e 29 de Mixed Integer Rounding.



Notas

Experimento

```
glpsol -m jssp.mod -d abz5.dat --cuts
```



Notas

Saída no Terminal (4/4)

Executando em abz5.dat

```
...
Integer optimization begins...
+ 1585: mip = not found yet >= -inf (1; 0)
+ 8400: mip = not found yet >= 9.590000000e+02 (64; 12)
+ 14860: mip = not found yet >= 9.590000000e+02 (113; 26)
+ 21812: mip = not found yet >= 9.590000000e+02 (195; 50)
+ 29065: mip = not found yet >= 9.610000000e+02 (259; 65)
+ 36365: mip = not found yet >= 9.700000000e+02 (332; 85)
+ 41600: mip = not found yet >= 9.700000000e+02 (383; 92)
...
```



Nenhuma solução
inteira encontrada até o
momento.



Notas

GLPK

Heurísticas

--fpump: ativa a heur. *Feasibility Pump*

--pcost: ativa heur. híbrida que usa pseudocustos

Desempenho de ambas depende muito do problema.
Nenhuma ajuda em abz5...



Notas

Exercício

Considere esses dois problemas referentes ao planejamento de linhas de trem:

- roll3000.mps.gz
- nsrand-ix.mps.gz

Experimente diferentes configurações de cortes e heurísticas e verifique qual a melhor configuração para cada problema, no caso, a que dá melhor resultado em 60 segundos de execução:

```
glpsol problema
[ --cover | --mir | --gomory ]
[ --fpump | --pcost ]
--tmlim 60
```



Notas
