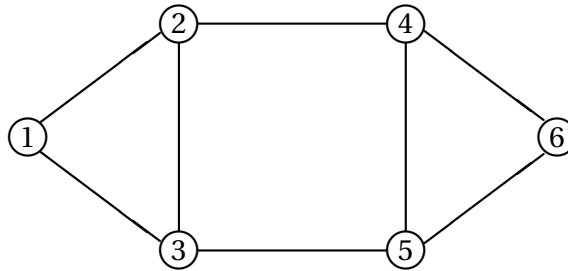


Investigação Operacional

LEI / MIEI - UMinho

Trabalho 2 (data de entrega: 26 de abril)

Dado o seguinte grafo $G = (V, A)$, em que V é o conjunto de vértices e A o conjunto de arestas, pretende-se determinar o fluxo máximo entre dois vértices não-adjacentes (definidos em baixo), designados por O (origem) e D (destino), $O, D \in V$:



nas seguintes condições:

- o fluxo numa aresta pode ter qualquer um dos dois sentidos,
- a capacidade das arestas (linhas) é virtualmente infinita,
- os vértices têm capacidade (definida em baixo), com exceção de:
- os vértices O e D , que não têm capacidade.

Definições dependentes do número xABCDE

Deve aplicar as regras enunciadas de seguida, de acordo com xABCDE, o número de inscrição do estudante do grupo com maior número de inscrição, em que 'x' pode ser 0 ou 1.

Vértices origem e destino

Seja k o resto da divisão do número DE por 7, *i.e.*, $k = DE \bmod(7)$. Por exemplo, se $DE = '05'$, o resto da divisão por 7 é 5 ($5 = 0 \times 7 + 5$), se $DE = '27'$, o resto da divisão por 7 é 6 ($27 = 3 \times 7 + 6$). Calculado o k , os vértices origem O e destino D são dados pela seguinte tabela:

k	(O,D)
0:	(1,4)
1:	(1,5)
2:	(1,6)
3:	(2,5)
4:	(2,6)
5:	(3,4)
6:	(3,6)

Capacidades dos vértices

As capacidades dos vértices são dadas pela seguinte tabela. Quando o vértice é a origem O ou o destino D , o valor da sua capacidade é substituído por $+\infty$.

vértice	capacidade
1	$10 \times (A + C + 1)$
2	$10 \times (B + D + 1)$
3	$10 \times (C + 1)$
4	$10 \times (D + 1)$
5	$10 \times (E + 1)$
6	$10 \times (D + E + 1)$

PARTE I

0. Indique o valor de x_{ABCDE} , e apresente o grafo (pode ser um desenho feito à mão e colado como imagem no relatório) resultante da aplicação das regras, indicando os vértices O e D e as capacidades dos outros vértices.
1. Apresente a formulação (detalhando a forma de abordar o problema) e o modelo de fluxos em rede (ver informação no Anexo), *i.e.*, o grafo (pode ser um desenho feito à mão e colado como imagem no relatório) apenas com capacidades de arcos, resultante da transformação necessária para poder submeter o problema a um *solver* de optimização de fluxo em redes.
2. Apresente o ficheiro de input submetido ao *software* de optimização de fluxo em rede (por exemplo, o Relax4) (*cut-and-paste*).
3. Apresente o ficheiro de output produzido pelo programa (*cut-and-paste*).
4. Interprete a solução óptima dada pelo software, e apresente o fluxo óptimo sobre o desenho do grafo original G (pode ser um desenho feito à mão e colado como imagem no relatório).
5. Identifique o corte mínimo, explicitando o conjunto – apenas um se houver alternativas – de arestas cuja remoção isola o vértice O do vértice D .
6. Descreva os procedimentos usados para validar o modelo.
7. Faça *upload* no BlackBoard (ver informação adicional no Anexo) dos ficheiros:
 - `ABCDE.pdf`, com o relatório do trabalho
 - `ABCDE.txt`, por exemplo, com o ficheiro de input

ANEXO

Objectivo

Os trabalhos práticos experimentais visam desenvolver a capacidade de analisar sistemas complexos, de criar modelos para os descrever, de obter soluções para esses modelos utilizando programas computacionais adequados, de validar os modelos obtidos, de interpretar as soluções obtidas, e de elaborar recomendações para o sistema em análise.

Adicionalmente, a elaboração do relatório visa desenvolver as competências da alínea e) do Artigo 5.º do Decreto-Lei n.º 74/2006 de 24-03-2006, que se transcreve em baixo.

Apresentação da formulação e do modelo de fluxos em rede

Um dos aspectos mais valorizados é a correcção da apresentação das formulações e dos modelos, que devem ser delineados como se indica de seguida. A apresentação da formulação e do modelo servem para mostrar que o problema do sistema real pode ser formalizado como um problema de fluxos em rede.

Os modelos de fluxos em rede são definidos sobre uma rede, um grafo orientado $G = (V, A)$, $A \subseteq V \times V$, e têm restrições de dois tipos: conservação de fluxo e de capacidade. As soluções dos modelos de fluxos em rede têm também uma estrutura bem definida, caracterizada pelo Teorema de decomposição de fluxos.

Formulação:

- Usando linguagem corrente e em linhas gerais, deve conter:
 1. a descrição do problema, indicando aspectos relevantes, como os recursos disponíveis ou regras gerais de funcionamento;
 2. o objectivo;
 3. a explicação da rede, indicando o significado dos seus vértices e dos seus arcos;
 4. a explicação do modo como os valores dos fluxos nos arcos numa solução se traduzem em decisões a implementar no sistema real (*e.g.*, como é que os caminhos resultantes da decomposição de fluxos correspondem a decisões no sistema real);
 5. a explicação dos valores dos custos e das capacidades;
 6. a explicação dos valores das ofertas e dos consumos;
 7. uma apresentação da coerência global do modelo a construir;
 8. em casos mais complexos em que a formulação não é de todo evidente, por ser justificada por resultados teóricos, estes devem ser apresentados, ou, em alternativa, deve ser fornecida evidência suficiente, complementada por referências bibliográficas.

Modelo:

- Uma rede $G = (V, A)$, $A \subseteq V \times V$, de um problema de fluxos em rede tem inerentes dois tipos de restrições: conservação de fluxo e de capacidade.

- A apresentação da rede serve portanto o propósito de apresentação do modelo (que é um modelo de programação). Deve conter a indicação de:
 1. custo unitário do fluxo c_{ij} do arco $(i, j), \forall (i, j) \in A$;
 2. capacidade u_{ij} do arco $(i, j), \forall (i, j) \in A$;
 3. oferta ou consumo em cada vértice $b_j, \forall j \in V$.
- No caso da rede ser um grafo bipartido, a apresentação do quadro do problema de transportes com toda a informação indicada é uma alternativa.

Outros aspectos que são também valorizados são os relacionados com a metodologia da Investigação Operacional. Por exemplo, o trabalho de validação do modelo, que deve necessariamente incluir uma verificação de que a solução obtida pelo *solver* é uma decisão admissível e correcta do modelo e que pode ser traduzida numa decisão adequada ao sistema real. O relatório deve conter uma descrição do que foi feito (não precisa de ser muito detalhada e fastidiosa) para ganhar confiança que o modelo está a dar a solução óptima.

Grupos de Trabalho

- Os trabalhos experimentais devem ser realizados em grupos de 3, 4 ou 5 estudantes.
- Os estudantes de um grupo podem pertencer a turnos TP diferentes.
- A constituição de um grupo de trabalho fica definida através da listagem dos nomes e números mecanográficos dos elementos do grupo, na capa do relatório do trabalho. Antes disso, não é necessário enviar aos docentes da UC qualquer informação.
- Foi criado um forum para ajudar os estudantes interessados a encontrar colegas para formar um grupo de trabalho.

Formato do Relatório

- O relatório deve ser feito em formato A4, ter uma folha de capa com a identificação dos estudantes do grupo, do trabalho e da data.
- O relatório de cada trabalho experimental deve traduzir a experiência de modelação e resolução dos casos propostos e conter as peças requeridas no enunciado do trabalho.
- Não é desejável que o estudante perca muito tempo com a qualidade de "apresentação gráfica", que não é valorizada. O relatório pode incluir texto editado com processador de texto, desenhos e gráficos feitos em computador, e também texto manuscrito legível e desenhos feitos manualmente, fotografados e colados como imagens. É aceitável haver páginas que combinem elementos de todos estes tipos.
- Poderá incluir a discussão de dificuldades surgidas durante a realização do trabalho.

Entrega dos Relatórios dos Trabalhos e dos ficheiros associados

- No Blackboard, na entrada > upload ficheiros de trabalhos (Práticos Experimentais).
- Deve ser feita apenas por um dos elementos do grupo.
- Nomes dos ficheiros:
 - o nome do ficheiro com o Relatório deve ser ABCDE.pdf, um ficheiro do tipo pdf preferencialmente. Caso não disponham de ferramentas para o gerar, poderá ser um ficheiro Word com o nome ABCDE.doc ou de outro tipo convertível para pdf.
 - o nome do ficheiro de input deve ser ABCDE.txt

em que ABCDE é o número de inscrição do aluno do grupo com maior número de inscrição.

Outras Informações

Os trabalhos em que haja conduta académica ilícita serão anulados, de acordo com o definido no Art. 152.º do Regulamento Académico da Universidade do Minho (RAUM), publicado em Diário da República, 2.ª Série, em 20 de janeiro de 2020, e proceder-se-á conforme está definido nesse artigo.

Dispensa de realização de Trabalhos Práticos Experimentais

Aplica-se o que está descrito em baixo, a menos que algum despacho superveniente estabeleça outras regras.

1. Estudantes sem regime especial de frequência

Um estudante que não tenha obtido aproveitamento na UC num ano lectivo anterior, apesar de ter tido classificação positiva nos trabalhos, não está dispensado da realização dos trabalhos no ano lectivo corrente.

2. Estudantes em regime especial de frequência de estudante-trabalhador

Segundo está determinado no Artigo 68.º - Frequência e avaliação das aprendizagens - do Regulamento Académico da Universidade do Minho (RAUM):

5 - O estudante trabalhador que obtenha aproveitamento na componente de natureza laboratorial ou componente de trabalho prático num dado ano letivo e não obtenha aproveitamento na respetiva UC fica dispensado de efetuar essa componente no ano letivo seguinte.

Assim, no corrente ano, essa dispensa não é válida para os estudantes trabalhadores que realizaram os trabalhos há dois ou mais anos.

3. Alunos em outros regimes especiais de frequência

Aplica-se o determinado no RAUM. Solicita-se aos alunos nestes regimes que informem o docente caso estejam dispensados da realização dos trabalhos práticos.

4. A verificação do estatuto do aluno é feita à data de emissão das classificações, no final do semestre.

ANEXO II

Excerto do Decreto-Lei n.º 74/2006 de 24-03-2006

Artigo 5.º Grau de licenciado

O grau de licenciado é conferido aos que demonstrem:

- a)* Possuir conhecimentos e capacidade de compreensão numa área de formação a um nível que:
 - i)* Sustentando-se nos conhecimentos de nível secundário, os desenvolva e aprofunde;
 - ii)* Se apoie em materiais de ensino de nível avançado e lhes corresponda;
 - iii)* Em alguns dos domínios dessa área, se situe ao nível dos conhecimentos de ponta da mesma;
- b)* Saber aplicar os conhecimentos e a capacidade de compreensão adquiridos, de forma a evidenciarem uma abordagem profissional ao trabalho desenvolvido na sua área vocacional;
- c)* Capacidade de resolução de problemas no âmbito da sua área de formação e de construção e fundamentação da sua própria argumentação;
- d)* Capacidade de recolher, seleccionar e interpretar a informação relevante, particularmente na sua área de formação, que os habilite a fundamentarem as soluções que preconizam e os juízos que emitem, incluindo na análise os aspectos sociais, científicos e éticos relevantes;
- e)* Competências que lhes permitam comunicar informação, ideias, problemas e soluções, tanto a públicos constituídos por especialistas como por não especialistas;
- f)* Competências de aprendizagem que lhes permitam uma aprendizagem ao longo da vida com elevado grau de autonomia.