



Questão 1 (2,5 pontos). Considere um caixeiro viajante assimétrico, isto é, o custo c_{ij} de ir da cidade i para a cidade j é distinto de c_{ji} . O caixeiro encontra-se na cidade 1 e existem n cidades candidatas a serem visitadas. Se o caixeiro visita a cidade i , então tem um lucro p_i . Formule o problema de programação inteira que determine a rota em que o caixeiro sai da cidade 1, visite cidades selecionadas e retorne à cidade 1, de forma a maximizar a soma dos lucros coletados, sujeito à restrição que o custo da rota não supere c_{\max} .

Questão 2 (2,5 pontos). Para que uma máquina funcione é necessário que três sistemas funcionem. Para aumentar a confiabilidade da máquina, unidades sobressalentes podem ser adicionadas a cada sistema. O custo de uma unidade sobressalente é \$ 100 para o sistema 1, \$ 300 para o sistema 2 e \$ 200 para o sistema 3. A tabela abaixo mostra a probabilidade de cada sistema funcionar em função do número de unidades sobressalentes. Use programação dinâmica para maximizar a probabilidade que a máquina funcione, dado que \$ 500 está disponível para comprar unidades sobressalentes.

Dica: Defina $f_t(d)$ = probabilidade máxima que o sistema 3, 2, 1 funcione se \$ d está disponível para gastar na compra de sobressalentes, e seja $x_t(d)$ o número de sobressalentes para atingir $f_t(d)$. Inicie a recursão da programação dinâmica pelo sistema 3 para uniformização de correção.

Número de Sobressalentes	Probabilidade que um Sistema Funcione		
	Sistema 1	Sistema 2	Sistema 3
0	0,85	0,60	0,70
1	0,90	0,85	0,90
2	0,95	0,95	0,98

Questão 3 (2,5 pontos). Considere uma planta que produz itens $i \in I$ e a capacidade de produção de cada item i é S_i . Existe uma demanda D_{il} de cada item i em cada zona $l \in L$ de clientes que é satisfeita pela remessa de itens através de centros de distribuição (CD). A soma total das demandas que passam pelo CD k é limitada por V_k e o custo linear variável de operação do CD k é proporcional à soma total das demandas que passam pelo local k , em que v_k é o custo unitário. O custo unitário de produzir cada item i e enviá-lo através do CD k à zona l é c_{ikl} . Formule o modelo de programação inteira para determinar a quantidade do item i a ser enviado através do CD k e atender a demanda da zona l , e designe cada zona a um único CD de modo e minimizar o custo de transporte e o custo de distribuição pelos CDs.

Questão 4 (2,5 pontos). O seguinte problema de programação inteira foi resolvido pelo método *branch-and-bound*:

$$\begin{aligned} \max z &= 161x_1 + 80x_2 + 140x_3 + 164x_4 + 151x_5 \\ \text{s.a } &387x_1 - 40x_2 + 380x_3 + 342x_4 + 350x_5 \leq 728 \\ &x_1, x_2, x_3, x_4, x_5 \in \{0, 1\} \end{aligned}$$

- a) (0,5 ponto). Os números acima dos nós indicam a seqüência em que foram gerados. Qual a política desta seqüência?
- b) (0,5 ponto). O que se pode afirmar sobre o nó 12?
- c) (0,5 ponto). Descreva a seqüência de atualização do limitante inferior do problema, desde o nó 0 até o nó 12. Indique cada nó em que o limitante foi atualizado. Explicite a solução ótima.
- d) (0,5 ponto). Porque o nó 5 e 9 não foram ramificados?
- e) (0,5 ponto). Porque o nó 10 foi ramificado?



