

Sistemas de Apoio à Decisão

MAIO 2021

[João Basto / Jorge Pinho de Sousa]

TP 02 – TRABALHO PRÁTICO 02

Casos de estudo em simulação

ATENÇÃO

O trabalho é para ser realizado por grupos de estudantes [constituídos por 3 elementos], com uma avaliação global e individual dos elementos de cada grupo.

O trabalho deverá dar origem a um relatório (em formato *pdf*), a modelo(s) de simulação FlexSim e eventualmente a ficheiros complementares, como folhas de cálculo ou código, a ser enviado por e-mail aos docentes [joaobasto@fe.up.pt; jsousa@fe.up.pt], até 6 de junho de 2021, numa pasta zip com o nome MIEEC_SADE_2021_TP2_GRUPO_XX.zip.

OBJETIVOS E ÂMBITO DO TRABALHO

O trabalho tem por base um conjunto de casos de estudo na área da simulação de Monte Carlo, da simulação baseada em agentes e da simulação de eventos discretos.

Caso 1

A produção de uma pequena fábrica segue uma distribuição Normal com parâmetros: $\mu = 100$ e $\sigma^2 = 30$. A procura dos clientes segue uma distribuição Normal com parâmetros: $\mu = 90$ e $\sigma^2 = 25$.

Determine a probabilidade de a fábrica ser capaz de satisfazer a procura utilizando simulação de Monte Carlo.

Caso 2

Uma empresa dispõe de um conjunto de máquinas de *vending*, distribuídas geograficamente por Portugal continental. Cada uma destas máquinas gera receitas enquanto está a funcionar. Ainda assim, por vezes as máquinas avariaram e é necessário repará-las (*manutenção corretiva*). Além disso, é necessário fazer uma manutenção da máquina de x em x tempo (*manutenção preventiva*). Uma manutenção tardia, tal como a idade avançada de uma máquina, aumentam a probabilidade de essa máquina avariar.

O sistema de manutenção consiste num conjunto de equipas de manutenção, todas localizadas na sede da empresa (isto é, essa é a base das operações). Quando um pedido de manutenção é recebido pelo sistema de manutenção, uma das equipas recebe o pedido, viaja até ao equipamento em causa, e faz o trabalho necessário. Se houver alguma manutenção preventiva pendente no equipamento, esta é feita na mesma visita, depois da reparação. Depois de acabar o trabalho, a equipa pode responder a outro pedido e viajar até à localização da próxima máquina ou, se não houver pedidos, retorna à sede da empresa.

A empresa pretende executar um estudo para determinar qual o melhor número de equipas de manutenção a contratar, bem como perceber se estas equipas devem estar todas localizadas na sede ou distribuídas pelo país.

Modele o comportamento dos diversos agentes deste sistema numa lógica de simulação baseada em agentes (utilizando diagramas de estado).

Caso 3

O gestor de manutenção de uma fábrica pretende definir qual o período de manutenção preventiva a aplicar na máquina de pintura da fábrica, de modo a minimizar os custos totais de manutenção (preventiva + corretiva) – esta decisão é particularmente importante por se tratar de uma máquina crítica para a operação da fábrica.

Em cada dia, a probabilidade de falha da máquina é dada por:

$$p = 1 - e^{-d/10000}$$

onde d é o número de dias desde a última manutenção (independentemente de ter sido corretiva ou preventiva).

Se a máquina falhar, o gestor terá de fazer uma manutenção corretiva, com o custo de 5 000 euros. Já uma manutenção preventiva, tem o custo de 500 euros. Assume-se que este custo já representa o custo total para a fábrica (ou seja, custo da manutenção propriamente dita e custo indireto de perda de produção durante o tempo de manutenção).

Determine qual o período entre manutenções preventivas a adotar para minimizar o custo total ao longo de um ano (assumir que a máquina sofreu uma manutenção imediatamente antes do início do estudo).

Caso 4

Uma fábrica da indústria metalomecânica é constituída por 5 máquinas dispostas em linha. Antes de cada máquina, existe um *buffer* que permite armazenar no máximo 1 peça.

A fábrica trabalha numa lógica de produção customizada, o que faz com que todas as ordens de produção tenham tempos de processamento diferentes em cada máquina. Além disso, o tempo de troca de

ferramentas e de afinação dos parâmetros de funcionamento de cada máquina depende da combinação *ordem de produção anterior / ordem de produção atual* (set-ups dependentes da sequência).

Pode encontrar o plano de produção da fábrica no ficheiro “Plano.xlsx”. As matrizes de set-up das máquinas estão no conjunto de ficheiros “SetupsX.xlsx”, em que X é o número da máquina X, sendo que as linhas representam o ID da ordem de produção anterior e as colunas o ID da ordem de produção atual. Os tempos de processamento são dados no ficheiro “ProcessingTimes.xlsx”.

Crie o modelo de simulação do sistema em FlexSim (ver sugestões nas páginas seguintes).

Faça uma análise do comportamento do sistema, recolhendo os KPIs que achar mais importantes (por exemplo, makespan, taxa de ocupação das máquinas e taxa de utilização dos recursos humanos).

Apresente ainda possíveis ações que permitam uma melhoria da produtividade da fábrica.

João Basto / Jorge Pinho de Sousa.

Sugestões para o desenvolvimento do modelo em FlexSim

Para conseguirem criar o modelo de simulação, o primeiro passo será fazerem os tutoriais 1.1 e 1.2 do próprio software, disponíveis em (Help -> User Manual -> FlexSim Basics Tutorials). Para além disso, uma série de sugestões que vos poderão ser úteis são apresentadas de seguida:

1. Como colocar uma source a criar peças segundo uma tabela Excel

Nas propriedades da "Source", alterar o "Arrival Style" para "Arrival Sequence". Depois, fazer "Add this table to Excel Import" para conseguir importar os dados automaticamente da folha Excel. Mudar o "Excel Workbook" e a "Excel Sheet Name" para os nomes do vosso ficheiro Excel. Alterar a propriedade "Data Distinction" para "Values Only (very fast)". Fazer check na opção "Import table on Model Reset (if Excel file has changed)" para garantir que os dados são sempre importados quando são alterados. Finalmente, clicar em "Import Tables" e fazer "OK".

(para garantirem que o Import automático funciona, evitem colocar o modelo num diretório cujo caminho tenha caracteres com acentos (espaços não tem problema))

2. Como ver o tempo total de produção (makespan)

O modelo de simulação deverá parar automaticamente quando todas as ordens de produção forem processadas. Assim, basta ver o tempo apresentado no "Run Time" na barra superior para obter o tempo total de produção.

3. Como guardar o ID de cada ordem de produção numa Item List

Quando criam a item list, nos Fields, criam um Label Field e dão-lhe o nome do atributo a que vão querer ter acesso (se não alterarem o Excel com os dados de input, o nome da label deverá ser Ordem). Nas propriedades de "Back Orders" devem também fazer check à opção "Allow Multiple Pushes Before Back Order Fulfillment", para garantir que todas as ordens de produção são avaliadas antes de fazer pull da primeira ordem.

4. Como utilizar um dado operador para fazer as operações de uma dada máquina

Para isto, deverão utilizar a opção "Connect Center Ports", disponível no dropdown do "Connect Objects" na barra superior do Flexsim. Com a opção "Connect Center Ports", ligam o operador à máquina onde ele vai trabalhar.

Além disso, deverão, nas propriedades da máquina respetiva, colocar um "check" nas opções "Use Operator(s) for Setup" caso ele faça o setup da máquina, "Use Operator(s) for Process" caso ele faça a operação da máquina e "Use Setup Operator(s) for both Setup and Process" caso ele faça ambas.

5. Como criar uma global table e preencher com os dados do Excel

Clicar em "Toolbox" -> "+" -> "Global Table". Depois, na barra lateral direita é possível redefinir o nome da tabela, bem como o número de linhas e colunas. Finalmente, faz-se "copy + paste" dos dados da tabela Excel.

6. Como alterar os tempos de setup e processamento

Para definir os tempos de setup e processamento, deverão utilizar a opção “By Global Table Lookup” e indicar a tabela de onde querem ler os tempos de setup, bem como a linha e coluna. O ID da ordem atual pode ser obtido como sendo *item.Ordem*.

7. Como associar uma variável a um Processor

Nas propriedades do Processor, ir a Labels e acrescentar uma label com o nome da variável desejada, bem como o valor inicial. Devem ainda fazer *check* a “Automatically Reset Labels” para o valor da variável fazer reset quando fazem reset ao modelo. Para depois acederem ao valor da variável em código devem fazer *current.nome_da_variavel*.

8. Como mudar o valor de uma variável associada a um Processor

Nas propriedades do Processor, em “Triggers”, podem adicionar eventos que mudam o valor das variáveis. Primeiro selecionam o tipo de trigger (os mais são: entrada na máquina – On Enter, saída da máquina – On Exit) e depois adicionam a operação a executar (Data -> Set Label, para mudar o valor de uma variável). Por fim, têm de colocar o “Object” como sendo *current*, a label como o nome da variável que querem alterar e o novo valor que a variável deve tomar.