

FACULDADE DE ENGENHARIA U.P.
Departamento de Engenharia Mecânica e
Gestão Industrial

PROGRAMA PRODEP
Medida 4.3
Acção de Formação nº 4

RELATÓRIO FINAL
"Simulação gráfica de um sistema periférico
de um armazém automático"
por
José Armando Araújo

Porto, 28 de Outubro de 1993

H

621/0473)/LCM 1592/ARAJ
01 10 09

PARECER

O aluno finalista do Curso de Engenharia Mecânica e Gestão Industrial **JOSÉ ARMANDO ARAÚJO**, realizou no INEGI, no âmbito do programa PRODEP, medida 4.3/7/7/92/93, um estágio cujo trabalho se encontra descrito no relatório apresentado com o título **"Simulação gráfica de um sistema periférico de um armazém automático"**

Durante a execução do conjunto de tarefas que lhe foram atribuídas, o referido estagiário atingiu os objectivos que lhe foram propostos, mostrando ter conhecimentos adequados.

Face à qualidade do trabalho produzido cumpre-me informar que o estágio realizado se revestiu de grande interesse para esta instituição.

Porto, 27 de Dezembro de 1993

O Supervisor



PARECER

O aluno finalista do Curso de Engenharia Mecânica e Gestão Industrial **JOSÉ ARMANDO ARAÚJO**, realizou no INEGI, no âmbito do programa PRODEP, medida 4.3/7/7/92/93, um estágio cujo trabalho se encontra descrito no relatório apresentado com o título **"Simulação gráfica de um sistema periférico de um armazém automático"**

Durante a execução do conjunto de tarefas que lhe foram atribuídas, o referido estagiário atingiu os objectivos que lhe foram propostos, mostrando ter conhecimentos adequados e empenho.

Face à qualidade do trabalho produzido cumpre-me informar que o estágio realizado se revestiu de grande interesse para formação de alunos, como futuro engenheiro.

Porto, 27 de Dezembro de 1993

O Supervisor



Índice

Índice	1
INTRODUÇÃO	3
SIMULAÇÃO	4
LINGUAGEM SIMAN	8
ANIMAÇÃO DA SIMULAÇÃO EM SIMAN UTILIZANDO CINEMA	10
Programa	10
Diagrama de blocos (simplificado)	10
Explicação sucinta de funcionamento	10
Variáveis, nomes e atributos usados e respectiva função.	11
Listagens dos ficheiros	13
TRANSPOR.MOD	13
TRANSPOR.EXP	19
Layout da animação	22
Símbolos utilizados na animação	22
TRANSPORT.LAY (ficheiro do desenhada base de animação)	23
Resultados de diferentes experimentações	24
Hipóteses de base	24
Tabela de variáveis	24
Resultados da transformação M1	25
Resultados da transformação M2	26
Resultados da transformação M3	28
Resultados da transformação M4	29
(Esta experiência está registada em filme)	29
Resultados da transformação M5	30
(Esta experiência está registada em filme)	30
Resultados da transformação M6	32
(Esta experiência está registada em filme)	32
Resultados da transformação M7	33

(Esta experiência está registrada em	
filme)	33
Resultados da transformação M8	35
Conclusão	37
Agradecimentos	37

INTRODUÇÃO

No âmbito da disciplina " Seminário de Aplicações Informáticas", orientada pelo Sr. Engenheiro António Brito, foi-me proposto fazer um trabalho de Simulação utilizando o programa SIMAN-CINEMA.

Este trabalho foi desenvolvido como um exemplo hipotético de uma simulação gráfica (incluindo a animação) de um sistema periférico de um armazém automático, que eventualmente poderá ter uma aplicação no futuro.

O projecto foi elaborado nas instalações da EFACEC - Departamento de Robótica no Porto, sob a orientação do Sr. Engenheiro Fernando Duarte e do Sr. Engenheiro João Noivo.

SIMULAÇÃO

A simulação é considerada actualmente como um poderoso instrumento utilizado para resolver e operar sistemas complexos. Com uma competição Mundial cada vez maior, a simulação tornou-se uma " arma eficaz" para o planeamento e controle de sistemas.

Simular é, de acordo com " Webster's Collegiate Dictionary", "fingir para obter a essência, na ausência da realidade".

Na simulação, considera-se além da construção de um modelo, a sua experimentação para o estudo do modelo em causa. Assim, pode-se pensar num modelo de simulação como um método de experimentação e aplicação a qual compõem as seguintes fases:

- Descrição do comportamento do sistema;
- Desenvolvimento de teorias construtivas e hipóteses que tomam em conta o comportamento observado;
- Utilização do modelo para prever o comportamento futuro, isto é, os efeitos produzidos pelas mudanças do sistema.

Um dos principais elementos requeridos quando nos debruçamos no estudo de algum problema é a construção e a utilização de um modelo. Usamos modelos porque necessitamos de aprender alguma coisa sobre o sistema real, no qual não é possível observar ou experimentar directamente, ou porque o sistema ainda não existe ou também porque a sua manipulação se torna difícil.

Elementos do sistema são os componentes, partes ou subsistemas, que realizam determinada função. A interrelação entre eles e a maneira como eles actuam, determinam o comportamento global do sistema e verificam se realizam, ou não, o problema proposto.

A simulação prevê o comportamento de sistemas complexos, como por exemplo, os sistemas industriais, analisando e

calculando o movimento e a interacção dos componentes do sistema, ou seja, analisando a maneira como evolui o escoamento de determinadas entidades, quando passam pelas máquinas e estações de serviço, averiguando assim os conflitos da procura, quando os recursos são limitados. Com esta análise podemos estimar novos layouts, seleccionar equipamentos e procedimentos operacionais de maneira a que o nosso sistema trabalhe da forma mais próxima possível do sistema ideal. A simulação dá-nos a oportunidade de experimentar preferencialmente o modelo relativamente ao sistema real, o que se torna bastante vantajoso, pois permite-nos fazer as alterações necessárias antes da aquisição e instalação de componentes indispensáveis à operacionalidade do sistema.

Até agora, definimos simulação, como sendo uma experimentação através de um modelo, no qual obtiemos toda a informação acerca do sistema real. A seguir, vamo-nos concentrar nos planos estratégicos, para definir como desenvolver experimentações, que nos garanta toda a informação pretendida ao mais baixo preço.

O esboço das experimentações é feito em dois tipos de estágios diferentes;

Em primeiro lugar, é feito muito antes da conclusão do modelo. Quanto mais cedo possível, é necessário seleccionar quais as medidas de eficiência que vamos utilizar no nosso estudo, quais os factores que irão variar e quantos níveis, relativamente a estes factores, iremos analisar. Tendo mais ou menos estas bases definidas, será mais fácil desenvolver o modelo que garanta a eficiência pretendida.

Mais tarde, já depois do modelo estar desenvolvido e devidamente corrigido, é necessário considerar uma estratégia final e um plano táctico para executar as experimentações. Mesmo pensando que a nossa análise foi cuidadosamente estudada e planeada, é necessário olhar de maneira realista para os recursos que sobram e saber como melhor os utilizar. Até este ponto, ajustámos o esboço da experimentação, tendo em consideração todos os recursos existentes, assim como, toda a

informação ganha no processo de desenvolvimento, construção, verificação e validação do modelo.

Fazer experimentações na simulação torna-se cara, tanto em termos de tempo de experimentações, como também em termos de tempo de computador. Nós conduzimos o estudo da simulação, principalmente para aprender tudo acerca do sistema sendo o custo o mais baixo possível. Assim, o esboço da experimentação torna-se mais económico, visto que reduz o número de ensaios de experimentações e fornece o esboço ao processo de aprendizagem do investigador.

A concepção e o desenvolvimento dos modelos desempenham a parte vital, sempre que começamos a querer perceber e manipular o nosso sistema.

Como todos os métodos, a simulação apresenta vantagens e desvantagens na qual vamos apresentar algumas:

Como vantagens:

- Novas políticas, procedimentos operacionais, regras de decisão, estrutura organizacional, podem ser exploradas sem interromper o desenvolvimento normal das operações.

- Nova hardware, layout, programas de software, sistemas de transporte, podem ser testadas muito antes da aplicação de recursos para a aquisição e/ou implementação.

- Hipóteses acerca de como ou porque certo fenómeno ocorre, pode ser testado com uma certa viabilidade.

- O conhecimento pode ser valorizado quando sabemos quais as variáveis mais importantes para a execução do modelo e como elas interactivam.

- Engarrafamentos existentes e a maneira em que determinado produto escoa, podem ser identificados.

- O estudo da simulação prova de maneira incalculável, como o sistema realmente actua, em oposição a como as pessoas pensam como ele actua.

Como desvantagens:

- A construção de um modelo requer um treino especializado. A qualidade da análise depende muito do modelo e da perícia do modelador.

- Os resultados da simulação são, às vezes, difíceis de interpretar.

- Uma análise de simulação pode demorar muito tempo e pode tornar-se bastante dispendiosa. Uma vez que, uma análise de simulação pode não atingir os objectivos esperados, há quem prefira utilizar outros métodos, evitando assim perdas de tempo e de recursos.

LINGUAGEM SIMAN

Na elaboração do meu trabalho de simulação, implementei-o através de uma linguagem muito especial, que se designa por SIMAN.

SIMAN tem uma estrutura lógica, na qual divide o problema de simulação em dois segmentos: um modelo e uma experimentação.

O modelo, como já referi atrás, descreve todos os elementos físicos do sistema, nomeadamente as máquinas, os operadores, os pontos de armazenamento, interrelacionando-os de uma maneira lógica. A experimentação especifica as condições experimentais sob a qual corre o modelo, incluindo elementos tais como, as condições iniciais, os recursos viáveis, etc.

Devido às condições experimentais serem externamente especificadas, relativamente à descrição do modelo, elas são facilmente alteradas sem haver qualquer modificação no modelo.

Uma vez o modelo e a experimentação definidos, eles são compilados, "lincados" e executados pelo SIMAN, para gerar a resposta do sistema.

ANIMAÇÃO DA SIMULAÇÃO EM SIMAN UTILIZANDO CINEMA

A animação no computador tem se tornado uma importante "arma" na aplicação de um modelo de simulação de um sistema real: "A animação dá vida ao modelo de simulação".

Com a animação, podemos ver a execução do modelo; vemos as entidades no sistema, como elas aguardam nas filas de espera, a ocupação de recursos, qual o caminho entre estações, etc.

O sistema de animação SIMAN-CINEMA fornece-nos, de maneira integral, o tempo real da capacidade da simulação, permitindo-nos a construção detalhada de uma representação gráfica do sistema modelado. Esta representação é alterada durante o processo de simulação o que reflecte o movimento das entidades através do modelo e os correspondentes estados do sistema.

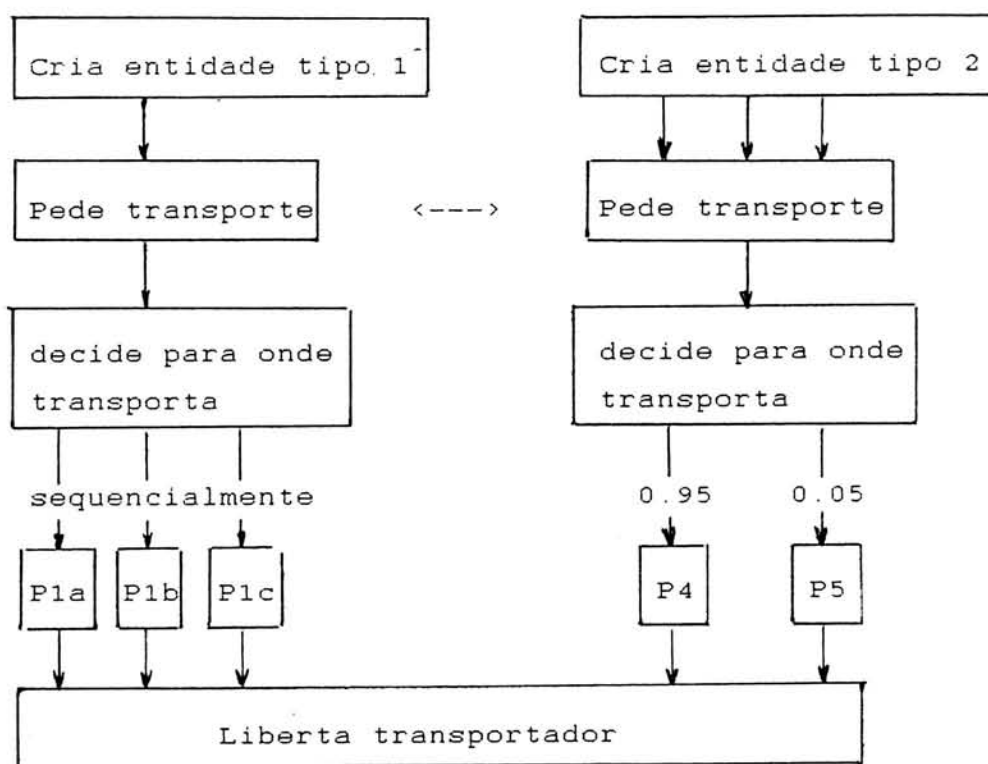
Assim como a própria simulação, é fácil abusar da animação, tirando conclusões acerca do sistema. A animação não deve ser vista como uma alternativa de análise do método, mas sim como um complemento do método.

A animação em CINEMA consiste na exibição de desenhos gráficos que mudam de posição, forma ou cor, sobre uma estrutura estática. Estas mudanças correspondem a alterações de estado concordante com a execução do modelo SIMAN.

É necessário que existam duas partes fundamentais na animação em CINEMA para que este possa correr: um programa em SIMAN e um layout em CINEMA. O programa em SIMAN descreve o sistema real, ou seja, a maneira como o processo escoa, os parâmetros do sistema etc.; o layout contém imagens gráficas que podem ser vistas à medida que a simulação é executada e estas podem ser estáticas ou dinâmicas. Os objectos estáticos não se alteram durante a simulação, pois são aqueles que representam a estrutura física do sistema real. Contrariamente a estes, os objectos dinâmicos mudam de forma, cor ou posição quando a simulação é executada.

Programa

Diagrama de blocos (simplificado)



Os pedidos de transporte concorrem entre si, sempre que um deles é atendido, só uma entidade de cada vez é que passa à fase seguinte, dado que só existe um transportador. Depois de libertado o transportador, o programa vai decidir de novo qual o próximo pedido a ser satisfeito.

Explicação sucinta de funcionamento

As entidades são criadas em quatro pontos distintos, de acordo com uma dada distribuição, diferente para cada tipo de entidade. A estas entidades são atribuídos dois tipos diferentes conforme tenham sido criadas no tapete de entrada (Plataforma 3) ou num dos de saída (Plataformas 2 a, b ou c).

Em seguida é feito o pedido do transportador, caso este esteja disponível à entidade será imposto um atraso, que

contabiliza o tempo de carga do transportador assim como outras demoras, no caso de o transportador não estar disponível então a entidade será colocada na fila de espera da plataforma em questão.

Quanto ao destino de transporte das entidades, defini duas regras, são elas:

1ª) Se de uma entidade de tipo 1 se tratar, ela será descarregada sequencialmente numa das plataformas 1 (a, b ou c)

2ª) As entidades de tipo 2 dirigir-se-ão com uma probabilidade 0.95 à plataforma 4 e uma probabilidade 0.05 à plataforma 5.

De notar que as entidades são do tipo 1 ou tipo 2 conforme estejam a chegar ou a sair do armazém.

Depois de chegada a entidade à estação de destino é imposto um atraso, semelhante ao anterior, destinado desta vez a contabilizar o tempo de descarga. Após a descarga o transportador é libertado até ser requerido por nova entidade.

Neste ponto, e por se tratar de um exemplo académico, criei um recurso fictício cuja única função é provocar um atraso que torne a entidade passível de ser vista, durante a animação, na estação a que se destina. Para posteriores aplicações práticas deste programa estes recursos e respectivas filas de espera podem ser retirados uma vez que impõe mais um atraso à entidade no sistema.

Só falta referir que nas entradas e saídas do sistema coloquei contadores de entidades e "marcadores" de tempo com vista a serem utilizados para os diversos cálculos cujos resultados aparecem tanto no ficheiro resultados como no "layout" da animação.

Variáveis, nomes e atributos usados e respectiva função.

atraso -> Variável usada para definir duração do atraso imposto à entidade, para isso basta alterar o valor (em minutos) atribuído no ficheiro "Transpor.EXP". Nesta variável

são contabilizados os tempos de transferência, das entidades, de e para o transportador. Os tempos de posicionamento e arranque podem ser aqui contabilizados em vez de serem definidos como desaceleração e aceleração, embora esta última forma me pareça mais realista.

atrasovar -> Variável usada para definir duração do atraso imposto à entidade quando esta ocupa um recurso fictício.

carro -> Nome dado ao transportador.

contador# -> Conjunto de variáveis usadas para contar o numero de entidades que passam por determinado ponto, são incrementadas por valores de uma unidade. (# = 1a, 1b, 1c, 4 ou 5)

destino -> Sub grupo, do ficheiro "Transpor.MOD", no qual é decidida qual a plataforma de destino das entidades de tipo 2.

f# -> Nome dado às filas de espera. (# = 1a, 1b, 1c, 2a, 2b, 2c, 3, 4 ou 5).

fim -> Sub grupo, do ficheiro "Transpor.MOD", no qual é controlado o tempo que cada entidade permanece no sistema.

flag -> Variável usada, para em conjunto com a variável J, obrigar as entidades do tipo 1 a dirigirem-se ciclicamente a cada um dos seus três pontos de destino (1a, 1b ou 1c).

J -> Variável usada para inicializar e incrementar a variável flag.

media# -> Variável usada para definir as medias a usar nas distribuições de criação de entidades. (# = 2 ou 3)

num# -> Sub grupo, do ficheiro "Transpor.MOD", no qual é realizado o transporte para a respectiva estação de destino. (# = 1a, 1b, 1c, 4 ou 5)

P# -> Nome dado às estações ou plataformas desta simulação. (# = 1a, 1b, 1c, 2a, 2b, 2c, 3, 4 ou 5).

pr# -> Variável usada para controlar a prioridade com que o pedido de transporte é atendido. (# = 2a, 2b, 2c ou 3).

recfic# -> Nome dado ao recurso fictício usado, para que, na animação, as entidades apareçam representadas na plataforma de destino.

stdv# -> Variável usada para definir desvio padrão das distribuições usadas na criação de entidades. (# = 2 ou 3)

tempo_entrada -> Variável usada para registrar o momento de entrada de uma dada entidade no sistema.

tempo_no_sistema -> Atributo usado para contabilizar o tempo que cada entidade passa no sistema.

tipo_# -> Variável usada para contar quantas entidades de dado tipo foram criadas. (# = 1 ou 2)

Tipo_entidade -> Atributo usado para distinguir entidades. Pode tomar o valor 1 ou 2 e define, na animação, qual o símbolo a utilizar por cada entidade.

total -> Variável usada para contar o total de entidades transportadas.

vel -> Variável usada para definir a velocidade de deslocação do transportador quando este se encontra vazio, já que a velocidade de transporte é definida no bloco TRANSPORTER, assim como aceleração e desaceleração.

Listagens dos ficheiros

TRANSPOR.MOD

BEGIN;

;

STATION, P3;	plataforma 3 para transporte
CREATE:	!cria entidade
NORMAL(media3,stdv3):	!dist. normal M=media3
	S=stdv3
MARK(tempo_entrada);	controla tempo de entrada no
	sist.
ASSIGN:	!atribuir a entidade aqui criada
Tipo_entidade=1;	identidade própria
QUEUE, f3;	fila espera entrada 3

REQUEST, pr3:	!pedir carro
carro,vel,P3;	vel, pr3 são variáveis
COUNT:	!conta entidades
tipo_1;	entradas por plataforma 3
ASSIGN:	!incrementa prioridade
pr3=pr3+1;	
DELAY:	!limpõe espera
atraso;	ao transportador
ASSIGN:	!define valor variável de
	escolha
flag=J;	
BRANCH, 1:	!seleccionar ponto de saída
IF,flag==1,num1a:	!salta para num1a
IF,flag==2,num1b:	!salta para num1b
IF,flag==3,num1c;	!salta para num1c
;	
num1a TRANSPORT:	!transporta entidade
carro,STATION(P1a),vel;	para plataforma 1a
;	
num1b TRANSPORT:	!transporta entidade
carro,STATION(P1b),vel;	para plataforma 1b
;	
num1c TRANSPORT:	!transporta entidade
carro,STATION(P1c),vel;	para plataforma 1c
;	
STATION, P2a;	plataforma 2a para transporte
CREATE:	!cria entidade
Normal(media2,stdv2):	!dist. normal M=media2
	S=stdv2
MARK(tempo_entrada);	!controla tempo de entrada no
	sist.
ASSIGN:	!atribuir a entidade aqui criada
Tipo_entidade=2;	identidade própria
QUEUE, f2a;	fila de espera em 2a
REQUEST, pr2a:	!pedir carro
carro,vel,P2a;	vel, pr2a são variáveis

ASSIGN:	!incrementa prioridade
pr2a=pr2a+3:	
NEXT(destino);	
;	
STATION, P2b;	plataforma 2b para transporte
CREATE, ,media2:	!cria entidade ao fim de
Normal(media2,stdv2):	!dist. normal M=media2
	S=stdv2
MARK(tempo_entrada);	controla tempo de entrada no
	sist.
ASSIGN:	!atribuir a entidade aqui criada
Tipo_entidade=2;	identidade própria
QUEUE, f2b;	fila de espera em 2b
REQUEST, pr2b:	!pedir carro
carro,vel,P2b;	vel, pr2b são variáveis
ASSIGN:	!incrementa prioridade
pr2b=pr2b+3:	
NEXT(destino);	
;	
STATION, P2c;	plataforma 2c para transporte
CREATE, ,2*media2:	!Cria entidade ao fim de
Normal(media2,stdv2):	!dist. normal M=media2
	S=stdv2
MARK(tempo_entrada);	controla tempo de entrada no
	sist.
ASSIGN:	!atribuir a entidade aqui criada
Tipo_entidade=2;	identidade própria
QUEUE, f2c;	fila de espera em 2c
REQUEST, pr2c:	!pedir carro
carro,vel,P2c;	vel, pr2c são variáveis
ASSIGN:	!incrementa prioridade
pr2c=pr2c+3:	
NEXT(destino);	
;	
destino COUNT:	!conta entidades

tipo_2;	entradas por plataformas 2 a, b e c
BRANCH, 1:	!separação aleatória
WITH,0.95,num4:	probabilidade
WITH,0.05,num5;	!0.95 para plataforma 4
	0.05 para plataforma 5
;	
num4 DELAY:	!impõe espera
atraso;	ao transportador
TRANSPORT:	!transporta entidade
carro,STATION(P4),vel;	para plataforma 4
;	
num5 DELAY:	!impõe espera
atraso;	ao transportador
TRANSPORT:	!transporta entidade
carro,STATION(P5),vel;	para plataforma 5
;	
plat1a STATION, P1a;	saída do transporte 1a
ASSIGN:	!mudar flag
J=2;	
DELAY:	!impõe espera
atraso;	ao transportador
FREE: carro;	liberta transportador
COUNT:	!conta entidades
contador1a;	saídas do transportador para 1a
QUEUE, f1a;	fila de espera em 1a
SEIZE:	!entidade toma recurso
recfio1a;	recurso fictício
DELAY:	!impõe espera
atrasovar;	a entidade na descarga
RELEASE:	!entidade deixa recurso
recfio1a;	!liberta recurso fictício
NEXT(fim);	
;	
plat1b STATION, P1b;	saída1b do transporte
ASSIGN:	!mudar flag

J=3;	
DELAY:	!limpõe espera
atraso;	ao transportador
FREE: carro;	liberta transportador
COUNT:	!conta entidades
contador1b;	saídas do transportador para 1b
QUEUE, f1b;	fila de espera em 1b
SEIZE:	!entidade toma recurso
recfic1b;	recurso fictício
DELAY:	!limpõe espera
atrasovar;	a entidade na descarga
RELEASE:	!entidade deixa recurso
recfic1b;	!!liberta recurso fictício
NEXT(fim);	
;	
plat1c STATION, P1c;	saída 1c do transporte
ASSIGN:	!mudar flag
J=1;	
DELAY:	!limpõe espera
atraso;	ao transportador
FREE: carro;	liberta transportador
COUNT:	!conta entidades
contador1c;	saídas do transportador para 1c
QUEUE, f1c;	fila de espera em 1c
SEIZE:	!entidade toma recurso
recfic1c;	recurso fictício
DELAY:	!limpõe espera
atrasovar;	a entidade na plat. de descarga
RELEASE:	!entidade deixa recurso
recfic1c;	!!liberta recurso fictício
NEXT(fim);	
;	
plat4 STATION, P4;	saída 4 do transporte
DELAY:	!limpõe espera
atraso;	ao transportador
FREE: carro;	liberta transportador

COUNT:	!conta entidades
contador4;	saídas do transportador para 4
QUEUE, f4;	fila de espera em 4
SEIZE:	!entidade toma recurso
recfic4;	recurso fictício
DELAY:	!limpõe espera
atrasovar;	a entidade na plat. de descarga
RELEASE:	!entidade deixa recurso
recfic4;	!liberta recurso fictício
NEXT(fim);	
;	
plat5 STATION, P5;	saída 5 do transporte
DELAY:	!limpõe espera
atraso;	ao transportador
FREE: carro;	liberta transportador
COUNT:	!conta entidades
contador5;	saídas do transportador para 5
QUEUE, f5;	fila de espera em 5
SEIZE:	!entidade toma recurso
recfic5;	recurso fictício
DELAY:	!limpõe espera
atrasovar;	a entidade na plat. de descarga
RELEASE:	!entidade deixa recurso
recfic5;	!liberta recurso fictício
NEXT(fim);	
;	
fim TALLY:	!tempo entidades no sistema
tempo_no_sistema,INT(	
tempo_entrada);	entidade sai do sistema
COUNT:	!contador
total;	!total das entidades
	transportadas
DISPOSE;	
END;	
I	

TRANSPOR . EXP

BEGIN;	
PROJECT, Transportador,	
Patrícia e Armando Lda,23/09/1993;	Realizado nas instalações da EFACEC Porto
ATTRIBUTES:	!definição de atributos
tipo_entidade:	!para definir símbolo na animação
tempo_entrada;	para calculo do tallie
VARIABLES:	!variáveis usadas
pr3,1:	!prioridade de plat. 3
pr2a,1:	!prioridade da plat. 2a
pr2b,1:	!prioridade da plataf. 2b
pr2c,1:	!prioridade da plataf. 2c
media2,1:	!60 entidades por hora x 3
stdv2,.03:	!0.03 minutos
media3,.333:	!180 entidades por hora
stdv3,.03:	!0.0005 horas
vel,1200:	!1200 dm/min = 2 m/s
atraso,0.1:	!0.1 min = 6 s
atrasovar,3:	!3 min
flag,1;	flag com valor inicial 1
INITIALIZE:	!inicialização de variável
J=1;	variável usada para inicializar flag
INTERSECTIONS:	!definição de intersecções
x3:	!ponto de carga da estação 3
x1a:	!ponto de descarga da estação 1a
x1b:	!ponto de descarga da estação 1b
x1c:	!ponto de descarga da estação 1c
x2a:	!ponto de carga da estação 2a

x2b:	!ponto de carga da estação 2b
x2c:	!ponto de carga da estação 2c
x4:	!ponto de descarga da estação 4
x5;	ponto de descarga da estação 5
STATIONS:	!estações usadas no modelo
P3,x3:	!nome e posição da estação
P1a,x1a:	
P1b,x1b:	
P1c,x1c:	
P2a,x2a:	
P2b,x2b:	
P2c,x2c:	
P4,x4:	
P5,x5:	
RESOURCES:	!recursos fictícios usados para
1,recfic1a:	!aparecer entidade em plat.1a
2,recfic1b:	!aparecer entidade em plat.1b
3,recfic1c:	!aparecer entidade em plat.1c
4,recfic4:	!aparecer entidade em plat.4
5,recfic5:	aparecer entidade em plat.5
QUEUES:	!filas de espera
f3,FIFO:	!"first in first out"
f2a,FIFO:	
f2b,FIFO:	
f2c,FIFO:	
f1a,FIFO:	
f1b,FIFO:	
f1c,FIFO:	
f4,FIFO:	
f5,FIFO:	
DISTANCES:	!matriz de distancias em dm
1, 1-9,	
50, 25, 100, 25, 50, 125, 75, 160/	
75, 150, 25, 100, 175, 125, 210/	

	75, 50, 25, 100, 50, 135/ 125, 50, 25, 25, 60/ 75, 150, 100, 185/ 75, 25, 110/ 50, 35/ 85;	1=plataforma 3 - 9=plataforma 5 !definição do transportador
TRANSPORTERS:	carro,,Distance(1),1200 - 18000 - 12000 - 1.0;	dm/min e dm/min^2
STORAGES:	1,descarga1a: 2,carga2a: 3,carga3: 4,descarga1b: 5,carga2b: 6,descarga4: 7,descarga1c: 8,carga2c: 9,descarga5;	!pontos de carga e descarga !usados na animação
COUNTERS:	tipo_1: tipo_2: contador4: contador5: contador1a: contador1b: contador1c: total;	!contadores !entidades carregadas por 3 !entidades carregada por 2 a, b e c !entidades saídas em 4 !entidades saídas em 5 !entidades saídas em 1a !entidades saídas em 1b !entidades saídas em 1c total de entidades
TALLIES:	tempo_no_sistema;	!controle de tempo registrar tempos
DSTATS:	1,NQ(f3),ocupacaofila3: 2,NQ(f2a),ocupacaofila2a: 3,NQ(f2b),ocupacaofila2b: 4,NQ(f2b),ocupacaofila2c:	!estatísticas !nº entidades na fila 3 !nº entidades na fila 2a !nº entidades na fila 2b !nº entidades na fila 2c

5,NT(carro),ocupacaocarro;	nº entidades transportadas
LAYOUTS:	!ficheiro do layout da animação
"c:\semin\transpor.lay",	
tipo_entidade,0.01,0.05,"L";	escalas de tempo
REPLICATE, 1,0.0,60;	1 replica de 60 minutos
END;	
I	

Layout da animação

Símbolos utilizados na animação

Estes símbolos são parte integrante do "layout" da animação, embora só nele apareçam quando a animação é executada.

	Entidade de tipo 1. Representa entidades a chegar ao sistema pela plataforma 3. (fundo branco e risca azul)
	Entidade de tipo 2. Representa entidades a chegar ao sistema pelas plataformas 2 a, b e c. (fundo azul e risca branca)
	Recurso fictício associado às entidades do tipo 1. Pretende representar o desaparecimento, da entidade, do sistema.
	Recurso fictício associado às entidades do tipo 2. Pretende representar o desaparecimento, da entidade, do sistema.
	Transportador em descanso. (fundo verde)
	Transportador à espera de ser reservado. (fundo amarelo)
	Transportador reservado ou já carregado. (fundo vermelho)



Resultados de diferentes experimentações

Hipóteses de base

Admitindo que o "layout" é imutável no que diz respeito á situação física dos seus elementos.

Se o ritmo de chegada de entidades ao sistema (cadência) é fixo, então vamos, usar a simulação para, escolher um transportador cuja velocidade seja o mais baixa possível (transportador mais barato) continuando a garantir o escoamento pretendido.

Se, por outro, lado dispusermos de um transportador com características fixas, vamos, através da simulação, procurar descobrir qual a cadência máxima que o sistema pode admitir.

A situação de saturação do sistema é atingida quando, as filas de espera enchem para além de limites razoáveis (4 a 5 entidades instantaneamente) estando o transportador com uma taxa média de ocupação bastante alta (> 90%). Para esta situação admito ter atingido a cadência máxima do sistema.

Tabela de variáveis

em filme				*	*	*	*	
	M1	M2	M3	M4	M5	M6	M7	M8
média2	6	4	=	3	2	=	1.5	1
média3	2	1.33	=	1	0.67	=	0.5	0.33
vel*100	12	=	6	=	=	12	=	=
atrazovar0.5	=	=	=	=	=	=	=	3

As variáveis que se seguem não sofreram nenhuma alteração.

stdv2 e 3 0.03

atraso 0.1

aceleração*1000 12

desaceleração*1000 18

Resultados da transformação M1

SIMAN IV - License #9170020

EFACEC

Rapport de Replication 1 sur 1

Projet: Transportador

Date d'execution : 10/27/1993

Analyste: Patrícia e Armando Lda

Date de revision : 23/ 9/1993

Replication terminee au temps : 60.0

VARIABLES TALLY

Identificateur	Moyenne	Variation	Minimum	Maximum	Observations
tempo_no_sistema	1.1057	.37385	.74167	2.1481	57

VARIABLES DISCRETES

Identificateur	Moyenne	Variation	Minimum	Maximum	Valeur finale
ocupacaofila3	.03079	5.6103	.00000	1.0000	1.0000
ocupacaofila2a	.11219	2.8131	.00000	1.0000	.00000
ocupacaofila2b	.06061	3.9370	.00000	1.0000	1.0000
ocupacaofila2c	.06061	3.9370	.00000	1.0000	1.0000
ocupacaocarro	.28988	1.5651	.00000	1.0000	1.0000

COMPTEURS

Identificateur	Compte Limite
tipo_1	30 Infinite
tipo_2	28 Infinite
contador4	26 Infinite

contador5	1 Infinite
contador1a	10 Infinite
contador1b	10 Infinite
contador1c	10 Infinite
total	57 Infinite

Duree Simulation : 0 min(s) 1 sec(s)

Simulation terminee.

A cadência horária de entidades transportadas (soma dos contadores tipo_1 + tipo_2) é neste caso de 58 entidades por hora.

A taxa de ocupação do transportador é muito baixa (29%).

A ocupação da fila mais critica (fila 3) é muito baixa.

Juntando os três factos enunciados chego à conclusão que, para esta velocidade do transportador e para os ritmos de criação de entidades propostos, o sistema está muito longe do seu ponto óptimo.

Resultados da transformação M2

SIMAN IV - License #9170020

EFACEC

Rapport de Replication 1 sur 1

Projet: Transportador Date d'execution : 10/27/1993

Analyste: Patrícia e Armando Lda Date de revision : 23/ 9/1993

Replication terminee au temps : 60.0

VARIABLES TALLY

Identificateur	Moyenne	Variation	Minimum	Maximum	Observations
tempo_no_sistema	1.1024	.35087	.74167	2.1441	87

VARIABLES DISCRETES

Identificateur	Moyenne	Variation	Minimum	Maximum	Valeur finale
ocupacaofila3	.05604	4.1040	.00000	1.0000	.00000
ocupacaofila2a	.16446	2.2540	.00000	1.0000	.00000
ocupacaofila2b	.08953	3.1889	.00000	1.0000	1.0000
ocupacaofila2c	.08953	3.1889	.00000	1.0000	1.0000
ocupacaocarro	.44436	1.1182	.00000	1.0000	1.0000

COMPTEURS

Identificateur	Compte	Limite
tipo_1	46	Infinite
tipo_2	42	Infinite
contador4	39	Infinite
contador5	3	Infinite
contador1a	15	Infinite
contador1b	15	Infinite
contador1c	15	Infinite
total	87	Infinite

Duree Simulation : 0 min(s) 2 sec(s)

Simulation terminee.

O aumento do ritmo de criação de entidades (ou diminuição do intervalo de tempo decorrido entre criações) provocou, aumento da cadência de transporte para 88 entidades por hora, da taxa de ocupação do transportador para 44% e finalmente da ocupação média da fila, que se encontra ainda num valor inferior a 1.

Estes aumentos vêm confirmar a conclusão da experimentação anterior.

Resultados da transformação M3

SIMAN IV - License #9170020

EFACEC

Rapport de Replication 1 sur 1

Projet: Transportador Date d'execution : 10/27/1993

Analyste: Patrícia e Armando Lda Date de revision : 23/ 9/1993

Replication terminee au temps : 60.0

VARIABLES TALLY

Identificateur	Moyenne	Variation	Minimum	Maximum	Observations
----------------	---------	-----------	---------	---------	--------------

tempo_no_sistema	1.2986	.34743	.78333	2.4325	87
------------------	--------	--------	--------	--------	----

VARIABLES DISCRETES

Identificateur	Moyenne	Variation	Minimum	Maximum	Valeur finale
----------------	---------	-----------	---------	---------	---------------

ocupacaofila3	.15323	2.3508	.00000	1.0000	.00000
ocupacaofila2a	.23125	1.8233	.00000	1.0000	.00000
ocupacaofila2b	.08984	3.1830	.00000	1.0000	1.0000
ocupacaofila2c	.08984	3.1830	.00000	1.0000	1.0000
ocupacaoocarro	.59518	.82471	.00000	1.0000	1.0000

COMPTEURS

Identificateur	Compte Limite
----------------	---------------

tipo_1	45 Infinite
tipo_2	42 Infinite
contador4	40 Infinite
contador5	2 Infinite
contador1a	15 Infinite
contador1b	15 Infinite

contador1c	15 Infinite
total	87 Infinite

Duree Simulation : 0 min(s) 1 sec(s)

Simulation terminee.

A diminuição da velocidade do transportador demonstra que, em comparação com a experimentação anterior, é feita uma utilização mais eficiente dos recursos, já que a cadência se mantém praticamente constante.

No entanto esta solução pode ainda ser melhorada.

Resultados da transformação M1

(Esta experiência está registada em filme)

SIMAN IV - License #9170020

EFACEC

Rapport de Replication 1 sur 1

Projet: Transportador Date d'execution : 10/27/1993

Analyste: Patrícia e Armando Lda Date de revision : 23/ 9/1993

Replication terminee au temps : 60.0

VARIABLES TALLY

Identificateur	Moyenne	Variation	Minimum	Maximum	Observations
tempo_no_sistema	1.4904	.31221	.78333	2.4379	117

VARIABLES DISCRETES

Identificateur	Moyenne	Variation	Minimum	Maximum	Valeur finale
ocupacaofila3	.34256	1.3972	.00000	2.0000	.00000
ocupacaofila2a	.33950	1.3948	.00000	1.0000	.00000
ocupacaofila2b	.24328	1.7636	.00000	1.0000	.00000

ocupacaofila2c	.24328	1.7636	.00000	1.0000	.00000
ocupacaoocarro	.85867	.40571	.00000	1.0000	1.0000

COMPTEURS

Identificateur	Compte Limite
tipo_1	61 Infinite
tipo_2	57 Infinite
contador4	55 Infinite
contador5	2 Infinite
contador1a	20 Infinite
contador1b	20 Infinite
contador1c	20 Infinite
total	117 Infinite

Duree Simulation : 5 min(s) 1 sec(s)

Simulation terminee par utilisateur.

O aumento do ritmo de criação de entidades (ou diminuição do intervalo de tempo decorrido entre criações) provocou, aumento da cadência de transporte para 118 entidades por hora, da taxa de ocupação do transportador para 86% e finalmente da ocupação média da fila, que se encontra ainda num valor ainda inferior a 1.

Resultados da transformação M5

(Esta experiência está registada em filme)

SIMAN IV - License #9170020

EFACEC

Rapport de Replication 1 sur 1

Projet: Transportador

Date d'execution : 10/27/1993

Analyste: Patrícia e Armando Lda

Date de revision : 23/ 9/1993

Replication terminée au temps : 60.0

VARIABLES TALLY

Identificateur	Moyenne	Variation	Minimum	Maximum	Observations
tempo_no_sistema	4.9999	.55102	.78333	9.7775	154

VARIABLES DISCRETES

Identificateur	Moyenne	Variation	Minimum	Maximum	Valeur finale
ocupacaofila3	7.5066	.52329	.00000	14.000	13.000
ocupacaofila2a	2.6133	.52259	.00000	5.0000	5.0000
ocupacaofila2b	1.5318	.71380	.00000	4.0000	3.0000
ocupacaofila2c	1.5318	.71380	.00000	4.0000	3.0000
ocupacaocarro	.99177	.09107	.00000	1.0000	1.0000

COMPTEURS

Identificateur	Compte	Limite
tipo_1	78	Infinite
tipo_2	78	Infinite
contador4	74	Infinite
contador5	4	Infinite
contador1a	26	Infinite
contador1b	26	Infinite
contador1c	26	Infinite
total	154	Infinite

Durée Simulation : 0 min(s) 4 sec(s)

Simulation terminée.

O aumento do ritmo de criação de entidades (ou diminuição do intervalo de tempo decorrido entre criações) provocou,

aumento da cadência de transporte para 156 entidades por hora, da taxa de ocupação do transportador para 99% e finalmente da ocupação da fila para 7,5 entidades em média.

O valor da ocupação da fila 3 dá a entender que a solução ideal, deste problema, à velocidade de 1 m/s, se encontra nas seguintes condições:

- média2 pertence a]3, 2[minutos entre entidades.
- média3 pertence a]1, 0.667[minutos entre entidades.
- A cadência estará situada, algures, entre 118 e 156 entidades por hora.

Resultados da transformação M6

(Esta experiência está registada em filme)

SIMAN IV - License #9170020

EFACEC

Rapport de Replication 1 sur 1

Projet: Transportador Date d'execution : 10/27/1993

Analyste: Patrícia e Armando Lda Date de revision : 23/ 9/1993

Replication terminee au temps : 60.0

VARIABLES TALLY

Identificateur	Moyenne	Variation	Minimum	Maximum	Observations
tempo_no_sistema	1.2250	.29657	.74167	2.1278	177

VARIABLES DISCRETES

Identificateur	Moyenne	Variation	Minimum	Maximum	Valeur finale
ocupacaofila3	.43486	1.1746	.00000	2.0000	.00000
ocupacaofila2a	.28928	1.5674	.00000	1.0000	.00000
ocupacaofila2b	.14369	2.4411	.00000	1.0000	.00000

ocupacaofila2c	.14369	2.4411	.00000	1.0000	.00000
ocupacaoocarro	.93288	.26824	.00000	1.0000	1.0000

COMPTEURS

Identificateur	Compte Limite
tipo_1	91 Infinite
tipo_2	88 Infinite
contador4	85 Infinite
contador5	2 Infinite
contador1a	31 Infinite
contador1b	30 Infinite
contador1c	30 Infinite
total	177 Infinite

Duree Simulation : 0 min(s) 4 sec(s)

Simulation terminee.

O aumento da velocidade, em relação à situação anterior, faz com que o sistema, não só, saia da situação de saturação, mas também veja aumentada a sua cadência (179 entidades/hora).

Resultados da transformação M7

(Esta experiência está registada em filme)

SIMAN IV - License #9170020

EFACEC

Rapport de Replication 1 sur 1

Projet: Transportador

Date d'execution : 10/27/1993

Analyste: Patrícia e Armando Lda

Date de revision : 23/ 9/1993

Replication terminee au temps : 60.0

VARIABLES TALLY

Identificateur	Moyenne	Variation	Minimum	Maximum	Observations
tempo_no_sistema	4.9999	.51875	.74167	9.7164	205

VARIABLES DISCRETES

Identificateur	Moyenne	Variation	Minimum	Maximum	Valeur finale
ocupacaofila3	9.6369	.51812	.00000	18.000	17.000
ocupacaofila2a	3.3575	.51236	.00000	6.0000	6.0000
ocupacaofila2b	2.3107	.67519	.00000	5.0000	5.0000
ocupacaofila2c	2.3107	.67519	.00000	5.0000	5.0000
ocupacaocarro	.99457	.07390	.00000	1.0000	1.0000

COMPTEURS

Identificateur	Compte	Limite
tipo_1	103	Infinite
tipo_2	104	Infinite
contador4	100	Infinite
contador5	4	Infinite
contador1a	34	Infinite
contador1b	34	Infinite
contador1c	34	Infinite
total	205	Infinite

Duree Simulation : 0 min(s) 4 sec(s)

Simulation terminee.

O aumento do ritmo de criação de entidades (ou diminuição do intervalo de tempo decorrido entre criações) provocou, aumento da cadência de transporte para 207 entidades por hora, da taxa de ocupação do transportador para 99% e finalmente da ocupação da fila para 9.6 entidades em média.

O valor da ocupação da fila 3 dá a entender que a solução ideal, deste problema, à velocidade de 2 m/s, se encontra nas seguintes condições:

- média2 pertence a]2, 1.5[minutos entre entidades.
- média3 pertence a]0.667, 0.5[minutos entre entidades.
- A cadência estará situada, algures, entre 179 e 207 entidades por hora.

Resultados da transformação M8

SIMAN IV - License #9170020

EFACEC

Rapport de Replication 1 sur 1

Projet: Transportador Date d'execution : 10/27/1993

Analyste: Patrícia e Armando Lda Date de revision : 23/ 9/1993

Replication terminee au temps : 60.0

VARIABLES TALLY

Identificateur	Moyenne	Variation	Minimum	Maximum	Observations
tempo_no_sistema	22.284	.54627	3.2417	50.526	80

VARIABLES DISCRETES

Identificateur	Moyenne	Variation	Minimum	Maximum	Valeur finale
ocupacaofila3	39.583	.57238	.00000	78.000	78.000
ocupacaofila2a	12.685	.56605	.00000	25.000	25.000
ocupacaofila2b	11.598	.61804	.00000	24.000	24.000
ocupacaofila2c	11.598	.61804	.00000	24.000	24.000
ocupacaocarro	1.0000	.00000	.00000	1.0000	1.0000

COMPTEURS

Identificateur	Compte Limite
tipo_1	105 Infinite
tipo_2	106 Infinite
contador4	101 Infinite
contador5	4 Infinite
contador1a	35 Infinite
contador1b	35 Infinite
contador1c	35 Infinite
total	80 Infinite

Duree Simulation : 5 min(s) 39 sec(s)

Simulation terminee.

Neste último caso, o sistema está nitidamente saturado, já que apesar de o numero de entidades criadas ter aumentado significativamente (ver filas de espera 3, 2a, 2b e 2c), a cadência só teve um aumento de 4 entidades por hora.

Conclusão

SIMAN, sendo uma linguagem de alto nível, em que cada bloco representa uma subrotina pré-definida, permite ao operador concentrar-se nos problemas do sistema em causa e abstrair-se de grande parte dos problemas que uma linguagem mais clássica (BASIC; FORTRAN, etc.) levanta.

A possibilidade de animar o sistema torna-se bastante útil para a análise e interpretação de resultados.

Outras variáveis podem ser objecto de estudo, nomeadamente prioridades, aceleração, desaceleração, distancias, numero de entradas e saídas, etc.

O princípio subjacente ao modelo apresentado, encontra aplicação em muitos sistemas reais, salvaguardando as devidas diferenças em relação ao número e situação geográfica das plataformas.

Agradecimentos

Agradeço a:

Departamento de Robótica - EFACEC - Porto

Eng. António Brito (FEUP)

Eng. Fernando Duarte (EFACEC)

Eng. João Noivo (Univ. Minho)

por todo o apoio prestado.

Cláudia Patrícia Noronha

José Armando Araújo

José Armando Araújo



FACULDADE DE ENGENHARIA
UNIVERSIDADE DO PORTO

BIBLIOTECA



0000101519