

Terminologia Básica

LABORATÓRIO DE SIMULAÇÃO DE SISTEMAS

PROF. GUILHERME FRÓES SILVA



ESCOLA
POLITÉCNICA

<https://guilhermepucrs.github.io/laboratorioSim>

Índice

Modelos discretos e contínuos

Entidades e seus atributos

Variáveis de estado

Eventos e Atividades

Recursos e filas de recursos

Tempo simulado e tempo de simulação

Métodos de modelagem

Mecanismos de avanço de tempo

Modelos

DISCRETOS E CONTÍNUOS

Modelos discretos e modelos contínuos

Definição *Representação abstrata de um sistema, que o descreve em termos de entidades e atributos, eventos e atividades, etc.*

Os conceitos relacionados à modelos discretos e contínuos estão associados à ideia de sistemas que sofrem mudanças de forma discreta ou contínua ao longo do tempo.

É possível classificar um sistema como contínuo ou discreto, dependendo da maneira com que o mesmo foi modelado.

- Logo, classifica-se o modelo (e não o sistema) com base nas variáveis necessárias ao acompanhamento do estado do sistema

Modelos discretos

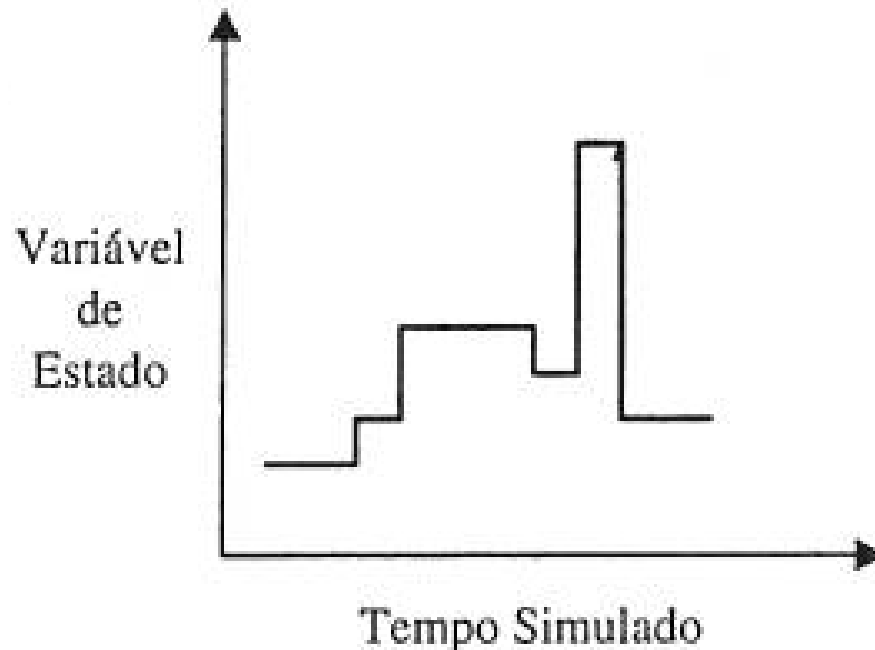
As variáveis de estado mantêm-se inalteradas ao longo de intervalos de tempo e mudam seus valores somente em pontos bem definidos.

- Conhecidos como tempo de ocorrência do evento.
- A variação do tempo pode ser tanto discreta quanto contínua.

Se as variáveis que dependem do tempo podem assumir qualquer valor ao longo do tempo, a variação poderá ser contínua.

Caso contrário somente nos pontos permitidos.

Modelos discretos



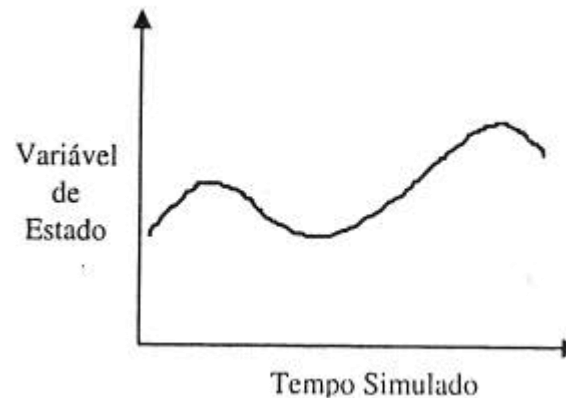
Pode ser uma lista de tarefas na fila de um CPU ou quantidade de peças em um buffer de armazenamento

Modelos contínuos

As variáveis de estado podem variar continuamente ao longo do tempo.

Como exemplo pode-se imaginar um sistema de uma caixa d'água com um tampão em sua base.

- Variáveis de estado: o seu volume ou o seu nível de água.
- As simulações realizadas teriam início no momento em que o tampão fosse retirado e a água começasse a escoar.



Modelos contínuos

Alguns modelos contínuos podem ser discretizados, ou seja, tratados como modelos discretos após algumas suposições realizadas sobre as variáveis de estado.

Há também a possibilidade de modelagem mista, na qual variáveis dependentes do tempo podem variar ora de maneira contínua ora discreta ao longo do tempo.

Entidades e seus atributos

Entidade

Definição *Uma entidade representa um objeto de interesse que necessita uma clara e explícita definição.*

Pode ser:

- Dinâmica, movendo-se através do sistema.
- Estática, servindo a outras entidades.

Exemplo	Entidades Estáticas	Entidades Dinâmicas
Loja	Caixa de Atendimento	Clientes
Fábrica	Máquinas	Peças

Atributo

Definição *Um atributo é uma propriedade de uma entidade.*

As características próprias das entidades, isto é, aquelas que as definem totalmente, são chamadas de atributos.

- Várias entidades semelhantes possuem os mesmos atributos. Sendo os valores dos atributos o que as diferenciam entre si.

Dessa forma pode-se caracterizar toda entidade que é processada em uma determinada máquina de um sistema de manufatura.

Além disso, as atributos permitem a obtenção de estatísticas do sistema, importantes para analisar o comportamento do sistema sob estudo.

Entidades e seus atributos

As entidades e seus atributos dependem do tipo de investigação que está sendo feita.

Exemplo

Para calcular o tempo médio de permanência das peças em um sistema, é necessário calcular o tempo que cada uma delas leva no sistema.

- Esses tempos individuais devem ser acumulados em uma variável
- Divide-se esta variável pelo número total de peças que passaram pelo sistema para obter o tempo médio no sistema.

Para isso, é necessário que cada peça guarde o momento de sua entrada no sistema na forma de um atributo.

- TCS (Tempo de Chegada no Sistema)

Entidades e seus atributos

Quando a peça sair do sistema, o programa de simulação executa os seguintes passos:

- Calcula o tempo total no sistema de cada peça, subtraindo o tempo de saída pelo tempo de entrada da peça.
- Atualiza o contador de peças que deixam o sistema;
- Acumula (numa variável) o tempo no sistema da peça que está saindo;
- Calcula o tempo médio de todas as peças que já passaram pelo sistema, dividindo o tempo acumulado pelo total de peças.

Recursos e Filas

Recursos e filas de recursos

Um recurso é uma **entidade estática** que fornece serviços às entidades dinâmicas.

Um recurso pode ter a capacidade de servir uma ou mais entidades dinâmicas ao mesmo tempo.

É possível que uma entidade dinâmica opere com mais de uma unidade do recurso ao mesmo tempo, ou com diferentes recursos ao mesmo tempo.

Recursos

Se puder capturar o recurso, a entidade dinâmica o reterá por um tempo que é geralmente chamado de tempo de processamento (*atividade*), sendo liberado a seguir.

Um recurso pode ter vários estados

- Ocupado e Livre (mais comuns)
- Bloqueado
- Falhado
- Indisponível
- Etc.

Se uma entidade dinâmica não puder se apoderar de um recurso solicitado, ela deverá aguardar pelo mesmo em uma fila.

Filas

O processamento de uma fila, isto é, forma como a mesma será gerenciada depende, principalmente, das políticas operacionais adotadas no sistema ou no modelo que o representa.

A política mais comum de tratamento de filas é a FIFO (First In, First Out), onde o primeiro a chegar na fila será o primeiro a ser atendido pelo recurso.

Outras formas de gerenciamento podem ser adotadas. Não havendo disponibilidade de espaço na fila, esta entidade poderá tomar o destino de outro recurso (ou outra fila) ou mesmo deixar o sistema.

Variáveis de estado

Definição *As variáveis de estado constituem o conjunto de informações necessárias à compreensão do que está ocorrendo no sistema num determinado instante de tempo, com relação ao objeto de estudo.*

Variáveis cujos valores definem os estados do sistema são chamadas de variáveis de estado.

As variáveis de estado do sistema podem ser usadas para retomar uma simulação que foi interrompida.

A determinação das variáveis de estado é função do propósito de estudo.

Exemplos

Números de peças esperando para serem processadas em uma máquina

Estado da máquina (livre ou ocupada)

Número de clientes esperando na fila do caixa

Número de solicitações aguardando na fila de uma CPU

Número de solicitações atendidas

Eventos e Atividades

E PERÍODOS DE ESPERA (DELAYS)

Eventos

Definição *São acontecimentos que, quando ocorrem (programados ou não) provocam mudanças de estado em um sistema.*

Toda mudança é provocada pela ocorrência de um evento.

Exemplos

- A chegada de peças, clientes ou solicitações no sistema
- O início do processamento pela máquina, caixa ou CPU
- A saída de peças, clientes ou solicitações dos sistemas

Atividades

Definição *Atividade, em simulação, corresponde a um período de tempo predeterminado.*

Geralmente representa tempos de serviço, tempos entre chegadas ou outros tempos de processamento definidos pelo modelista.

Para acompanhar a atividade, um evento é criado tendo um tempo igual ao tempo de fim da atividade.

A duração de uma atividade (calculada no instante em que ela começa) pode ser

- Constante ou o resultado de uma expressão matemática
- Um valor aleatório com base em uma distribuição de probabilidades
- Ser fornecida a partir da leitura em algum arquivo ou fonte externa
- Ser dependente do estado do sistema

Períodos de espera (Delays)

Definição *São períodos de tempo que não especificados pelo modelista. Pelo contrário, são determinados por condições do sistema.*

Ao contrário de uma atividade, uma espera é um período de tempo sobre o qual não se tem controle.

- Uma vez iniciada não se pode programar seu fim.

Caso típico: eventos inesperados

- Ex: uma entidade entra em uma fila de espera por um recurso. O tempo que ela ficará retida dependerá da soma dos tempos de processamento das outras entidades que se encontram na fila ou em processo.

Períodos de espera (Delays)

Se a forma da fila for FIFO, pode-se calcular esta espera.

Se outra forma de gerenciamento for adotada, como um atributo de prioridade por exemplo, um evento inesperado como a chegada de uma entidade com este tipo de atributo torna tal controle quase impossível.

Outro caso de evento inesperado seria a indisponibilidade, por tempo indeterminado, de um recurso devido a quebra do mesmo.

Todo início e final de uma atividade ou período de espera (mudança de estado) são causados por um evento.

Tempos

REAL E DE SIMULAÇÃO

Tempo (real) simulado e Tempo de simulação

Um cuidado necessário por parte de quem está modelando um sistema diz respeito à relação entre o tempo (do sistema real) simulado e o tempo de simulação (tempo necessário à execução de um experimento no computador).

Para certos sistemas, o tempo de simulação pode ser muito maior que o tempo simulado.

- Por exemplo, na simulação de um modelo de uma rede de computadores, as unidades de tempo admitidas para os eventos são da ordem de milissegundos.

Tempo (real) simulado e Tempo de simulação

Se, no modelo, o número de entidades e o número de processos a que estas devem ser submetidas for grande (milhares de pacotes sendo roteados), o tempo de CPU devotado a esse processamento poderá ser razoável (dependendo do CPU).

Dessa forma, para simular, digamos, 15 segundos de funcionamento desse sistema, é possível que se gaste dezenas de minutos de tempo de computador.

Tempo (real) simulado e Tempo de simulação

Por outro lado, toma-se um modelo de um terminal portuário.

Os eventos associados a este tipo de sistema podem ser contabilizados até mesmo na ordem de dias, ou semanas.

- Por exemplo, o período decorrido entre a chegada de dois navios.

Desta forma, os modelos deste tipo de sistema, tipicamente permitem que sejam simulados meses ou anos de operação dos mesmos em apenas alguns segundos ou minutos de processamento.

Modelagem

MÉTODOS

Métodos de modelagem

A visão da realidade, ou do mundo (world view), é um termo muito utilizado por especialistas em simulação.

De acordo com Pegden (1990), a visão de realidade sob o ponto de vista de uma linguagem de simulação pode ser expressa da seguinte forma:

- A realidade consiste numa série de entidades ou transações que fluem através do sistema. Tais entidades são descritas, caracterizadas e identificadas por seus atributos.
- As entidades interagem com recursos e outras facilidades participando de atividades de acordo com certas condições, determinantes da sequência das interações.
- Estas interações estão relacionadas ou criam eventos que alteram o estado do sistema.



Métodos de modelagem

Dentro desta visão da realidade existem, basicamente, três diferentes métodos de modelagem, os quais dependem da linguagem de simulação empregada para serem utilizados.

- Modelagem por eventos;
- Modelagem por atividades;
- Modelagem por processos.

As diferenças entre os métodos encontram-se fundamentalmente na forma com que o próximo evento é programado para ser processado.

Métodos de modelagem

A ocorrência do próximo evento pode ser condicional ou incondicional

Um evento incondicional poderá ser executado quando da ocorrência do seu tempo programado (momento em que o mesmo deve acontecer) na programação.

- Depende somente do tempo de simulação.

Os eventos condicionados poderão depender de outras condições além do tempo, as quais estão geralmente relacionadas com o estado do sistema, tais como disponibilidade de um recurso ou espera por outras entidades.

Abordagem por eventos

Nesse caso o sistema é modelado pela identificação de seus eventos característicos (os quais são incondicionais), dependendo unicamente do tempo de simulação.

É construída uma série de rotinas que descrevem as mudanças de estado que podem ocorrer no sistema em pontos discretos no tempo, de acordo com a ocorrência dos eventos.

Essas rotinas descrevem ações relacionadas à ocorrência dos eventos, as quais podem ocorrer todas no mesmo instante de tempo.

Abordagem por eventos

O processo de simulação evolui ao longo do tempo pela execução dos eventos selecionados de uma pilha de eventos, escolhendo sempre aquele com o tempo mais próximo do tempo corrente da simulação.

Qualquer situação envolvendo outras condições (que não o tempo de simulação) que possam ocasionar mudanças no estado do sistema deve ser prevista dentro das rotinas relacionadas aos eventos.

Abordagem por atividades

A principal diferença entra a abordagem por eventos e a abordagem por atividades é o fato de que na última, a estratégia de busca do próximo evento na lista é baseada tanto no tempo programado de ocorrência, como em testes condicionais.

É possível também que eventos condicionados a determinadas situações possam ocorrer independente do tempo de simulação.

- Nesse caso a busca do próximo evento pode ser tanto por tempo de simulação quanto outras condições favoráveis ao disparo de um evento.

Abordagem por processos

Nesta maneira de modelar os sistemas são vistos principalmente do ponto de vista das entidades.

O conjunto das entidades dinâmicas de um sistema encontra-se em constante competição pela posse de recursos.

Tais entidades podem também cooperar umas com as outras objetivando o cumprimento de uma tarefa.

Podem, por exemplo, agruparem-se para serem transportadas ou para formarem novas entidades.

É uma das formas mais intuitivas de modelar.

Mecanismos

DE AVANÇO DE TEMPO

Mecanismos de avanço de tempo

Em função da natureza dinâmica dos modelos de simulação discreta, é preciso manter um constante acompanhamento do valor do tempo simulado enquanto a simulação avança.

A variável que armazena o tempo atualizado de simulação costuma ser chamada de relógio da simulação (CLOCK).

A unidade de tempo para o relógio da simulação não costuma ser explicitamente estabelecida, assumindo a mesma unidade dos parâmetros de entrada.

Mecanismos de avanço de tempo

Dois mecanismos de tempo aparecem nas diversas linguagens de simulação:

- Avanço de tempo para o próximo evento
- Avanço do tempo com incremento fixo

O primeiro é utilizado por programas comerciais de simulação.

Avanço do tempo para o próximo evento

Nessa abordagem o relógio é iniciado em zero e os tempos de ocorrência dos próximos eventos são determinados.

Exemplo:

- Momento da próxima chegada de uma entidade no sistema
- O tempo de serviço para a entidade
- O momento da simulação

Um lista, denominada de Lista de Eventos Futuros (LEF) é montada para fins de controle destes eventos já programados.

Avanço do tempo para o próximo evento

O relógio é então avançado para o tempo de ocorrência do próximo evento e o estado do sistema e a lista de eventos futuros são atualizados.

Este processo de avanço do relógio de simulação de um evento para o outro é continuado até que alguma condição seja satisfeita.

Uma vez que todas as mudanças de estado ocorrem sempre nos tempos dos eventos, os períodos de inatividade são ignorados.

Próxima Aula

FUNCIONAMENTO DE UM PROGRAMA DE
SIMULAÇÃO

Obrigado 😊

ATÉ A PRÓXIMA AULA