

Modelagem e Simulação

Analucia Morales

Definindo Simulação de Sistemas

- A simulação computacional de sistemas, ou simplesmente *simulação*, consiste na utilização de determinadas técnicas matemáticas, empregadas em computadores digitais, as quais permitem imitar o funcionamento de, praticamente, qualquer tipo de operação ou processo (sistemas) do mundo real.

Definindo Simulação de Sistemas

- *“Simulação implica na modelagem de um processo ou sistema, de tal forma que o modelo imite as respostas do sistema real numa sucessão de eventos que ocorrem ao longo do tempo, Schriber [1974].*
- *“Simulação é o processo de projetar um modelo de um sistema real e conduzir experimentos com este modelo com o propósito de entender seu comportamento e/ou avaliar estratégias para sua operação”, Pegden [1991].*

Por que Simular?

- Descrever o comportamento dos sistemas modelados;
- Construir teorias e hipóteses considerando observações efetuadas sobre modelos;
- Testar comportamentos antes de construir os sistemas;

Por que Simular?

- Usar os modelos para prever o futuro comportamento dos sistemas, isto é, antecipar os efeitos produzidos por alterações ou pelo emprego de outros métodos em suas operações.
- Permitir ao analista realizar estudos sobre os correspondentes sistemas para responder questões do tipo:

“O que aconteceria se ?”

Por que Simular? (cont.)

- A técnica de simulação é de fácil compreensão e aceitação. Geralmente, esta aceitação deve-se a fatores, tais como:
 - níveis de detalhes;
 - a visualização dos sistemas (inclusive com animações);
 - economia de tempo e recursos financeiros. Ganhos de produtividade e qualidade (1% a 5%);
 - a percepção de que o comportamento do modelo simulado é muito semelhante ao do sistema real.

Como Simular?

- Inicialmente, construir um modelo lógico-matemático que representa a dinâmica do sistema em estudo.
- Este modelo normalmente incorpora valores de tempos, distâncias e recursos disponíveis (dados).

Como Simular?

- Somando-se os dados e o modelo lógico-matemático, teremos uma representação do sistema no computador.
- Com esse sistema podemos realizar vários testes e coletar dados de resultados que irão mostrar o comportamento do sistema bem próximo do real.

Razões para realizar Experimentações com Modelos

- O sistema modelado ainda não existe.
 - Neste caso a simulação poderá ser usada para planejar o novo sistema;
- Experimentar com o sistema real é dispendioso.
 - O modelo poderá indicar, com muito menos custo, quais os benefícios de se investir em um novo equipamento, por exemplo;
- A experimentação com o sistema real é inadequada.
 - Um caso típico é o planejamento do atendimento de situações de emergência, um desastre aéreo em um aeroporto, por exemplo.

Razões para realizar Experimentações com Modelos

- Modelos de otimização versus modelos de simulação
 - Modelos de otimização são resolvidos e buscam uma solução ótima, servindo para análise do comportamento do sistema sob condições específicas
 - Modelos de simulação são executados e buscam uma solução

Sistemas

- *“Um conjunto de objetos, como pessoas ou máquinas, por exemplo, que atuam e interagem com a intenção de alcançar um objetivo ou um propósito lógico” [Taylor, 1970].*
- Os objetivos de um particular estudo, é que vão definir que objetos devem constituir o sistema.

Sistemas

- Por exemplo, um supermercado:
 - Supervisor dos caixas: objetos do setor de atendimento nos caixas (subsistema) se o objetivo for pesquisar, por exemplo, a taxa de uso destes recursos, as filas que se formam ou qualidade dos serviço
 - Gerente de suprimentos: objetos do setor (subsistema) de recebimento e armazenagem de mercadorias, objetivando estudar a recepção, movimentação e armazenagem, uso de equipamentos utilizados, a disponibilidade de área para estocagem, etc.

Modelos

- O processo de imitação e criação de uma história artificial dos sistemas reais (modelagem, simulação e experimentação), pressupõe uma série de simplificações. (um grau de abstração).
- Tais simplificações, que usualmente tomam a forma de relações matemáticas ou lógicas, chamamos de *modelos*, e servem para que possamos tentar adquirir mais conhecimento sobre como o correspondente sistema se comporta.

Modelos

- A modelagem de um sistema, dependerá, fundamentalmente do propósito e da **complexidade** do sistema sob investigação.

Antes de Modelar e Simular

- **Estudar problema** - contato com o problema para compreensão e detalhamento de suas características mais importantes; envolve atividades de coleta e análise de dados.
- **Identificar o sistema** - descrição do sistema em termos de componentes, atividades, entidades, eventos, restrições, objetivos etc.

Antes de Modelar e Simular

- **Construir o modelo** - desenvolvimento de modelo que represente de modo simplificado o sistema em estudo. Envolve atividade de validação do modelo.
- **Obter solução** - uso de modelo para determinar solução para o problema com a aplicação de técnicas matemáticas. Eventualmente, o termo resolver o modelo é empregado nesta etapa assim, como o termo experimentação para o caso da simulação de sistemas.

Antes de Modelar e Simular

- **Operacionalizar solução** - implementação em sistema real da solução obtida com o modelo, ou seja, levar para o mundo real algo que antes eu fiz analiticamente ou por simulação.
- **Realimentar** - correção ou reelaboração de uma parte do trabalho com o eventual retorno a uma fase anterior devido à detecção de erros; presente em todas as outras etapas.

Modelagem e Simulação

- **Sistema** - é um conjunto de subsistemas.
- **Abstração** - é entender o todo sem se preocupar com os detalhes.
- Um modelo provê abstração, serve para desenvolver e validar o meu sistema, de uma forma simplificada.
- Quanto mais complexo e específico o meu modelo, maior a probabilidade de erro.
- A realimentação é feita lá no início, refazendo o modelo (tipo prototipação).

Modelagem e Simulação

- Por outro lado, um modelo simples, pode ser mais fácil de fazer, porém, pode não ser tão fiel ao que deva fazer, sendo assim, então, não tão completo. Quanto mais completo mais chance de acertar nas minhas previsões, mais chance de ser fiel, porém, quanto mais complexo, maior a probabilidade de erros.“
- A simulação se baseia em modelos matemáticos.
- Experimentação Estatística - Baseado na história, pode-se prever o que pode acontecer.
- Modelagem Matemática - coletar dados matemáticos e criar o modelo matemático. Dois tipos: Exata (Determinístico) e não tão exato (Probabilístico).

Modelos e Simulação

Uma definição:

“a preliminary representation of something, serving as a plan from which the final, usually larger, object is to be constructed” or “a hypothetical or stylized representation, as of an atom.”

MODELOS são
REPRESENTAÇÕES

Modelo

- ... Um modelo é uma representação qualitativa ou quantitativa de um processo ou de um conjunto de processos, que mostra os efeitos desses fatores que são relevantes a serem considerados. Um modelo ... pode ser pictórico, descritivo, qualitativo, ou geralmente se aproximam a sua natureza, ou pode ser matemático e naturalmente quantitativo e preciso. "

Qual o objetivo de usar a simulação em um modelo????

EXPERIMENTAR

- *Verificar como o modelo se comporta mediante diferentes condições*
- *Alternar as variáveis e observar o comportamento*
- *Resultados, é possível reformular o modelo e simular novamente!*

Tipos de Modelos

- Modelos físicos são construídos por materiais físicos (argila, plástico, metal, madeira) ou partes (maquinário, componentes eletrônicos) e refletem as capacidades e limitações dos materiais escolhidos
- Exemplo: túneis de vento para estudo do comportamento aerodinâmico de aviões e edifícios
- Modelos físicos podem possuir uma escala inferior do modelo real ou correspondem a escala real de um objeto (e.g.; manequins para testes e estudos de colisão de carros)

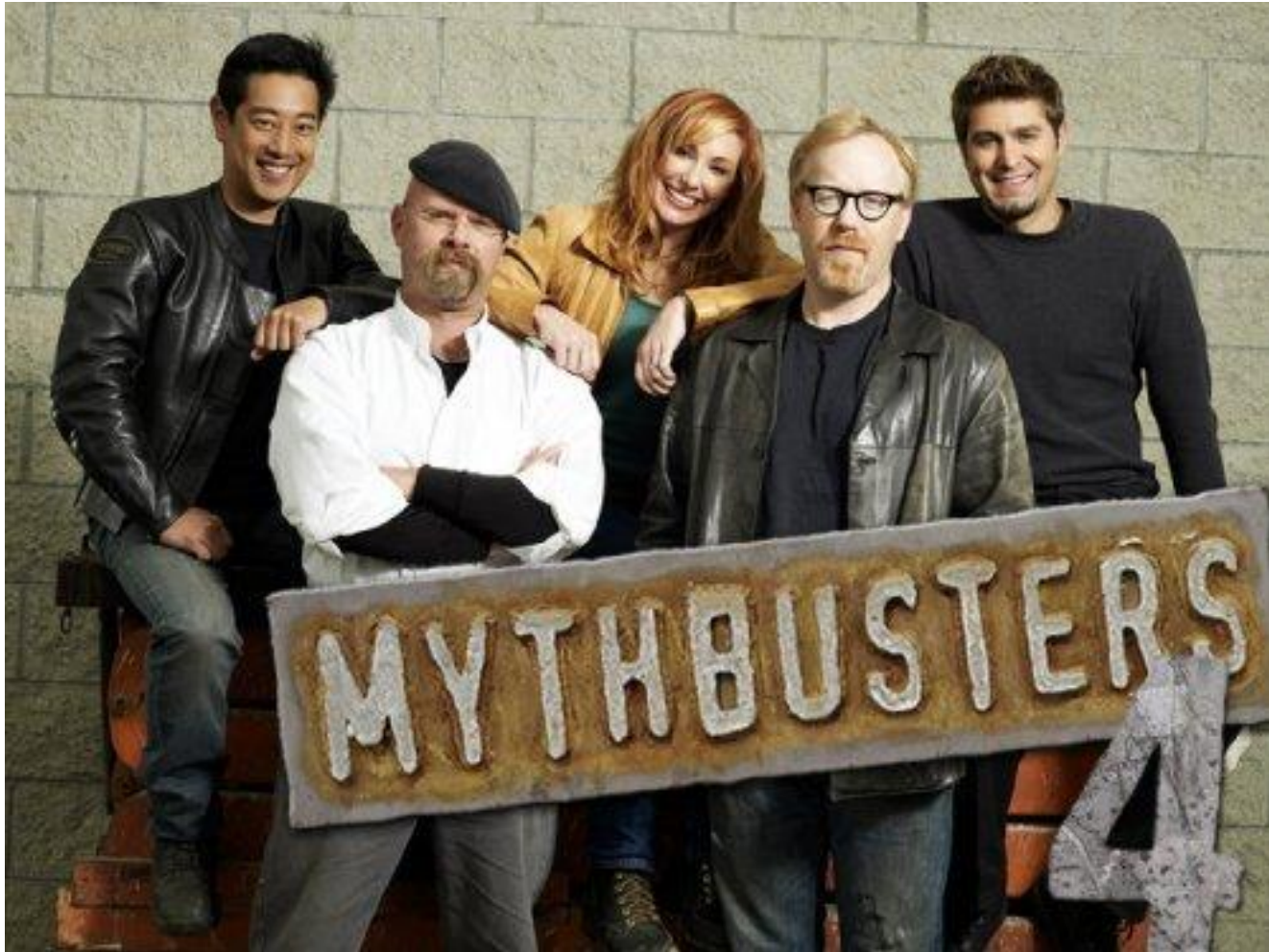
Modelos Físicos

- Modelos físicos usualmente procuram duplicar uma ou algumas características alvo da situação original e desprezam o resto (e.g.; o tamanho, a forma e a dinâmica do comportamento). Desta forma, modelos físicos podem ser muito mais simples que o original

Três Principais usos de modelos físicos

- Modelos que se comportam como o assunto de interesse, usualmente de uma forma específica bem definida da área de interesse
- Modelos que se parecem como o assunto de interesse (por exemplo, esculturas)
- Modelos físicos que atuam como um protótipos de vários cenários (por exemplo, maquetes de aplicações de engenharia)

Modelos Físicos



<http://www.discovery.com/tv-shows/mythbusters>

<http://discoverybrasil.uol.com.br/web/cacadores-de-mitos-nova-temporada/>

Modelos de Imagens

- Este tipo de modelo corresponde a modelos imaginários no sentido de modelo não real ou falso
- Outra forma de chamar modelos de imagens seria modelo esquemáticos. Tais como, planta baixa, planos, mapas, diagrama de circuitos e imagens
- Modelos esquemáticos ou imaginários são tipicamente estáticos, reproduzindo apenas um estado do sistema

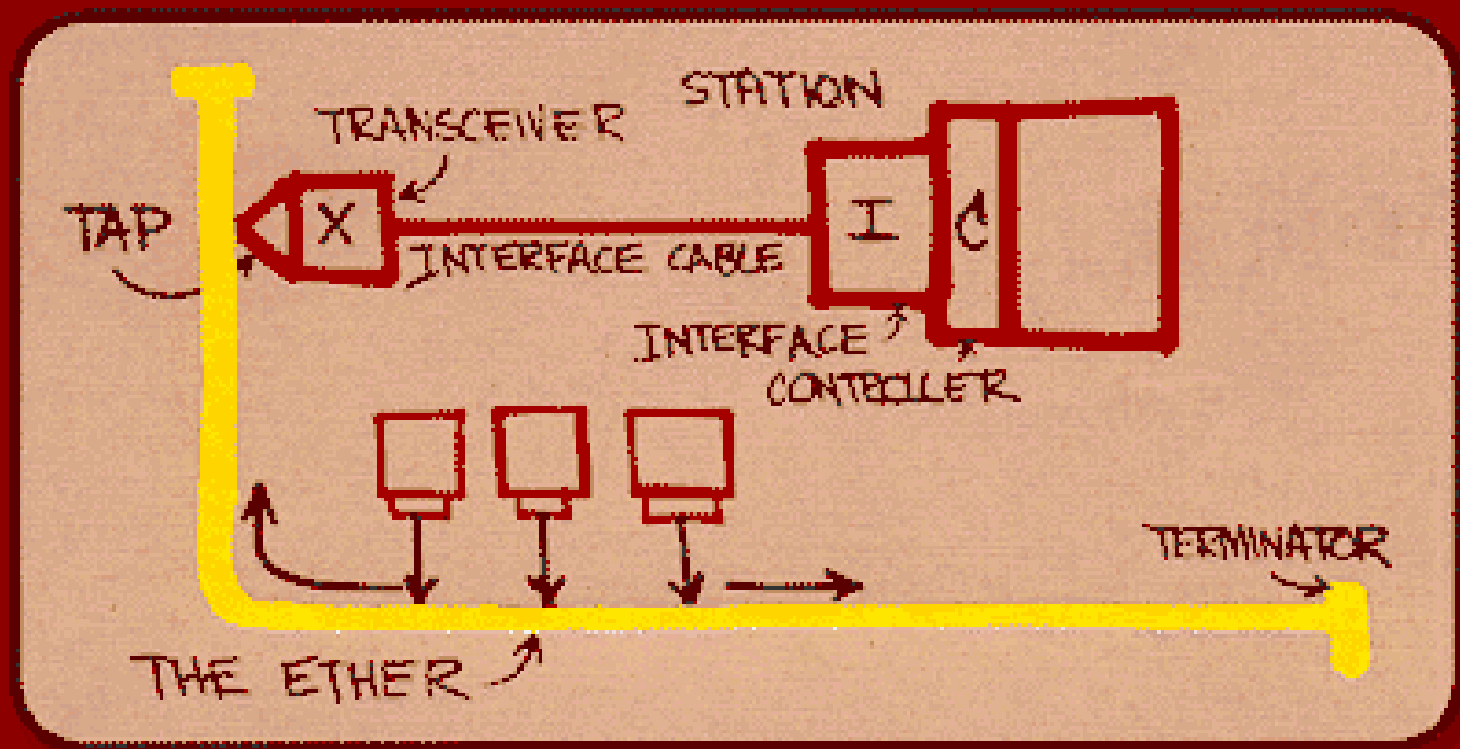
Modelos de Imagens

- A proposta de um modelo esquemático é normalmente diferente de um modelo físico
- Se modelos físicos representam um tipo de comportamento do original, modelos esquemáticos tentam na verdade representar a estrutura (usualmente a estrutura espacial)

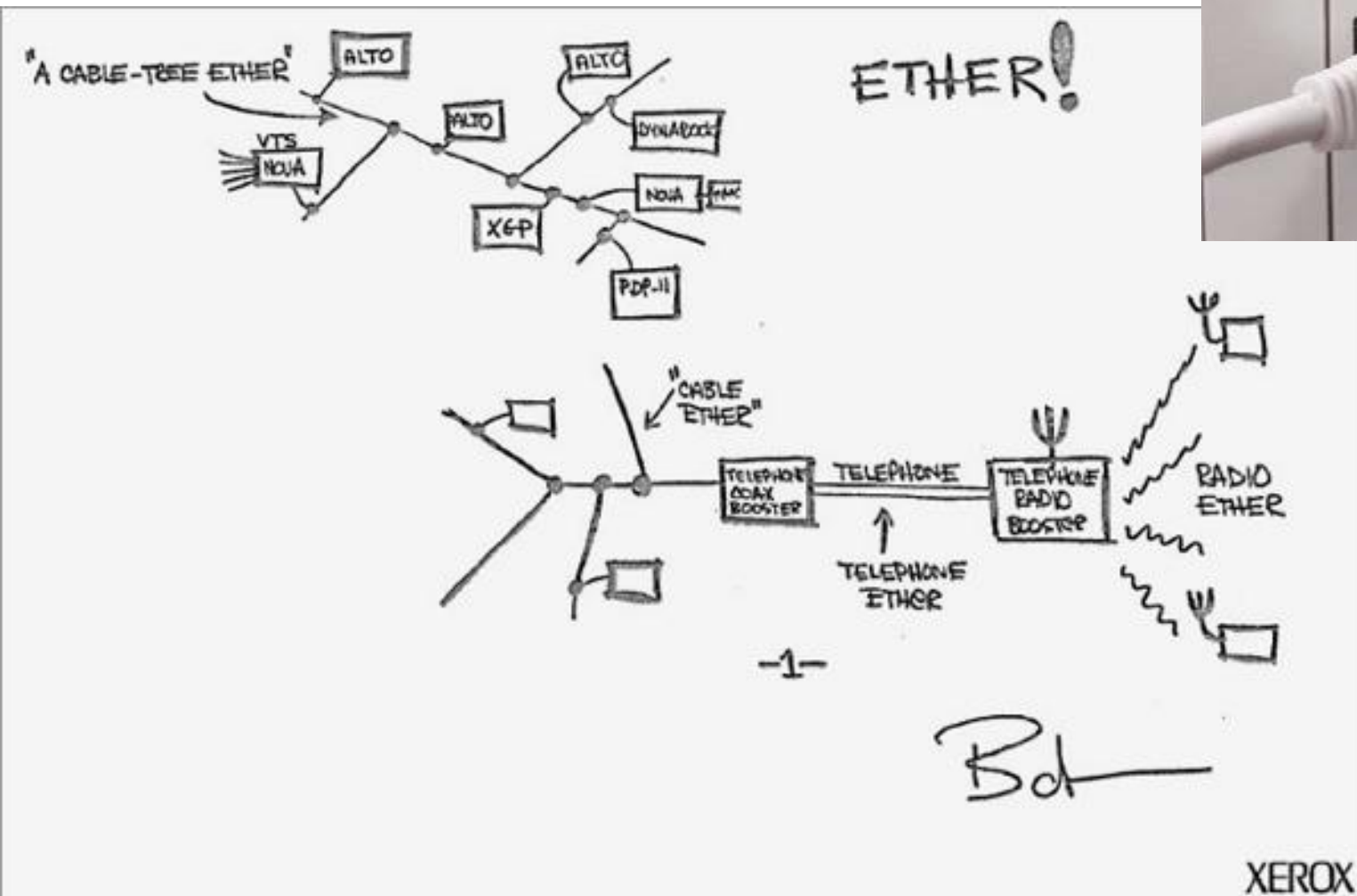
Modelos de Imagens

- Na verdade modelos esquemáticos são um resumo da estrutura e isto é o que o faz útil para o projeto
- Modelos esquemáticos utilizam símbolos e idealizações (por exemplo, linhas representam paredes ou estradas, limites políticos ou contornos geográficos, tubulações ou fios)

Modelo de imagem



Modelo de imagem



Modelos Conceituais

- Modelos conceituais são compostos inteiramente de símbolos ou conceitos
- Modelos conceituais são muitas vezes equações matemáticas, especialmente quando modelam um fenômeno físico
- Modelos computacionais são na verdade modelos conceituais traduzidos para o software

Modelos conceituais

- Modelos conceituais se concentram nas características lógicas do sistema independentemente de qualquer implementação em particular
- Estes modelos tentam capturar a essência do fenômeno original de uma forma simbólica.

Modelos conceituais

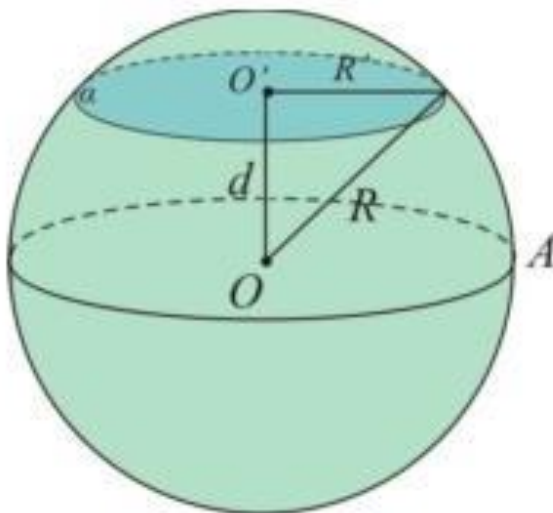
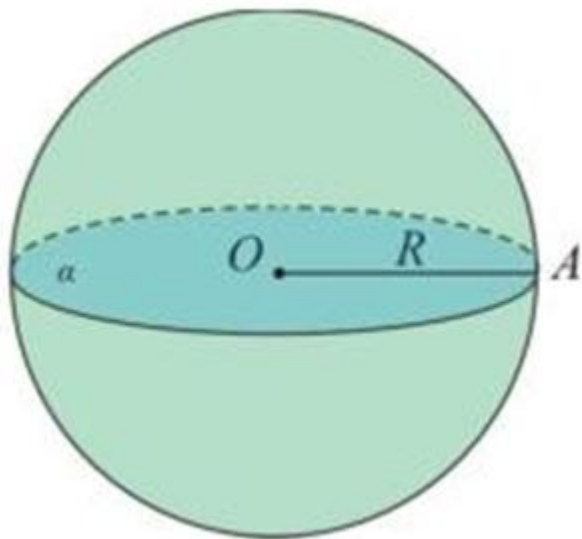
- Modelos conceituais podem ter a sua correspondência com modelos imaginários, por exemplo quando é produzido o gráfico de uma equação
- A natureza abstrata do modelo conceitual permite a sua transferência para o novo, problemas similares

Modelos Conceituais

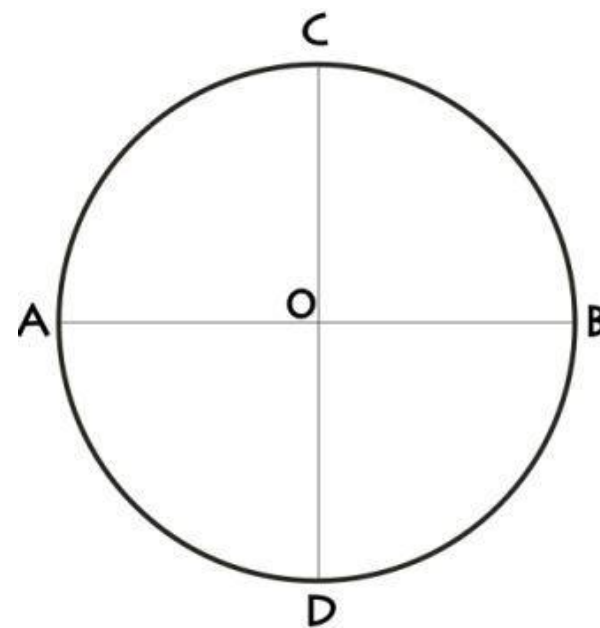
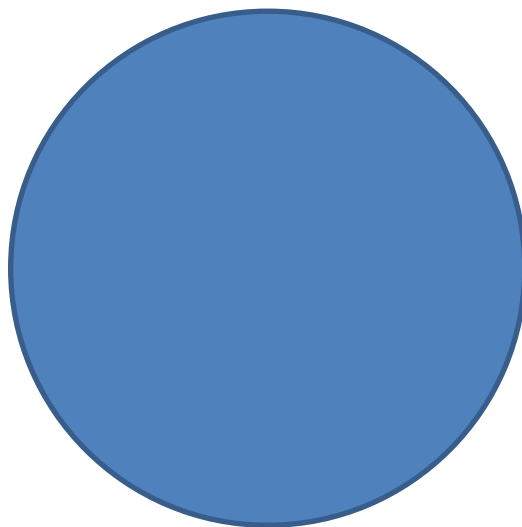
- Modelos Analíticos: Onde nós temos a função, a definição dos argumentos da função e obtemos um resultado
- Modelos Numéricos: Onde as equações dos modelos são conhecidas mas não podem ser resolvidas diretamente

$$A = \pi \cdot r$$

Modelos



$$A = \pi \cdot r^2$$



Modelos Conceituais

- Visão mais generalizada e abstrata do sistema
- Onde os modelos computacionais aparecem nos modelos conceituais?
- O modelo computacional é utilizado para repetir o modelo conceitual traduzido em um programa de computador
- Computadores podem facilmente capturar sistemas complexos de uma forma matemática e torná-los capazes de serem modelados

Classificação de Modelos por Nível de Complexidade ou Detalhe

- Pode-se ter um modelo monolítico ou um modelo com vários componentes e hierarquias (onde cada uma pode ser um submodelo distinto)

Modelos monolíticos do tipo Black Box

- Modelo que essencialmente mapea entradas e Saídas
- Tais modelos são utilizados quando comportamento do sistema não é conhecido, assim o modelo é simplesmente empírico
- A predição resultante não apresenta explicações (a técnica de redes neurais é utilizada bastante para modelos do tipo black box)
- Em computação científica isto é também chamadode physics-based models

Modelos Detalhados

- São baseados em leis gerais as quais são extrapoladas para novos estados além dos dados existentes para constituir predições significativas (as quais espera-se confirmar em dados futuros)

Classificação de Modelos em Estáticos e Dinâmicos

- Pelo que foi visto até este momento podemos perceber que Modelos Esquemáticos são modelos estáticos.
- Modelos Físicos são capazes de dinamismo para algumas classes restritas de fenômenos.
- Modelos Computacionais podem modelar a dinâmica de sistemas incluindo muitos tipos diferentes de comportamento e interações simultaneamente

Modelos Estáticos

- Modelos estáticos duplicam apenas um estado do sistema, todavia este estado em questão pode ser muito complexo em número de componentes e detalhes que ele inclui
- Uma planta (*blueprint*) de um diagrama pode representar uma estrutura enorme, mas ao mesmo tempo a estrutura não se modifica

Modelos Dinâmicos

- Modelos dinâmicos representam múltiplos estados que o sistema original pode potencialmente assumir
- Eles também modelam as conexões dos possíveis estados de um para outro
- Deve demonstrar as alterações de estado
- Modelos dinâmicos são construídos para serem utilizados em simulações

Contínuos e discretos

- Modelos dinâmicos podem ser subdivididos por quantos estados eles representam e como eles estão relacionados
- Modelos Contínuos tem um grande número (ou um número infinito) de estados disponíveis conectados.
- Suas variáveis de estado estão sujeita as pequenas modificações ao longo do tempo.
- Funções matemáticas são exemplos de modelos contínuos assim como forças físicas

Discretos

- Modelos Discretos apresentam um número limitado de variáveis de estados. São estados atômicos (em um nível microscópico).
- Eles são utilizado em muitos problemas de filas, tais como número de clientes esperando por um atendimento no banco ou número de veículos esperando em uma sinaleira
- Estados discretos correspondem a eventos discretos no tempo

Variáveis de Estado Determinística ou Estocástica

- Modelos de simulação que não contém nenhuma variável aleatória (estocástica) são classificados como determinísticos, ou seja, para um conjunto conhecido de dados de entrada teremos um único conjunto de resultados de saída.
- Sempre produziram os mesmos resultados para as mesmas entradas

Variáveis Aleatórias

- Modelos de Sistemas Estocásticos por um outro lado, tem um elemento randômico o que significa que a mesma entrada pode produzir saídas diferentes
- Um modelo estocástico de simulação tem uma ou mais variáveis aleatórias como entrada.
- Estas entradas aleatórias levam a saídas aleatórias que podem somente ser consideradas como estimativas das características verdadeiras de um modelo.

Classificação relacionada a modelos dinâmicos: Variáveis de Estado Determinística ou Estocástica

- Variáveis estocásticas são introduzidas em modelos precisamente para manusear fenômenos não conhecidos ou randômicos em um sistema real
- Assim, por exemplo, a simulação (estocástica) do funcionamento de uma agência bancária envolve variáveis aleatórias como o intervalo entre chegadas e a duração dos serviços prestados. Logo, medidas como o número médio de clientes esperando e o tempo médio de espera de um cliente, devem ser tratadas como estimativas estatísticas das medidas reais do sistema.

Classificação relacionada a modelos dinâmicos: Variáveis de Estado Determinística ou Estocástica

- Outro exemplo, um modelo de simulação para um sistema cliente-sevidor, onde temos como variáveis as chegadas de pedidos para serem atendidos pelo servidor e a capacidade de processamento dos pedidos do servidor.
- O tempo que leva para chegarem os pedidos, o tempo de resposta do servidor e planejar a capacidade de atendimento considerando as características de desempenho da máquina poderão ser simuladas.
- A capacidade de processamento, memória tamanho de buffer para armazenar as solicitações são recursos que deveram ser modelados.

Exercícios

- Apresente exemplos concretos para os diferentes tipos de modelos apresentados na aula. (modelo físico, modelo de imagem e modelo conceitual)
- Considere os seguintes problemas e indique a melhor forma de modelá-los (pode ter casos de usar mais de um modelo):
 - Teste de força em um corpo com peso de 70kg
 - Impacto de um projétil em um corpo de uma criança
 - Uma linha de produção em uma fábrica precisa rever os seus processos, pois o tempo de fabricação está muito elevado.
 - Uma rede de fornecimento de tv e cabo precisa rever a sua infraestrutura de rede. Atualmente, os clientes tem reclamado do tempo de acesso a Internet e a queda dos serviços nos finais de semana.

Exercícios

- Uma determinada região vem sofrendo problemas devido ao desmatamento de sua floresta nativa. Os danos ambientais devem ser estimados de forma a criar uma mobilização na população para evitar o agravante dos danos ambientais futuros.
- Uma grande máquina industrial tem 3 rolamentos diferentes que quebram de tempos em tempos. Quando um rolamento quebra, a máquina para e um mecânico é chamado para instalar um novo rolamento no lugar do que quebrou. Cada minuto que a máquina fica parada custa \$5 e o custo do mecânico é de \$1/minuto trabalhado substituindo rolamento. O mecânico demora 20 minutos para trocar 1 rolamento, 30 minutos para trocar 2 e 40 minutos para trocar os 3. Cada rolamento novo custa \$20. Alguém sugeriu que ao quebrar um dos rolamentos, se fizesse logo a troca dos 3. Deseja-se avaliar a situação do ponto de vista econômico.
- Uma loja tem somente 1 atendente. Os fregueses chegam aleatoriamente com intervalo, entre eles, variando de 1 a 8 minutos. O proprietário gostaria de ampliar a loja e fazer uma previsão de quantos funcionários deveria contratar para atender 50% mais de clientes.

Exercícios

- Classifique dentro destas situações as variáveis aleatórias quando for o caso.
- É possível atribuir os conceitos de estático, dinâmico, contínuo, discreto, estocástico ou probabilístico a cada uma destas situações?