Tento materiál vznikl jako součást projektu EduCom, který je spolufinancován Evropským sociálním fondem a státním rozpočtem ČR.

Úvod do simulace - 1

Libor Tůma
Technická univerzita v Liberci

EDUCATION COMPANY

Simulace výrobních systémů – 14.11.2012

Technická univerzita v Liberci a partneři Preciosa, a.s. a TOS Varnsdorf a.s.

Motto

Počítačová simulace je jedním z cílů složitého procesu poznání systému, modelování a vlastního simulačního experimentu

Simulace obecně by měla být chápána jako alternativní "nouzové řešení" k reálným pokusům, či exaktním (analytickým) výpočtům

Libor Tůma
Tel.: +420 485 353 286
e–mail: libor.tuma@tul.cz

Tento projekt je financován evropským sociálním fondem a státním rozpočtem ČR

Cíle přednáškového bloku

Metodologie v oblasti modelování a simulace

terminologie pro klíčová slova:

systém, modelování, simulace

Principy simulace diskrétně chápaných systémů

simulační prostředky, demonstrační příklady

Libor Tůma
Tel.: +420 485 353 286
e–mail: libor.tuma@tul.cz
Tento projekt je financován evropským sociálním fondem a státním rozpočtem ČR

Systém můžeme definovat jako ***množinu prvků***, které jsou z našeho pohledu ***dále nedělitelné***, a které mají dané ***vlastnosti*** a mezi nimiž existují určité ***vazby***.

Systémy můžeme rozdělit na:

otevřené - uzavřené (podle vzniku, resp. zániku prvků)

dynamické - statické (podle závislosti okamžitého stavu na minulosti)

deterministické - stochastické (podle výskytu neurčitosti)

spojité - diskrétní (podle pohledu na způsob změny stavu)

Libor Tůma
Tel.: +420 485 353 286
e–mail: libor.tuma@tul.cz
Tento projekt je financován evropským sociálním fondem a státním rozpočtem ČR

Modelování *můžeme popsat jako* ***cílevědomou činnost***, kdy pomocí jednoho systému – ***originálu*** - vytvoříme jiný systém – ***model***, přičemž z výsledků chování modelu můžeme usuzovat na chování originálu.

Aby toho bylo dosaženo, je nejprve nutné:

provést ***separabilitu*** zkoumaného objektu

stanovit ***rozlišovací úroveň*** prvků

zajistit ***kauzalitu*** popsaných vztahů

Libor Tůma
Tel.: +420 485 353 286
e–mail: libor.tuma@tul.cz

Tento projekt je financován evropským sociálním fondem a státním rozpočtem ČR

Stavba modelu

Při stavbě **modelu** pak musíme dodržet odpovídající **složky** vůči originálu:

složku ***prvkovou*** - počet prvků modelu musí být stejný jako v originálu (je dána separibilitou a rozlišovací úrovení)

složku ***časovou*** - sled událostí v originálu musí být stejný jako v modelu (odpovídá kauzalitě)

složku ***relační*** - vlastnosti a vazby v originálu popisujeme v modelu pomocí atributů (např. smyslové vjemy jako je barva, pozice, apod. vyjadřujeme pomocí kvantifikovaných údajů - čísla, texty, výrazy, ordinální proměnné)

Libor Tůma
Tel.: +420 485 353 286
e–mail: libor.tuma@tul.cz
Tento projekt je financován evropským sociálním fondem a státním rozpočtem ČR

Stavba modelu

Než-li přistoupíme k vlastnímu modelování, je dobré si zapamatovat dvě jednoduchá, ale o to důležitější **pravidla**:

- Při modelování postupujeme vždy od jednoduššího modelu ke složitějšímu – umožní nám identifikovat případné chyby v modelu ve stádiu snadno opravitelných chyb. Verifikujeme - ověřujeme zpočátku základní principy chování systému.

- Model tvoříme především pro uživatele – dílčí výsledky konzultujeme s uživatelem, resp. zadavatelem. Úzce souvisí s předchozí zásadou. Zadavatel se tak může včas rozhodnout, zda mu dosavadní výsledky vyhovují (odpovídají realitě) a zda bude financovat další práce na modelu.

Libor Tůma
Tel.: +420 485 353 286
e–mail: libor.tuma@tul.cz
Tento projekt je financován evropským sociálním fondem a státním rozpočtem ČR

Dále rozlišujeme dva nejčastěji používané **přístupy** k modelování:

deduktivní - používáme, když známe vnitřní strukturu systému, můžeme pak aplikovat matematicko-fyzikální analýzu

systém - matematický model - simulační model

induktivní - používáme, když neznáme vnitřní strukturu systému, pokud výstupy systému můžeme měřit, jedná se o identifikaci

systém - simulační model - matematický model

Libor Tůma
Tel.: +420 485 353 286
e–mail: libor.tuma@tul.cz
Tento projekt je financován evropským sociálním fondem a státním rozpočtem ČR

Simulace **je pak vlastní experiment s modelem**
podle prostředků, které pro simulaci využíváme,
můžeme hovořit o simulaci:

identické (provádí se na reálném objektu)

kvazi-identické (provádí se na reálném objektu, ale na některé výsledky sledovaných veličin se usuzuje nepřímo)

laboratorní (fyzikální modely, simulační hry)

počítačové - analogová (analogové počítače)
- číslicová (číslicové počítače)
- hybridní (propojení analogové a číslicové)

Libor Tůma
Tel.: +420 485 353 286
e–mail: libor.tuma@tul.cz
Tento projekt je financován evropským sociálním fondem a státním rozpočtem ČR

Diskrétně chápané systémy

Systém můžeme již při jeho definici chápat jako sled diskrétních událostí (**změn stavů**), které se mění "**skokem**"

Model je tak popsán jako uspořádaná posloupnost dvojic (**událost, čas**)

Simulační model je pak možné realizovat pomocí tzv. **kalendáře událostí**, kdy jsou jednotlivé události zpracovávány (a plánovány) podle předem daného algoritmu. Pro číslicové pořítače jsou k dispozici jak komerčně dodávané produkty (Witness), tak je možné použít i za tím účelem vytvořených vývojových prostředků (PC-Simula).

Libor Tůma
Tel.: +420 485 353 286
e–mail: libor.tuma@tul.cz
Tento projekt je financován evropským sociálním fondem a státním rozpočtem ČR

Významnou aplikační oblastí jsou systémy hromadné obsluhy (SHO).
V teorii SHO jsou pak důležité "předdefinované" objekty:

Spojové seznamy

jednocestné, dvoucestné, kruhové

Procesy

aktivní, suspendovaný, pasivní, ukončený

Kalendář událostí

realizuje plánování jednotlivých událostí - vytváření koprogramů

Libor Tůma
Tel.: +420 485 353 286
e–mail: libor.tuma@tul.cz

Tento projekt je financován evropským sociálním fondem a státním rozpočtem ČR

Tento materiál vznikl jako součást projektu EduCom, který je spolufinancován Evropským sociálním fondem a státním rozpočtem ČR.

Úvod do simulace - 2

Libor Tůma
Technická univerzita v Liberci

Simulace výrobních systémů – 21.11.2012

Technická univerzita v Liberci a partneři
Preciosa, a.s. a TOS Varnsdorf a.s.

Programové prostředky pro simulaci diskrétně chápaných systémů

PC-Simula

problémově objektově orientovaný jazyk, řadí se mezi vyšší programovací jazyky, tj. používá strukturovaných příkazů a strukturované datové typy.

standardní třídy:

BASICIO

SIMSET

SIMULATION

Libor Tůma
Tel.: +420 485 353 286
e–mail: libor.tuma@tul.cz

Tento projekt je financován evropským sociálním fondem a státním rozpočtem ČR

PC-Simula

standardní třída: BASICIO

Zajišťuje vstupně-výstupní operace, je automaticky linkována k hlavnímu programu.

Procedury: outint(i,w); outreal(r,n,w); outtext(T); outimage;

Funkční procedury: inint; inreal; inchar;

Libor Tůma
Tel.: +420 485 353 286
e–mail: libor.tuma@tul.cz
Tento projekt je financován evropským sociálním fondem a státním rozpočtem ČR

PC-Simula

standardní třída: SIMSET

Zajišťuje práci programu se spojovými seznamy (fronty). Zohledňuje strukturu kruhového spojového seznamu. Realizace pomocí dvou podtříd:

Třída Head – definuje „hlavu“ spojového seznamu:

procedura clear;
funkční procedury first; last; empty; cardinal;

Třída Link – definuje prostředky pro práci s jednotlivými prvky seznamu:

procedury into(s); follow(x); precede(x); out;
funkční procedury suc; pred;

Deklarace v programu: ref (Head) *jmeno* (definuje frontu s identifikátorem *jmeno*)

Vlastní realizace fronty: *jmeno*:- new Head (vytvoří exemplář třídy Head)

Libor Tůma
Tel.: +420 485 353 286
e–mail: libor.tuma@tul.cz
Tento projekt je financován evropským sociálním fondem a státním rozpočtem ČR

PC-Simula

standardní třída: SIMULATION

Svými prostředky realizuje vlastní simulační výpočet v čase. Pomocí třídy Process definuje prostředky pro plánování v kalendáři událostí.

Procedury

activate P; aktivuje výpočet procesu P v daném čase výpočtu (stávající proces se stane suspendovaným), tj. zařadí jej jako aktivní do kalendáře událostí.

hold(t); pozastaví simulační výpočet daného procesu (události), tj. naplánuje další výpočet tohoto procesu v kalendáři událostí na čas „aktuální čas + t“

passivate; pozastaví výpočet daného procesu na neurčito, tj. vyřadí proces z kalendáře událostí.

cancel; ukončí možnost plánování daného procesu, přičemž pokud je proces aktivní nebo suspendovaný, vyřadí jej z kalendáře událostí. Proces X je možné zrušit i mimo jeho příkazovou část tvarem cancel(X).

Libor Tůma
Tel.: +420 485 353 286
e–mail: libor.tuma@tul.cz
Tento projekt je financován evropským sociálním fondem a státním rozpočtem ČR

PC-Simula

Stavba programu

- je použita bloková struktura se systémem prefixů
- na začátku každého bloku jsou deklarace (nezáleží na pořadí)
- každý proces je ukončen vyčerpáním příkazové části
- implicitně je prvním procesem v kalendáři událostí hlavní program (označen identifikátorem „main“), ukončením příkazové části hlavního programu je tedy ukončen celý simulační experiment
- ukončené procesy nelze již plánovat v kalendáři událostí, dostupná je ale jejich datová část
- prázdný kalendář událostí je chápán jako rozpor s realitou !!!

Libor Tůma
Tel.: +420 485 353 286
e–mail: libor.tuma@tul.cz
Tento projekt je financován evropským sociálním fondem a státním rozpočtem ČR

PC-Simula

Ilustrativní příklad - 1

- řešena problematika obsluhy zákazníka
- ukončení simulace po časovém úseku

Zadání – Telefonistka přijímá hovory, které jsou generovány v náhodném čase a mají náhodnou délku. Zobrazují se data kdy se volající účastník dovolal a kdy byl odbaven.

V následujícím programu jsou definovány dva procesy - zdroj hovorů a obsluha hovoru (telefonistka). Dále je definována jedna třída pro realizaci dat jednotlivých hovorů.

Pro názornost vzniku jednotlivých událostí v Kalendáři událostí (tj. plánování procesů), jsou barevně rozlišeny příkazy aktivace a pasivace pro společné kauzální vazby.

Libor Tůma
Tel.: +420 485 353 286
e–mail: libor.tuma@tul.cz
Tento projekt je financován evropským sociálním fondem a státním rozpočtem ČR

```
Simulation
begin
  process Class Zdroj;  !! - zdroj hovorů
    begin
    integer start;
    ref(Hovor) POM;
    while true do
      begin
      POM:-new Hovor;
      start:=time+1;
      POM.TH:=uniform(2,4,start);  !! - délka odbavení
      POM.CallTime:=time;  !! - čas příchodu hovoru
      POM.into(FR);  !! – zařazení prvku do fronty
        if TEL.idle then activate TEL;
          hold(uniform(0,4,start));
      end;
    end;
```


Libor Tůma
Tel.: +420 485 353 286
e–mail: libor.tuma@tul.cz

Tento projekt je financován evropským sociálním fondem a státním rozpočtem ČR

```
link class Hovor;  !! - definice prvku příchozích hovorů
  begin
    real TH,CallTime;
  end;
process class TELEF; !! - telefonistka
  begin
    ref(Hovor) POM;
    while true do
      begin
        if not FR.empty then
          begin
            POM:-FR.first;  !! - vybrání prvního prvku z fronty
            POM.out;  !! - vyloučení prvku z fronty
            hold(POM.TH);
            outreal(POM.CallTime,5,15);
            outreal(time,5,15);outimage;
          end else passivate;
      end;
  end;
```


Libor Tůma
Tel.: +420 485 353 286
e–mail: libor.tuma@tul.cz
Tento projekt je financován evropským sociálním fondem a státním rozpočtem ČR

```
ref(HEAD) FR;
ref(Zdroj) Z;          } !! – referenční proměnné
ref(TELEF) TEL;
FR:-new (HEAD);
Z:-new Zdroj;          } !! - vygenerování exemplářů jednotlivých tříd
TEL:-new TELEF;
activate Z;  !! - aktivace hovorů
hold(50);   !! – doba simulace
end.
```


Libor Tůma
Tel.: +420 485 353 286
e–mail: libor.tuma@tul.cz
Tento projekt je financován evropským sociálním fondem a státním rozpočtem ČR

PC-Simula

Ilustrativní příklad - 2

- **řešena problematika dopravní úlohy**
- **spolupráce více (tří) procesů**
- **ukončení simulace na danou podmínku (událost)**

Zadání – úkolem je převést materiál z jednoho místa na druhé pomocí několika aut s různou rychlostí, nosností a dobou nakládky a vykládky. Nakládání a vykládání aut je řešeno samostatnými procesy (auta jsou v tomto případě jen prvky v činnosti nakladače a vykladače). Vzdálenost mezi nakládáním a vykládáním je pro obě cesty stejná.

Simulace končí v okamžiku, kdy je všechen materiál vyložen na určeném místě.

Libor Tůma
Tel.: +420 485 353 286
e–mail: libor.tuma@tul.cz
Tento projekt je financován evropským sociálním fondem a státním rozpočtem ČR

PC-Simula

V následujícím programu jsou definovány tři procesy - Nakladač, Vykladač a Auto. Jednotlivá auta (exempláře třídy Auto) jsou pak generována v hlavním programu, přičemž vzhledem ke stavbě programu není potřeba vytvářet pro ně vlastní identifikátory.

Pro názornost vzniku jednotlivých událostí v Kalendáři událostí (tj. plánování procesů), jsou opět barevně rozlišeny příkazy aktivace a pasivace pro společné kauzální vazby.

Na závěr příkladu bude proveden rozbor vzniku prvních několika událostí, tj. jejich zařazení do kalendáře událostí, resp. změna procesů ve stavech aktivace, pasivace a suspendace.

Pozn.: Nekonečné smyčky v těle procesů jsou jen programátorským obratem pro ukončení příkazové části v okamžiku ukončení celé simulace.

Libor Tůma
Tel.: +420 485 353 286
e–mail: libor.tuma@tul.cz
Tento projekt je financován evropským sociálním fondem a státním rozpočtem ČR

```
Process Class NAKLAD;    !! - Nakladac
Begin
  ref (AUTO) Pom;
  while true do Begin
    if (P >= PMAX) then begin
    outtext(„a neni uz co nakladat"); outimage;
    if (FN.empty) then begin
    outtext("neni k dispozici zadne auto pro nalozeni"); outimage;
   passivate;
  end else Begin
      POM:-FN.first;
      outtext("nakladam auto");  outint (POM.cislo,2); outimage;
      POM.out;    hold(POM.DN);
      PNA:= PNA + 1; P:= P + POM.N;
      outtext("auto nalozeno"); outin(POM.cislo,2); outimage;
     activate  POM;
    end;
  end;
end;
```


Libor Tůma
Tel.: +420 485 353 286
e–mail: libor.tuma@tul.cz
Tento projekt je financován evropským sociálním fondem a státním rozpočtem ČR

```
Process Class Vyklad; !! - Vykladac
Begin
  ref (AUTO) POM;
  while true do Begin
    if (FV.empty) then begin
      outtext("neni k dispozici zadne auto k vylozeni"); outimage;
     passivate;
    end else Begin
     POM:- FV.first;
     outtext("vykladam auto"); outint(POM.cislo,2); outimage;
     POM.out;  hold(POM.DV);  PNA:= PNA – 1;  outtext("vylozeno auto");  outint(POM.cislo,2);  outimage;
      if (P >= PMAX) and (PNA = 0) then begin
        outimage; outtext(„HOTOVO a prevezeno v case");   outreal(time,5,15);  outimage;
         activate  main;
      end;
     activate  POM;
    end;
  end;
end;
```


Libor Tůma
Tel.: +420 485 353 286
e–mail: libor.tuma@tul.cz
Tento projekt je financován evropským sociálním fondem a státním rozpočtem ČR

```
Process Class AUTO(N,R,DV,DN,cislo); !! - Auto
real N,R,DV,DN;  integer cislo;
Begin
  while true do Begin
    into(FN);
    if   NAKL.idle   then  activate NAKL;
    passivate;
    outtext("jedu s materialem  - auto cislo:“); outint(cislo,2); outimage;
    hold(VZD/R);
    into(FV);
    if   VYKL.idle   then activate VYKL;
    passivate;
    outtext("jede prazdne auto cislo"); outint(cislo,2);  outimage;
    hold(VZD/R);
  end;
end;
```


Libor Tůma
Tel.: +420 485 353 286
e–mail: libor.tuma@tul.cz
Tento projekt je financován evropským sociálním fondem a státním rozpočtem ČR

```
real P, PMAX, VZD;
integer PNA, N, I;
ref (HEAD) FN, FV; ref (NAKLAD) NAKL; ref (VYKLAD) VYKL;   !! - referenční proměnné
FN:- new HEAD; FV:- new HEAD; NAKL:- new NAKLAD;  VYKL:- new VYKLAD; !! - vygenerování exemplářů tříd
outtext("pmax ... velikost materiálu:");   !! - zadání velikosti materiálu
outimage;
PMAX:= inreal; outtext("vzd ... vzdalenost:"); !! - zadání vzdálenosti
outimage;
VZD = inreal; outtext("n ... Pocet aut :"); !! - zadání počtu aut
outimage;
N:= inint;
for I:=1 step 1 until N do begin    !!- vytvoření N aut
outtext ("auto "); outint(I,2); outtext(" N, R, DV, DN:"); outimage;
            activate new AUTO(inreal,inreal,inreal,inreal,I);
end;
passivate;
outreal(time,5,15); outimage; outimage;
End;
```


Libor Tůma
Tel.: +420 485 353 286
e–mail: libor.tuma@tul.cz
Tento projekt je financován evropským sociálním fondem a státním rozpočtem ČR

Děkuji za pozornost

EDUCATION COMPANY

Prezentace byla inovována v rámci projektu EduCom
CZ.1.07/2.2.00/15.0089

EduCom - Inovace studijních programů s ohledem na požadavky a potřeby průmyslové praxe zavedením inovativního vzdělávacího systému "Výukový podnik"

Libor Tůma
Tel.: +420 485 353 286
e–mail: libor.tuma@tul.cz

Tento projekt je financován evropským sociálním fondem a státním rozpočtem ČR