

Ing. Peter Jankovič, PhD.
Katedra matematických metód
a operačnej analýzy

Modelovanie a simlácia

Požiadavky na absolvovanie

Aby zložil študent skúšku, musí splniť tieto podmienky:

- z hodnotenia počas semestra získať aspoň 61 bodov zo 100 možných,
- z hodnotenia na skúške získať aspoň 55 bodov z písomnej časti (celkovo 90 bodov) a aspoň 6 bodov z ústnej časti (celkovo 10 bodov).

Podmienkou pre úspešné absolvovanie cvičení k predmetu je systematická práca na cvičeniach a príprava na testy.

Priebežné hodnotenie

- Test 1 – Anylogic – 15 bodov
- Test 2 – Anylogic – 35 bodov
- Test 3 – Monte Carlo – 20 bodov
- Semestrálny projekt – 30 bodov
 - V prípade, že vyučujúci posúdi originálny sem. projekt ako výnimočne kvalitný, môže zaň prideliť 5 až 10 bodovú prémiu. Túto prémiu môže získať najviac 25 % odovzdaných projektov daného vyučujúceho. Získanie bodovej prémie môže navýšiť body za projekt aj nad hranicu 30 bodov.

Hodnotenie

- A → 186 – 200 bodov
- B → 170 – 185 bodov
- C → 154 – 169 bodov
- D → 138 – 153 bodov
- E → 122 – 137 bodov
- Fx → menej než 122 bodov

Okruhy prednášok

- **Úvod do modelovania a simulácie.**
- **Statické modelovanie. Metóda Monte Carlo.**
- **Dynamická simulácia, základné princípy. Metóda plánovania udalostí. Synchronizácia času a jeho plynutie.**
- **Modelovanie v Anylogicu. Úloha vstupných dát, modelovanie vstupných dát. Analýza a generovanie náhodných premenných.**
- **Analýza výsledkov simulačných experimentov, nezávislé replikácie.**
- **Simulačný projekt, analýza a tvorba modelu, experimentovanie s modelom, životný cyklus projektu.**

Okruhy prednášok

- Modelovanie komplexných systémov, základné princípy systémového myslenia a systémovej dynamiky, základné princípy agentovo-orientovanej simulácie.
- Prehľad a porovnanie simulačných nástrojov.
- Prezentácia rozsiahleho simulačného projektu.
Prípadové štúdie.

Literatúra

- Márton, P., Adamko, N.: Praktický úvod do modelovania a simulácie. Žilina: EDIS.
- Borschew, A., Grigoryev, I.: The Big Book of Simulation Modelling, Dostupné na internete: <https://www.anylogic.com/resources/books/big-book-of-simulation-modeling/>
- Grigoryev, I.: AnyLogic in Three Days: Modeling and Simulation Textbook, Dostupné na internete: <https://www.anylogic.com/resources/books/free-simulation-book-and-modeling-tutorials/>.
- Kavička, A., Klima, V., Adamko, N.: Agentovo orientovaná simulácia dopravných uzlov. Žilina: EDIS.
- Hušek, R., Lauber, J.: Simulační modely. Bratislava: SNTL/Alfa.
- Kelton, W. D., Sadowski, R., Zupick, N.: Simulation with Arena. McGraw-Hill Science.
- Robinson, S.: Simulation: The Practice of Model Development and Use. John Wiley & Sons.
- Law, A. M.: Simulation Modeling and Analysis. McGraw-Hill.

Anylogic?

- podpora rôznych typov sim. modelov
- dobrá dostupnosť pre výučbové účely
- možnosť písat vlastný kód
- možnosť využiť vlastné knižnice napísané v jazyku java
- možnosť využiť GUI vytvorené v jazyku java

Výsledky vzdelávania

Štúdiom predmetu študent získa teoretické poznatky z oblasti modelovania a simulácie, ako i praktické skúsenosti z používania vybraných simulačných nástrojov.

Po absolvovaní predmetu študent:

- identifikuje problémy vhodné pre riešenie simulačnými technikami,
- vie vykonať analýzu, špecifikovať vstupné dátá simulačného modelu,
- s pomocou všeobecného simulačného nástroja dokáže vytvoriť simulačný model,
- zvládne navrhnúť hypotézy a vykonať simulačné experimenty,
- má schopnosť vyhodnotiť a interpretovať výsledky simulačných experimentov.

Modelovanie s simulácia

Venuje sa štúdiu skúmaných objektov:

- existujúcich (podnik, stanica, ...)
- neexistujúcich –najčastejšie plánované projekty (nový dopravný uzol, prestavba križovatky, nové riešenie modelovaného systému,...)

Systém

Abstrakcia, zanedbáva isté vlastnosti objektu, ktoré nie sú pre konkrétné skúmanie podstatné.

Výsledkom abstrakcie skúmaného objektu je systém.

Simulátor lietadla - 1910



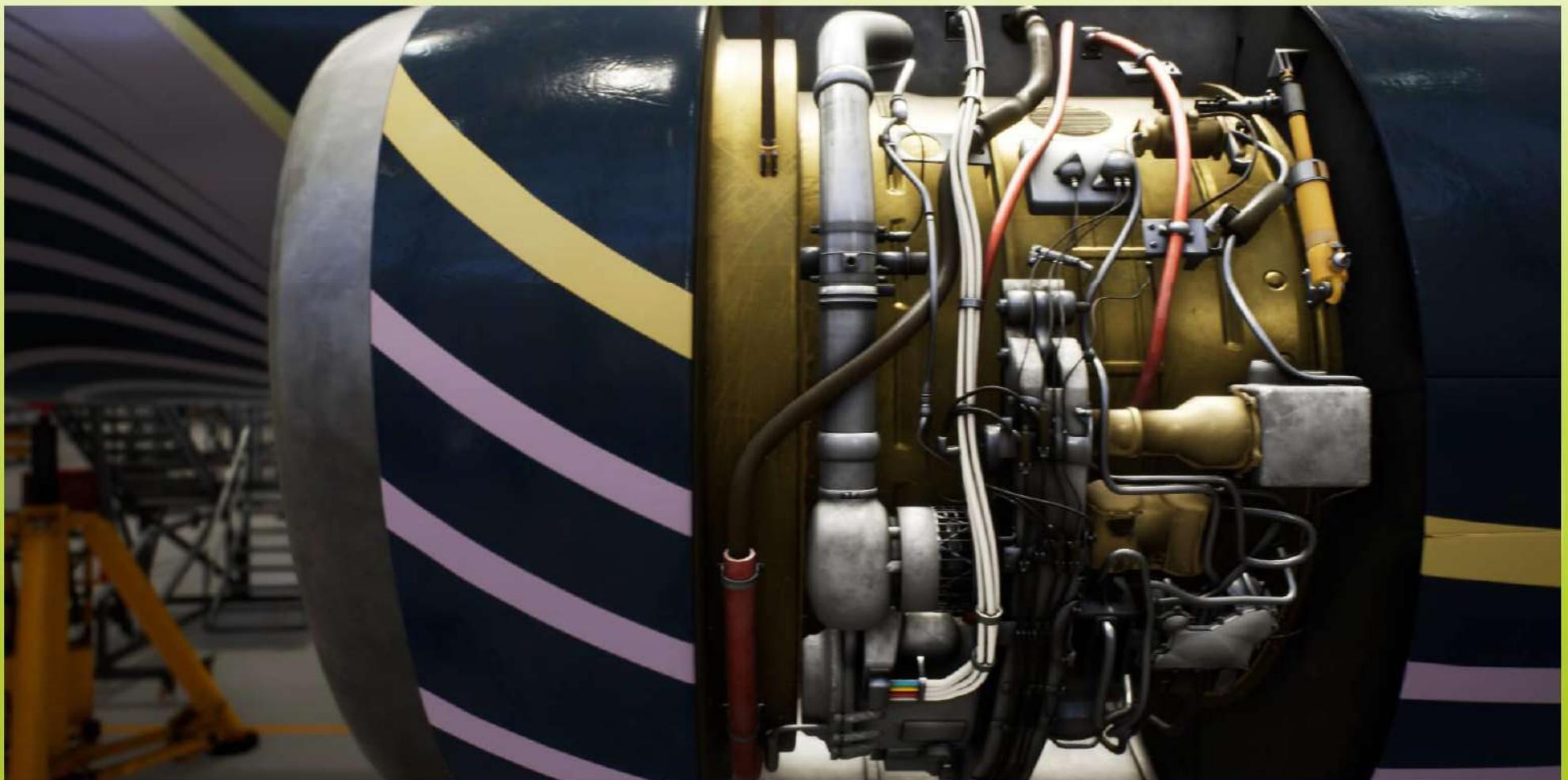
Simulátor lietadla v Prahe - Airbus A320



Simulátor lietadla v Prahe - Airbus A320



Simulátor opravy lietadla – Unreal engine



Statické a dynamické systémy

Statický systém:

- pri vymedzovaní systému abstrahujeme od času

Dynamický systém:

- čas nezanedbávame (vývoj systému v čase musíme zohľadniť)
- modelujeme určitý časový úsek

Prvky systému (entity)

1.

- permanentné (sú v systéme počas celej jeho existencie – doktor v nemocnici, vybavenie)
- temporárne
 - endogénne (vznikajúce priamo v systéme – zdravotné záznamy, novorodenec)
 - exogénne (vznikajúce mimo systému - pacienti)

2.

- stabilné prvky (nemobilné vybavenie)
- mobilné prvky (pohybujúce sa)

3.

- obsluhované prvky (zákazníci - pacienti)
- obsluhujúce prvky (zdroje obsluhy – lekár, sestra, posteľ, liek ...)

Atribúty prvkov systému

Prvky systému majú svoje vlastnosti – atribúty

- štandardné – reálne čísla, text, booleovské hodnoty
- referenčné – odkazy na iné prvky, definujú väzby medzi prvkami

Stav dynamického systému v čase t je určený prvkami, ktoré sú v čase t v systéme prítomné a hodnotami ich atribútov v tomto **čase**.

Experimenty so skúmaným systémom

V niektorých úlohách možeme experimentovať priamo so skúmaným systémom.

Napr. zmena fungovania systému, nastavenie priorít pre procesy v počítači, crash testy áut, ...

Často je to v praxi nemožné (napr. plánovaný projekt), prípadne by to bolo nákladné, nebezpečné,...

Prečo neexperimentujeme so skúmaným systémom?

- nedostupnosť (systém ešte nemusí existovať, predpoveď počasia, zrážka galaxii,...)
- čas (proces trvá príliš krátko alebo dlho)
- cena
- bezpečnosť (jadrová elektráreň, vodné dielo,...)
- etika (pokusy na ľuďoch, zvieratách,...)

Postup modelovania

1. Vytvoríme si validný model skúmaného systému
2. Vykonáme s týmto modelom experimenty
3. Výsledky experimentov s modelom môžeme aplikovať späť na skúmaný systém

Modelovanie je výskumná technika, ktorej podstatou je nahradenie skúmaného systému (originálu) jeho modelom (modelujúcim systémom), za účelom získania informácií o originály pomocou experimentov (pokusov)

Model

Analógia medzi dvoma **systémami (bola vykonaná abstrakcia)**: modelovaným (originál) a modelujúcim (model).

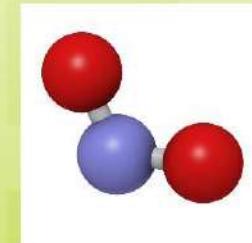
Model zachytáva iba tie vlastnosti originálu, ktoré sú pre skúmanie podstatné.

Každému prvku P_O originálu (modelovaný systém) je priradený prvok P_M modelujúceho systému (modelu), každému atribútu a_O prvku je priradený atribút a_M prvku, pričom pre hodnoty atribútov a_O a a_M je daná nejaká relácia.

Modely (modelujúce systémy)

Fyzické modely:

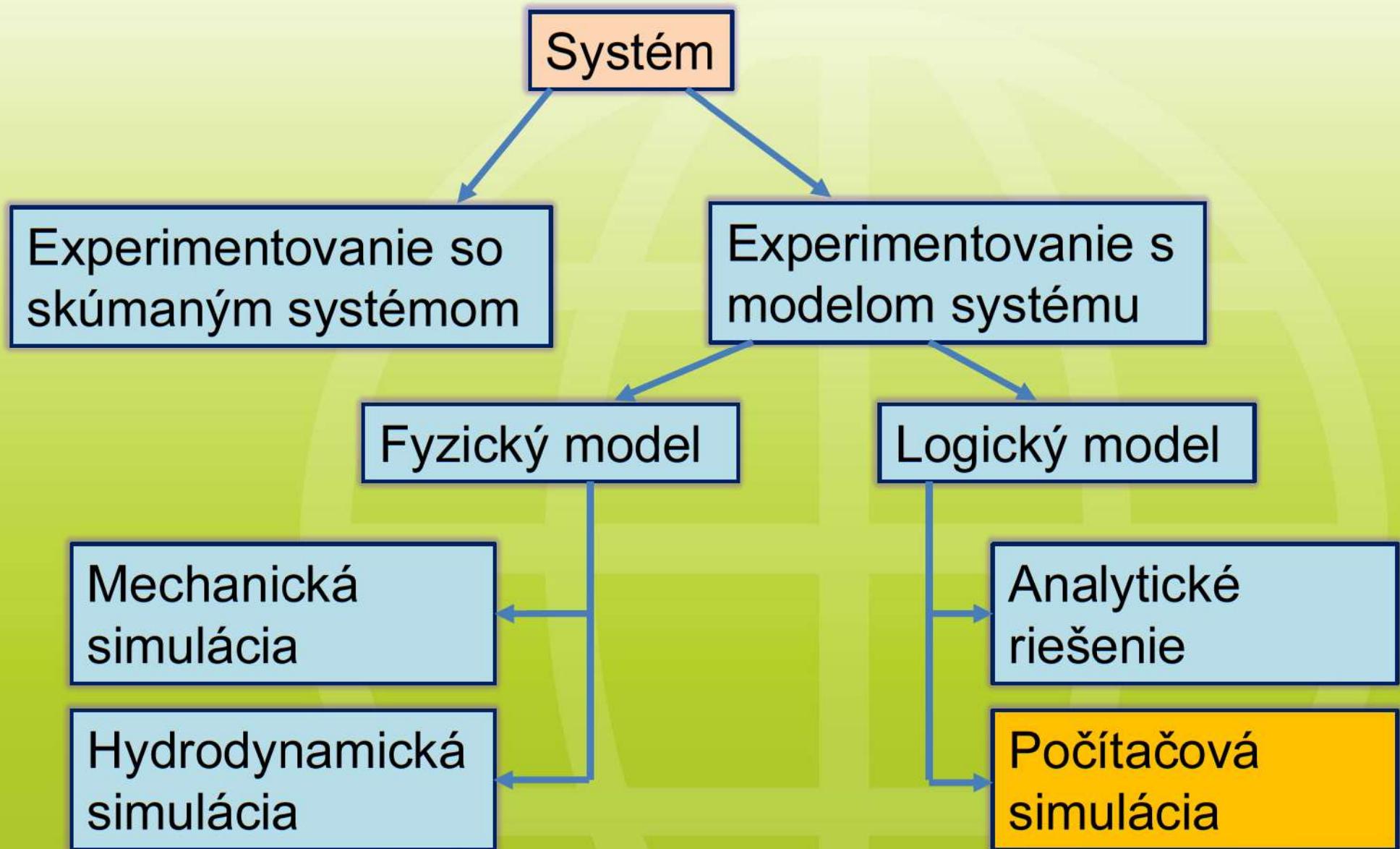
- trenažér lietadla, auta, ...
- zmenšený model lietadla, auta, ...



Logické modely:

- matematické (napr. využitie metód operačnej analýzy)
 - majú svoje limity - detailnosť
- počítačový simulačný model

Štúdium systémov



Simulácia

Modelovanie pri ktorom je použitý simulačný model systému.

Simulácia je výskumná technika (metóda), ktorej podstatou je náhrada skúmaného systému (originálu) jeho simulátorom, s ktorým sa experimentuje s cieľom získať informácie o pôvodnom systéme.

Simulačný model

Model systému, ktorý budeme využívať v simulácii.

Simulačné modely

Deterministické modely:

- Všetky vstupy sú pevne dané a nenáhodné.
- Nasledujúci (budúci) stav systému je možné presne určiť.

Stochastické modely:

- Vstupy sú náhodné premenné.

Simulačné modely dynamických systémov

Spojité modely:

- Zmeny stavu systému nastávajú priebežne v čase.

Diskrétne modely:

- Zmeny stavu systému nastávajú len v diskrétnych časových okamžikoch.

Využitie simulácie

Doprava:

- logistické terminály
- železničná doprava
- cestná doprava
- modelovanie pohybu chodcov (napr. evakuácia, ...)
- dopravné uzly

Využitie simulácie

- obslužné systémy
- výrobné systémy
- medicína
- fyzika
- ekonomika
- počítačové siete
- astrofyzika
- predpovede počasie (meteorologické modely)
- chémia
- vojenstvo

Využitie simulácie

Vzdelávanie, školenie:

- trenažéry
- výučbové simulácie
- simulátory strojov, ich údržby, ...
- tréning riadenia

Krízový manažment:

- evakuácia
- požiarny zásah
- zemetrasenie

Výhody simulácie

- vykonávanie kontrolovaných experimentov
- skúmanie komplexných systémov
- relatívne nízke náklady
- kompresia a expanzia času
- efektívny tréningový nástroj
- pomáha porozumeniu fungovania systému
- nenarúša činnosť modelovaného systému

Nevýhody simulácie

- nezaručuje získanie optimálnych hodnôt skúmaných parametrov systému (nutnosť iteračného postupu)
- pre vytvorenie modelu sú potrebné odborné znalosti
- stochastickosť (náhodnosť) vstupov vyžaduje dôkladné a správne spracovanie vstupných dát
- vytvorenie komplexného modelu môže byť časovo náročné



Ďakujem za pozornosť

Obrázky:

<https://www.easytechjunkie.com/what-is-a-simulation-model.htm>

<http://www.flugsimulator-vergleich.de/sites/default/files/public/styles/blog-detail/public/antoinette.jpg?itok=XXmU5ZIB>

<https://www.esennce.cz/letecky-trenazer-airbus/>

<https://www.unrealengine.com/fr/spotlights/beyond-the-manual-vr-training-on-aircraft-maintenance>

<https://sk.pinterest.com/pin/387591111679287647/>