

# Rendszermodellezés

## bemutató, tárgykövetelmények

*Dr. Pataricza András, Gönczy László*

{pataric,gonczy}@mit.bme.hu

Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem  
Méréstechnika és Információs Rendszerek Tanszék

# A Hibatűrő Rendszerek Kutatócsoport

- Méréstechnika és Információs Rendszerek Tanszék
  - Kb. 70 munkatárs, 35 doktorandusz
  - Beágyazott rendszerek
  - Intelligens rendszerek
  - **Hibatűrő rendszerek (Fault Tolerant Systems Research Group)**  
~ 25 fő

# Kutatási témák

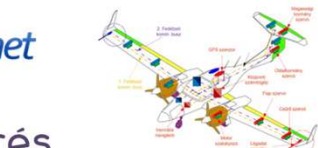
## Kritikus beágyazott rendszerek

petridotnet

Hibatűrés



Forráskód generálás

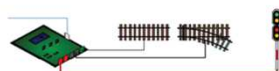


HW-SW integráció

Ellenőrzés és tesztelés



Biztonságkritikus rendszerek



Modell alapú tervezés

## Szoftvertervezés

Objektum-orientált tervezés



Metamodell tervezés



Modell alapú szoftverfejlesztés



Szakterület-specifikus modellezés

Követelményanalízis

## IT szolgáltatásmenedzment

Infrastrukturamenedzment

Virtualizáció



Adatelemzés

99.999...%



VMware ESXi™

Autonomic computing



Cloud computing

Rendelkezésre állás

Nagios™

## Üzleti folyamatok és alkalmazások

Folyamatmodellezés



Service-oriented architecture

Eseményfeldolgozás



WebSphere® software

Optimalizálás



Üzleti szabályrendszerek

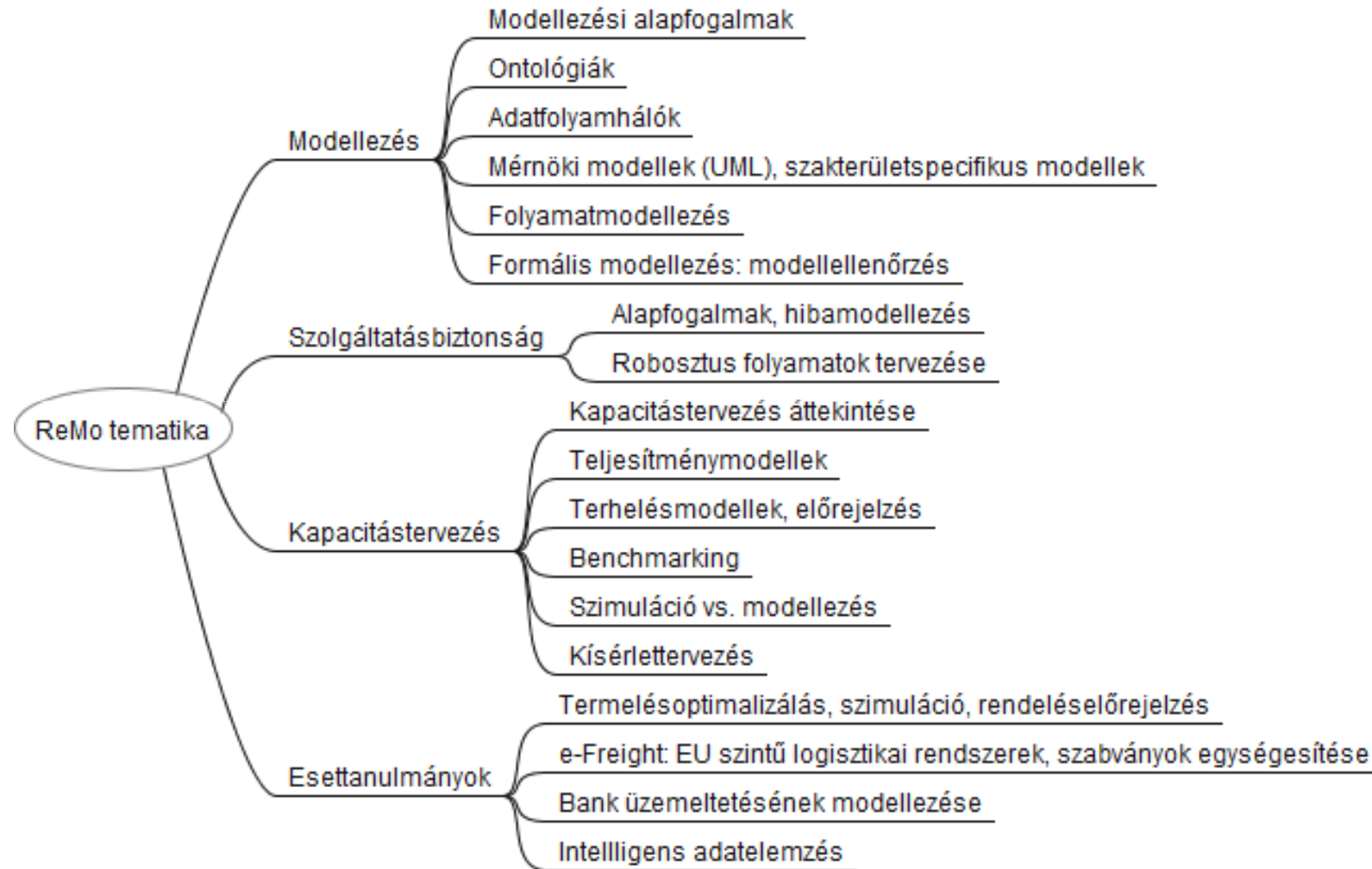


e-Business

# Rendszermodellezés tárgy

- ~ célja lehet
  - Rendszertervezés
  - Rendszerintegráció
  - Rendszer infrastruktúra tervezése
    - Ld. Intelligens Rendszerfelügyelet
- A tantárgy követelményeit eredményesen teljesítő hallgatók:
  - megismerik a **modellalapú architektúra tervezés** alapjait,
  - képesek az informatikai rendszerekkel szembeni követelmények és **specifikációjuk** szabatos megfogalmazására, működési környezetük és **architektúrájuk modellezésére**, ismerik a vonatkozó főbb **szabványokat**,
  - jártasságot szereznek a diszkrét rendszerek **szimuláció** alapú helyességbizonyításában és **méretezési eljárásaiban**,
  - képesek a már működő rendszerek **szűk keresztmetszeteinek** feltárására, az azok megszüntetésére szolgáló megoldási alternatívák összehasonlító elemzésére.
  - megismerik a számítógéprendszerek **gyakorlati mérés technikájának** azon elemeit, melyekkel a modellek paraméterezésének alapjául szolgálhatnak.

# Tematika



# Elérhetőség

## ■ Honlap

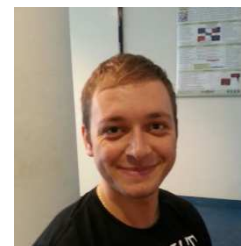
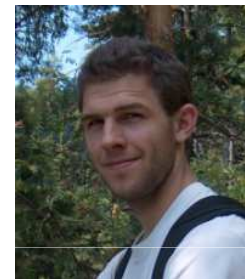
- Előadások, segédanyagok
- Házi feladat feltöltése (bejelentkezés után)
- <http://www.inf.mit.bme.hu/edu/courses/remo>

## ■ Előadás/gyakorlat

- Szerda 10-12 I.B.026.
- Páratlan hét csütörtök 10-12, I.B.026.
- Páros hét péntek, 8-10, 10-12 (emelt szintű gyakorlat)

# Oktatók

- Dr. Pataricza András (ea, gyak)
- Gönczy László (ea, gyak)
- Bergmann Gábor (szervezés)
  
- Hegedüs Ábel (gyak, HF)
- Vörös András (gyak, HF)
  
- Dávid István (gyak, HF)
- Nádudvari György (gyak, HF)
  
- Klenik Attila (HF)
- Molnár Vince (HF)



# Tárgyinformációk

- Követelmény
  - Házi feladat
    - Kezdeti modell leadása: 6. hét vége (október 14.)
    - Teljes feladat leadása: 13. hét szerda(nov.28)
  - ZH
    - október 31. (8:30-10:00), PótZH: november 28. (8:30-10:00)
- Írásbeli vizsga (4 vizsgaalkalom)
  - Kiadott előadások + órán elhangzottak!
- **Megajánlott jegy** szerzési lehetőség:
  - Jó házi feladat
  - Jó ZH
  - Egyénileg megoldott, egyedi kiegészítő feladat az elkészített házihoz (októberben adunk feladatot)
  - Jelentkezés → Vörös András  
(<https://www.inf.mit.bme.hu/members/vorosa>)



# Házi feladatról bővebben

- Egy „e-Business” rendszer modellezése
- Erőforrások méretezése
- Analízis és szimuláció
  - Terhelésváltozás hatása
  - Globális teljesítménykorlát
  - Szűk keresztmetszetek keresése
- A rendszer szolgáltatásbiztonságának vizsgálata
  - Egyes erőforrások rendelkezésreállításának hatása
- Érzékenységvizsgálat
- Cél: az órán tanultak felhasználása
- Feladatkiírást mindenkinek központilag adunk, hozható önálló feladat is
- Feladat és konzulens hozzárendelés a honlapon elérhető lesz

# Házi feladat ütemezés

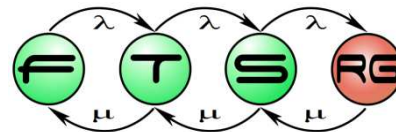
- Két iterációs feladatbeadás
  - Kezdeti modell (6. hét)
    - Kiadott feladat/Önálló ötlet alapján egy üzleti folyamat specifikációja
    - Folyamattal kapcsolatos minimális követelmények a weboldalon
    - Erőforrások + elemzés szempontjai
    - Elkészített folyamatmodell + erőforráshozzárendelés
  - Végleges modell (13. hét)
    - Analízis végrehajtása
    - Eredmények értékelése jegyzőkönyvben
    - **Szóbeli védés a 14. héten**
- Szoftverről bemutató órát tartunk
- Pótlás: pótlási hét kedd estig (december 11.)
  - Ez esetben is szóbeli védés

# Gyakorlatok

1. Modellezési bevezető
  - Komplex rendszer több aspektusú modellezése
2. Vizuális adatelemzés
  - Kezdeti feltáró lépések
3. Teljesítménymodellezés
  - Egyszerű analitikus modellek, szűk keresztmetszet
4. Folyamatmodellezési esettanulmány
  - Méretezés, komplett feladat közös megoldása
5. Logelemzés
  - Adatelemzési módszerek alkalmazása
6. Szolgáltatásbiztonsági jellemzők meghatározása
  - Egy csoport „táltos”
    - Péntek 10, gyakvez: PA
    - Tartalmazza a rendes gyakorlatot is
    - (Pót)jelentkezés: [gonczy@mit.bme.hu](mailto:gonczy@mit.bme.hu)

# Rendszermodellezés

## Modellezési alapismeretek



# Tartalom

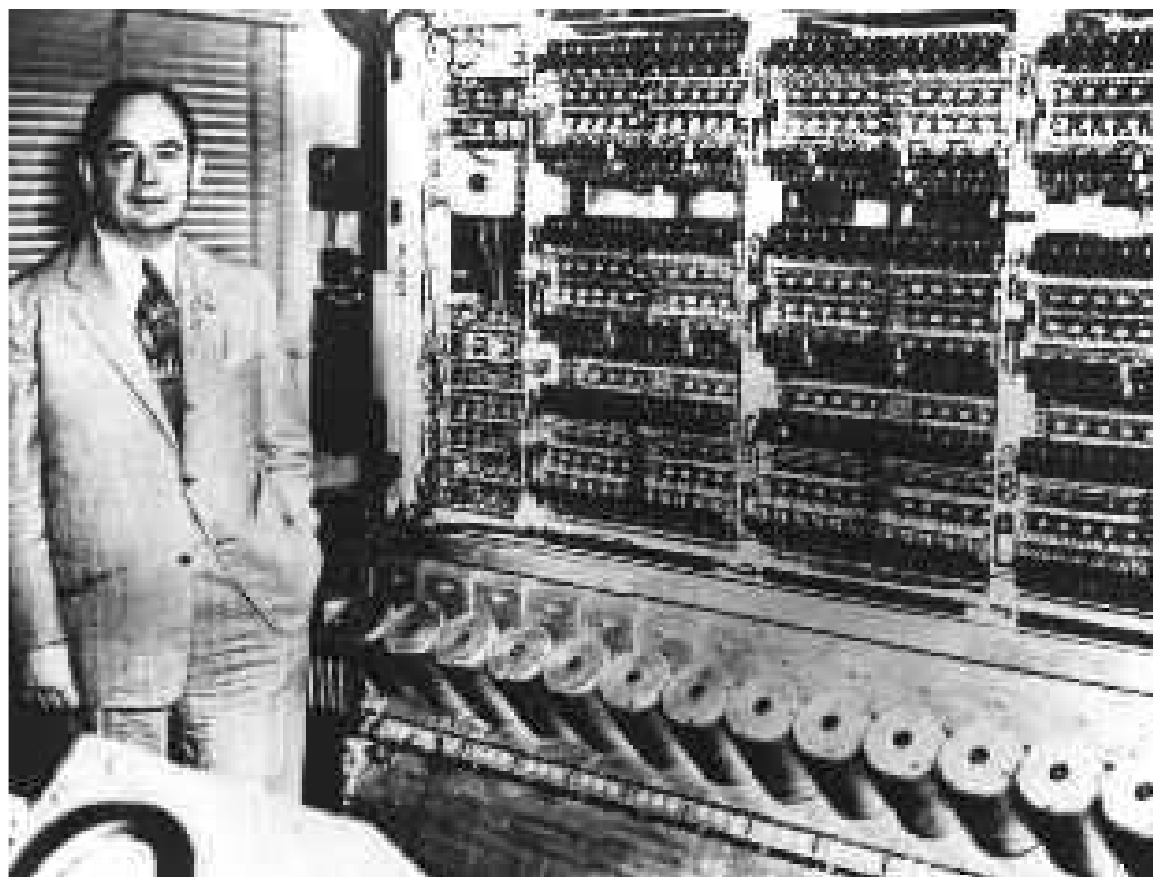
- Mi a modell?
- Mire használunk modelleket
- Modellezési alapfogalmak
- Modellek osztályozása
- Illusztratív példák

# Mi a modell?

- "The sciences
  - do not try to explain,
  - they hardly even try to interpret,
  - they mainly make models.
- By a model is meant
  - a mathematical construct which,
  - with the addition of certain verbal interpretations,
  - describes observed phenomena.
- The justification of such a mathematical construct is solely and precisely that it is expected to work.,,

*Neumann János*

# Birth house of John von Neumann



E HÁZBAN SZÜLETETT  
ÉS ÉLT 18 ÉVES KORÁIG  
**NEUMANN JÁNOS**  
1903 — 1957  
A XX. SZÁZAD EGYIK LEGKIVÁLÓBB  
MATEMATIKUSA,  
AKI 1951 — 1952 — BEN  
AZ AMERIKAI MATEMATIKAI  
TÁRSULAT ELNÖKE VOLT.  
AZ EMLÉKTÁBLÁT SZÜLETÉSÉNEK  
100. ÉVFORDULÓJÁRA  
A BOLYAI JÁNOS MATEMATIKAI  
TÁRSULAT ÉS  
AZ AMERIKAI MATEMATIKAI  
TÁRSULAT KÖZÖSEN ÁLLÍTOTTA.



IN THIS HOUSE WAS BORN  
AND LIVED UNTIL HE WAS 18  
**JOHN VON NEUMANN**  
1903 — 1957  
ONE OF THE MOST OUTSTANDING  
MATHEMATICIANS OF THE 20TH  
CENTURY. PRESIDENT OF THE  
AMERICAN MATHEMATICAL  
SOCIETY IN 1951 — 1952.  
THIS MEMORIAL PLAQUE WAS  
ERECTED JOINTLY BY THE  
JÁNOS BOLYAI MATHEMATICAL  
SOCIETY AND THE AMERICAN  
MATHEMATICAL SOCIETY ON THE  
100TH ANNIVERSARY OF HIS BIRTH.

# Mi a modell?

- A valóság egy részletének egyszerűsített képe
- Lényeges
  - A valóság mely részének...
  - ...milyen szisztéma szerint...
  - ...mennyire egyszerűsített képe
- Haszna
  - kisebb (véges)
  - áttekinthetőbb



# Mi NEM a modell?

- A modell nem a valóság!



- A modell nem a diagram.
  - az csak egy nézet...

# Matematikai modell vs. valóság

- Minden modell: zárt világ
  - Hatások, faktorok
  - Paraméterek
  - Érvényesség
- A modell bizonytalan, működésű ezen a világon kívül
- Nem minden fejezhető ki előre
  - *Emberi döntés*
  - *Generált modellek*
  - *Megoldás validációja*

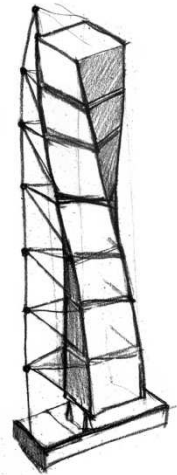
- Normál működés
  - Peremfeltételek:
    - Van elég anyag
    - **Minden** rendelés határidőre
  - Célfüggvény:
    - Költségminimum
- Rendkívüli eset
  - Peremfeltétel
    - Anyaghiány
  - Célfüggvény:
    1. **Minél több** rendelés határidőre
    2. Költségminimum

# Mire használunk modelleket?

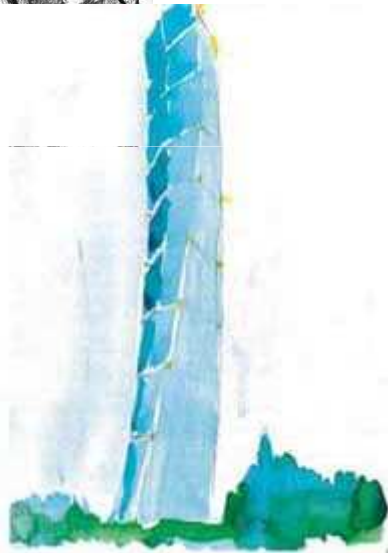
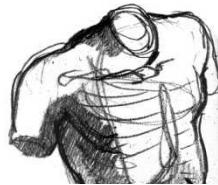
- Kommunikáció, dokumentáció
- Gondolkodás, tervezés támogatása
- Analízis
- Származtatás
- Szimuláció
- ...belefér egy számítógépbe / emberi agyba

# Models in a design workflow

Ejercicio ③ ... forma elemental



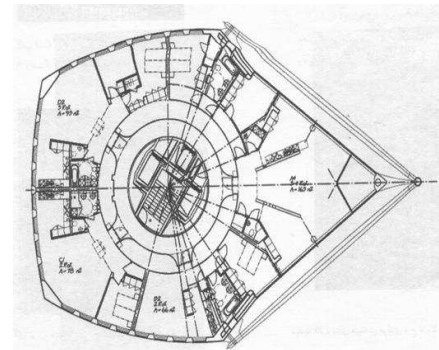
Concept



Specification



Structure



Implementation



Operation

FORMS/FORMAT 2010  
Braunschweig

# Példák

## Modellalapú szoftvertervezés:

Precíz mérnöki  
modellek és  
transzformációk  
segítségével  
történő tervezés,  
fejlesztés és  
projektvezetés.

## Szolgáltatásbiztos rendszerek:

Megbízható, nagy  
rendelkezésre állású,  
kritikus rendszerek  
tervezése,  
megvalósítása,  
mérése, felügyelete.  
Cloud.

## Verifikáció és validáció:

Ellenőrzések a  
tervezési,  
megvalósítási és  
futási fázisban.  
Formális módszerek  
alkalmazása a  
verifikáció során.

# ÜZLETI ALKALMAZÁSOK

- **Tudásmodellezés**
- **Gyártásoptimalizás**
- **Hatékonyságelemzés**
- **Integrált rendszer**

# Az egységes európai szállítmányozási rendszer

The screenshot displays the EMERALD Web Visualizer interface. The main content area shows a table of contents with 16 items, including 'IMO number', 'Call sign', 'Voyage number', 'Port of arrival / Port of departure', 'Date and time of arrival / Date and time of departure', 'Flag State of ship', 'Name of master', 'Last port of call / Next port of call', 'Certificate of registry', 'Name of ship's agent and Contact details of ship's agent', 'Gross tonnage', 'Net tonnage', 'Position of the ship in the port', 'Brief particulars of voyage', 'Brief description of the cargo', 'Number of crew', 'Number of passengers', and 'Remarks'. A yellow box highlights the word 'Tudás' (Knowledge) and lists three bullet points: 'Feltárása' (Discovery), 'Modellezése' (Modeling), and 'Formalizálása' (Formalization). The interface also shows document metadata, a search bar, and a table of contents.

Highlighted data	All data
Title:	FalForm1
Regulation type:	form
ID:	doc.fal.form.1
Document ID:	FAL_FORM_1
Region:	Europe
Language:	hu
Efficacy start date:	2011-01-01
Efficacy end date:	1900-01-01
Publication date:	2011-01-01
Enacted date:	1900-01-01
Repealed date:	1900-01-01

**Tudás**

- Feltárása
- Modellezése
- Formalizálása

# Egy nagy magyar lakossági szolgáltató

**Megoldandó probléma:** heterogén (üzleti) adatok alapján vizsgáljuk meg a cég belső jutalékrendszerét, keressünk érdekes összefüggéseket.

## Kihívások:

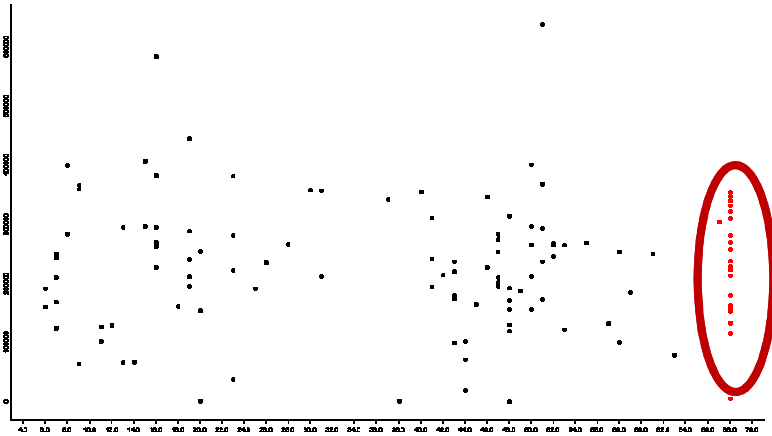
- Definiálatlan folyamatok
- Össze nem kapcsolt adatforrások
- Piszkos adatok, kivételek





# Főbb eredmények

Adatkezelési és elemzési folyamatok, javaslatok a hatékonyság növelésére

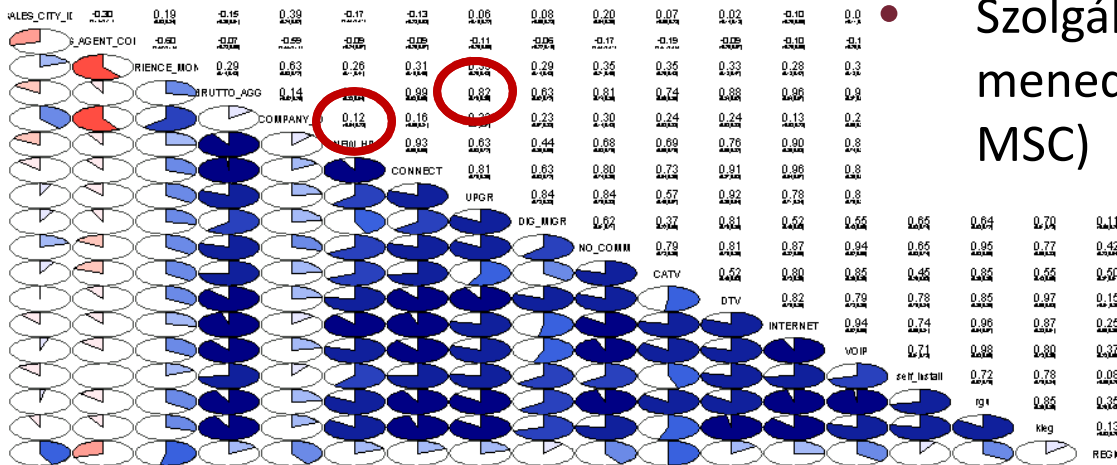


## Megtanultuk:

- KNIME, R
- Adatkásos és értelmezés
- Agilis projektmenedzsment (?)

## Oktatás:

- Rendszermodellezés (BSc)
- Szolgáltatásfejlesztés és – menedzsment a gyakorlatban (Gain MSC)

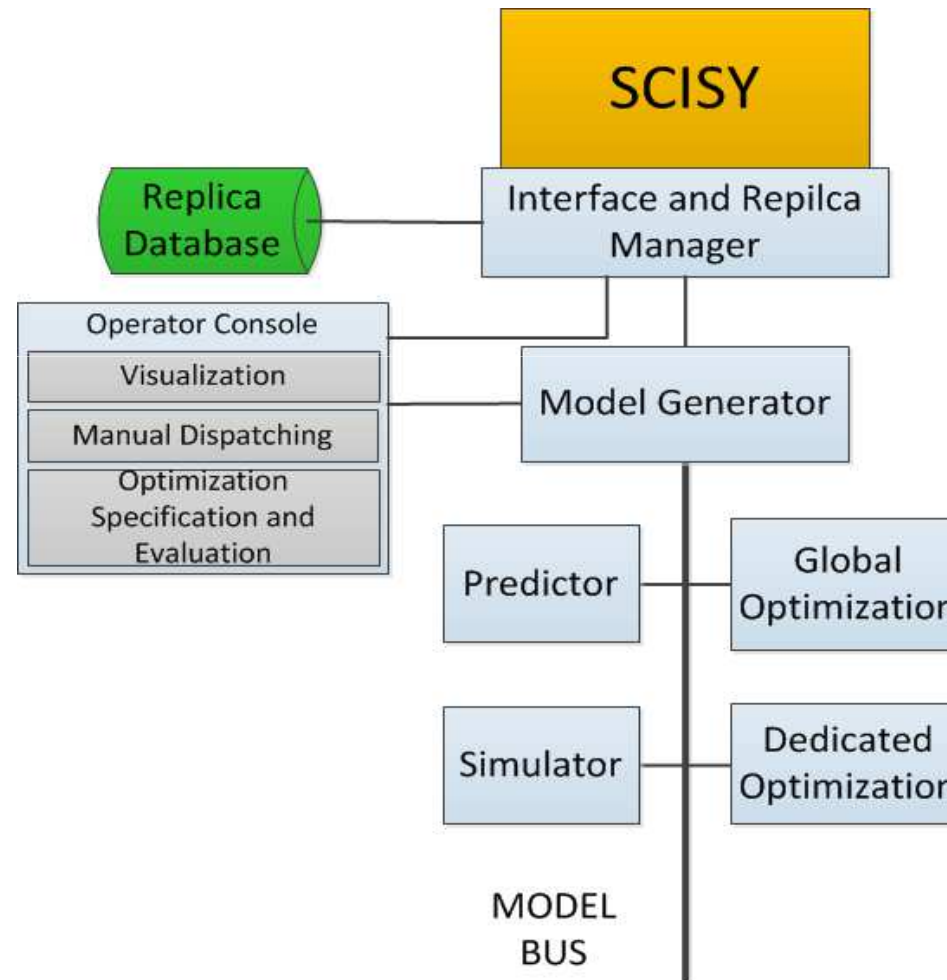


# IBM Data Storage Systems

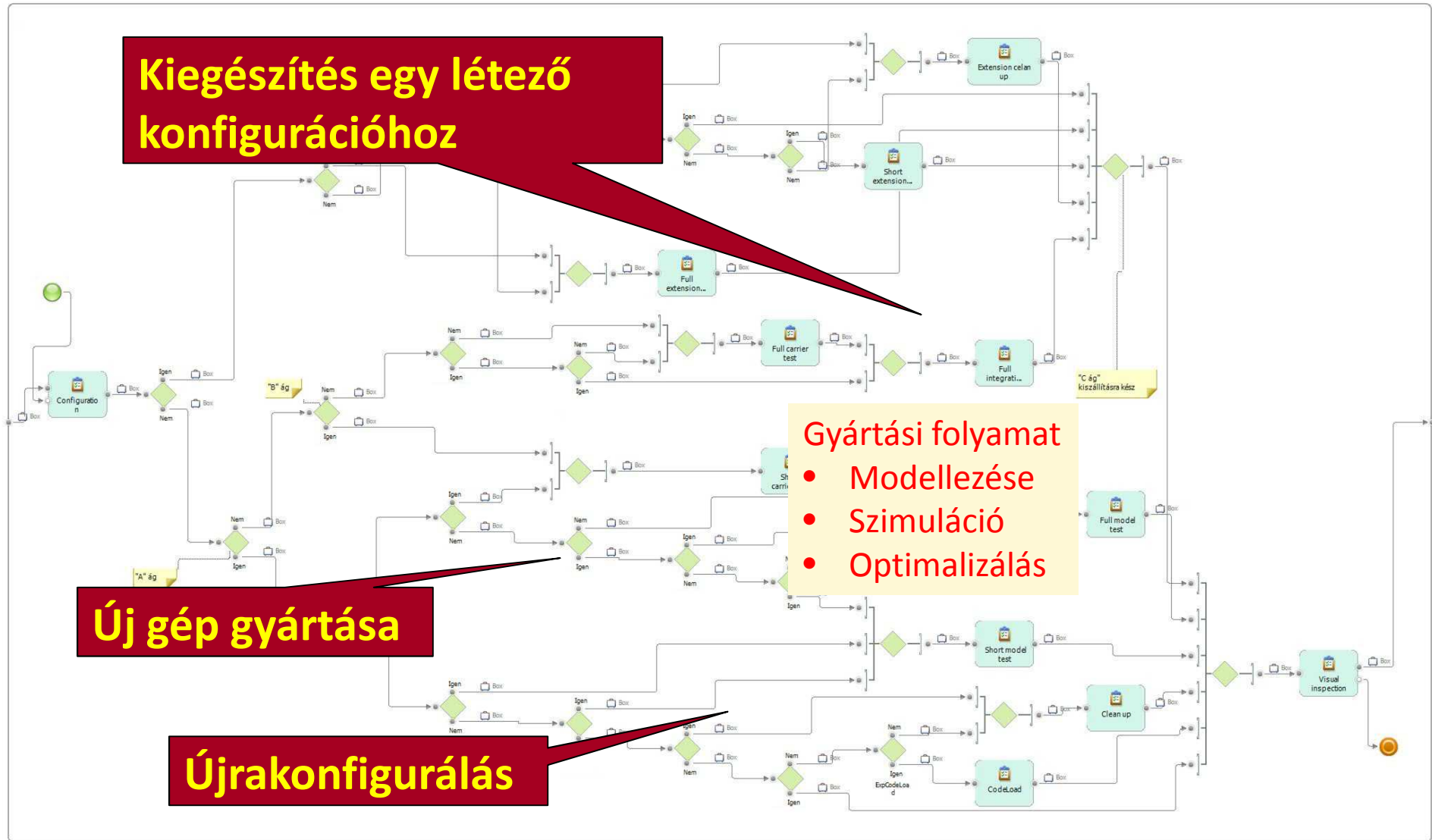
**Megoldandó probléma:** időben változó és előre nem ismert rendelésállomány anyagbeszerzés+gyártás optimalizálása

## Kihívások:

- Több milliós konfiguráció szám  
\* ~1500 rendelés  
**KOMBINATORIKUS ROBBANÁS**
- Kevés és zajos adatból jóslás  
**ADAPTÍV PREDIKCIÓ**



# Példa folyamat – tesztelési lépések

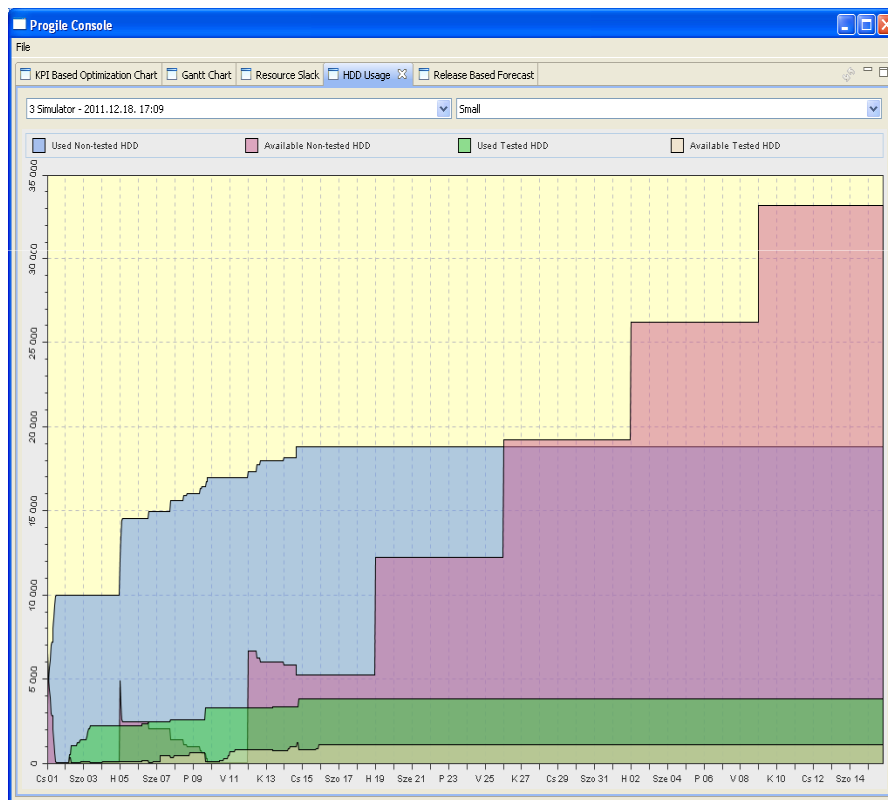


# Főbb eredmények

Működő rendszer élesben használva: 40 perc futási idő 1 negyedévre

European Supply-Chain Technology Award (2012)

Revolution R: „Applications of R in Business” competition, Honorable Mention (2012)



## Megtanultuk:

- IBM CPLEX
- IBM SPSS
- IBM JViews

## Oktatás:

- Rendszermodellezés (BSc)
- Üzleti rendszerek modellezése (Gazdinfo)

## Mérnöki vs. matematikai modellezés

- Tacit tudás modellezése!
- Nem kell matematikai optimum
- Heurisztikus gyorsítás
- Darabolással jól csökkenthető az állapottér
- **Józan ésszel több nagyságrend komplexitás absztrahálható el**

# Smart Metering projekt

## Feladat: egy szolgáltató okos mérős mintaprojektje

- 3000 okos mérőóra (villany, víz, gáz) telepítése
- 15 perces mérési adatok gyűjtése, ellenőrzése, becslése, számlázásra bocsátása
- Kapcsolódó rendszerek (mérők, MDMS, SAP stb.) integrációja

### Eredmények:

- Új szakterület, IEC szabványok ismerete
- Nagyméretű ipari rendszerintegrációs példa

### Oktatás:

- Szolgáltatásintegráció (MSc)

### Lehetőségek:

Smart Grid elemek fejlesztése

- Hardver

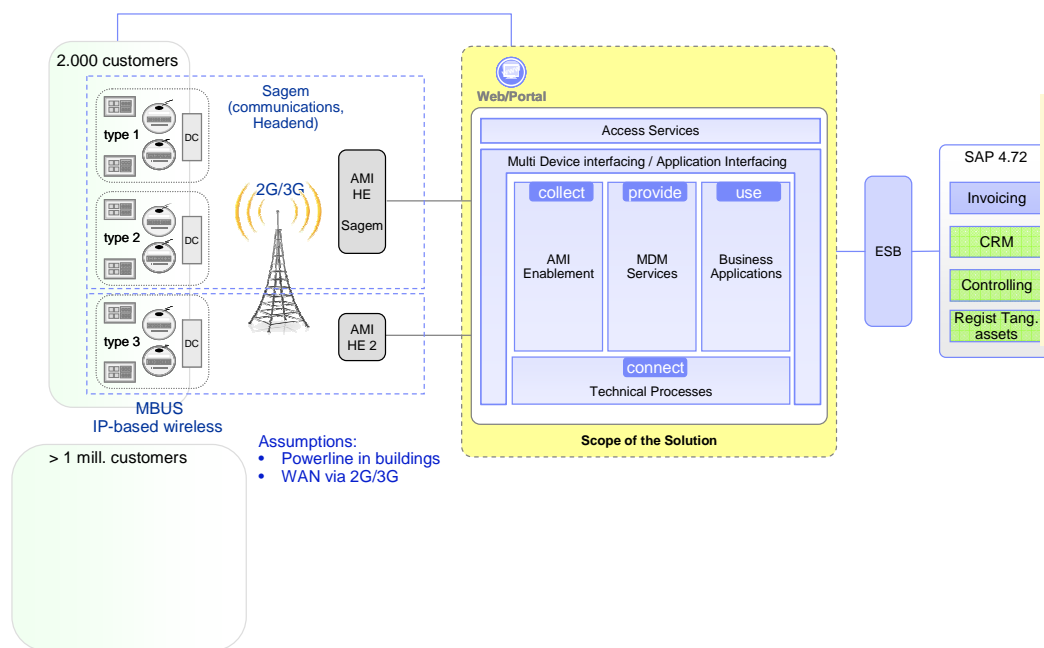
### Tudás

- Eszközfüggetlen reprezentálása
- Adatbázis tervezés
- Alkalmazástervezés

• Szabványos kommunikáció, integráció

Potenciális hasznosítás:

- Intézményen belüli okos mérős rendszer
- Komponensek elosztói hálózatokba



# IT INFRASTRUKTÚRA

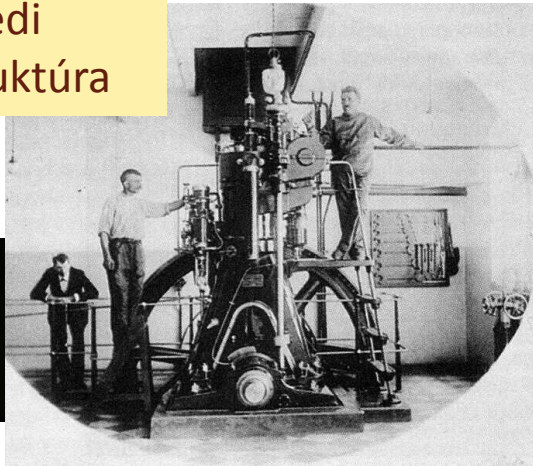
Teljesítmény- és szolgáltatásbiztonságának elemzése

- **Cloud computing**
- **Rendszerfelügyelet és management**

# A felhő számítástechnika

Kezdet: a fogyasztó magának termel energiát

Csúcsterhelésre  
méretezett  
egyedi  
infrastruktúra



A felhő számítástechnika ugyanez

- Energia=számítási teljesítmény
- Erőmű= szerver
- Távvezeték=Internet
- Elosztás, védelem, mérés, szabályozás

## Energiaszolgáltatás

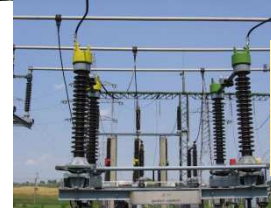
Hatékony termelés



Csúcserőmű



Konfigurálás, védelem,  
redundancia



Tehereelosztás,  
Monitorozás  
Szabályozás

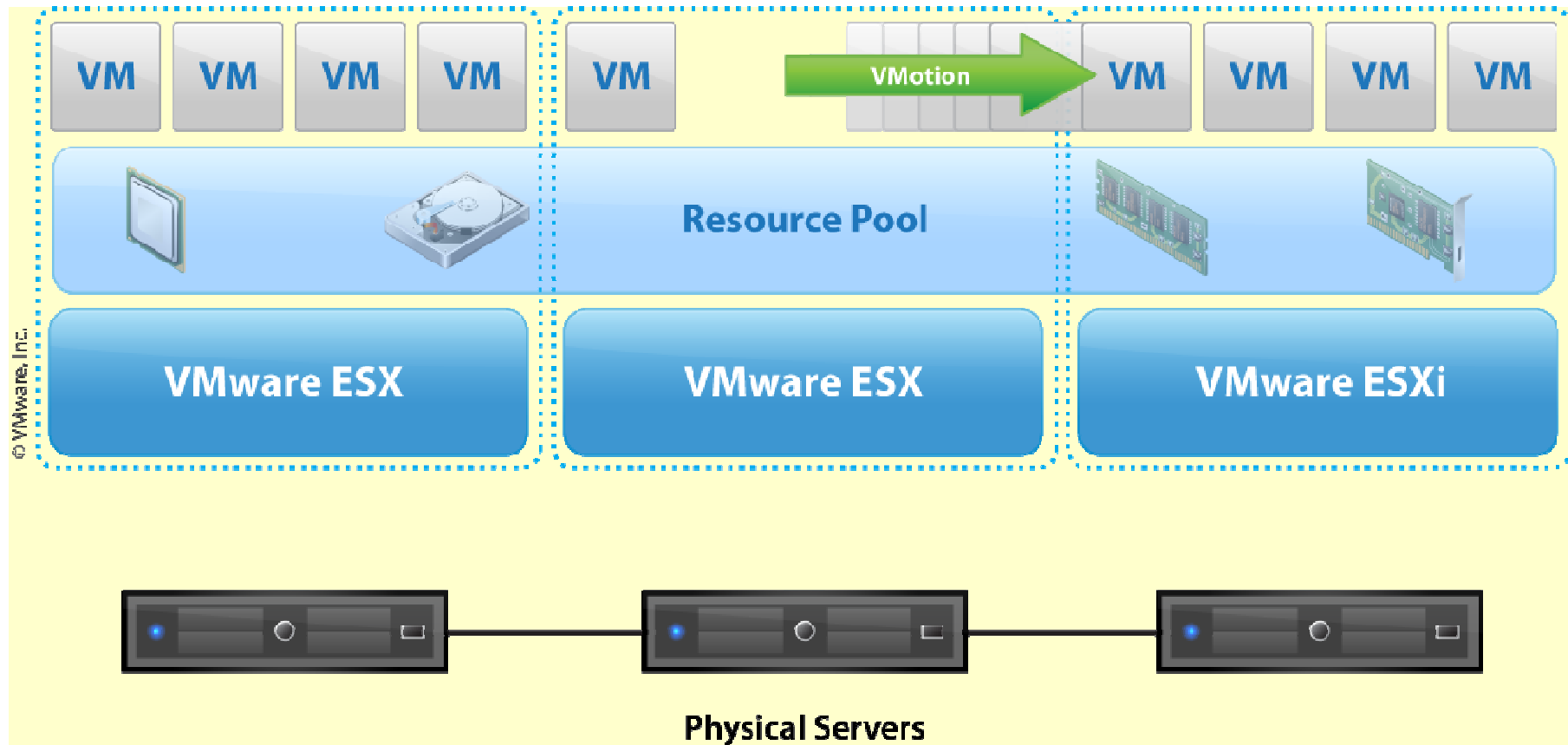
Hatékony szállítás



Fogyasztás  
SLA



# Virtualizáció

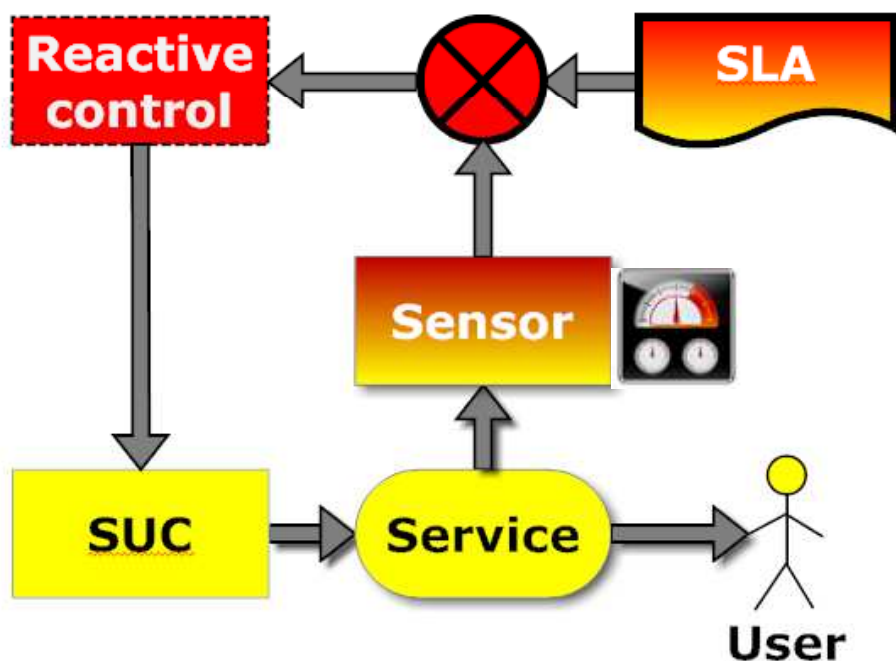




# Proaktív felügyelet és szabályozás

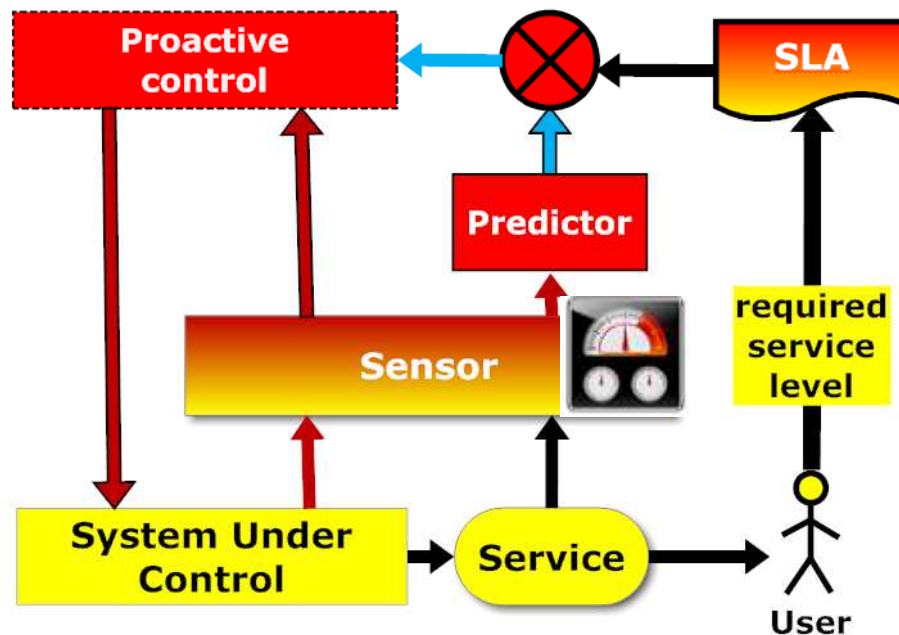
## ■ Reaktív szabályozás

- *Egy veszélyes szituációra **reagál** ahelyett hogy elkerülné vagy uralná*



## ■ Proaktív szabályozás

- *Egy szituációt már a **bekövetkezése előtt** ural*



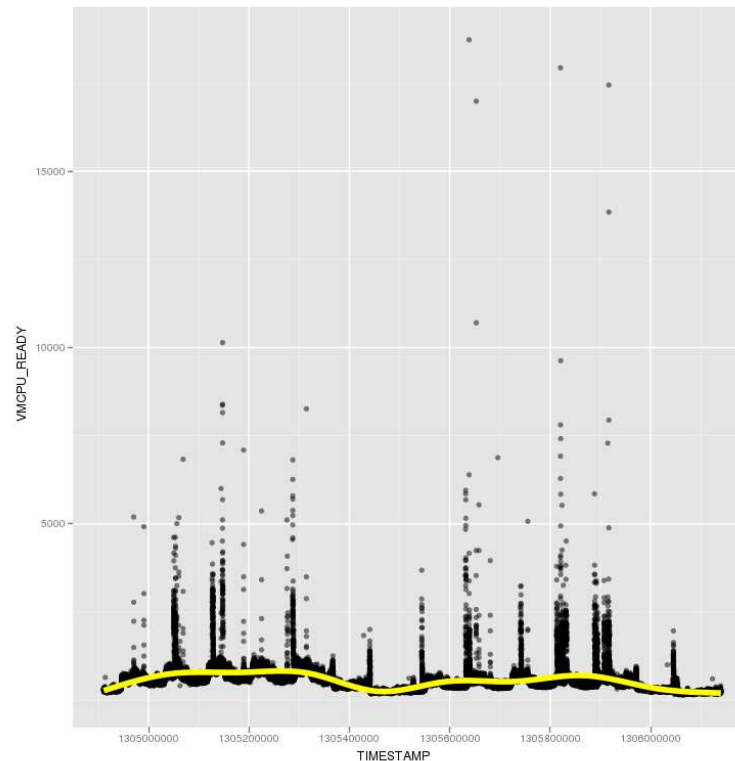
# Egy gazdasági világcág

**Megoldandó probléma:** egy sokfelhasználós, privát cloud alapú rendszerben a felhasználói gépek időnként „csuklanak”

Statikusan is kevés a kapacitás, vagy rossz az elosztás dinamikája?

## Kihívások:

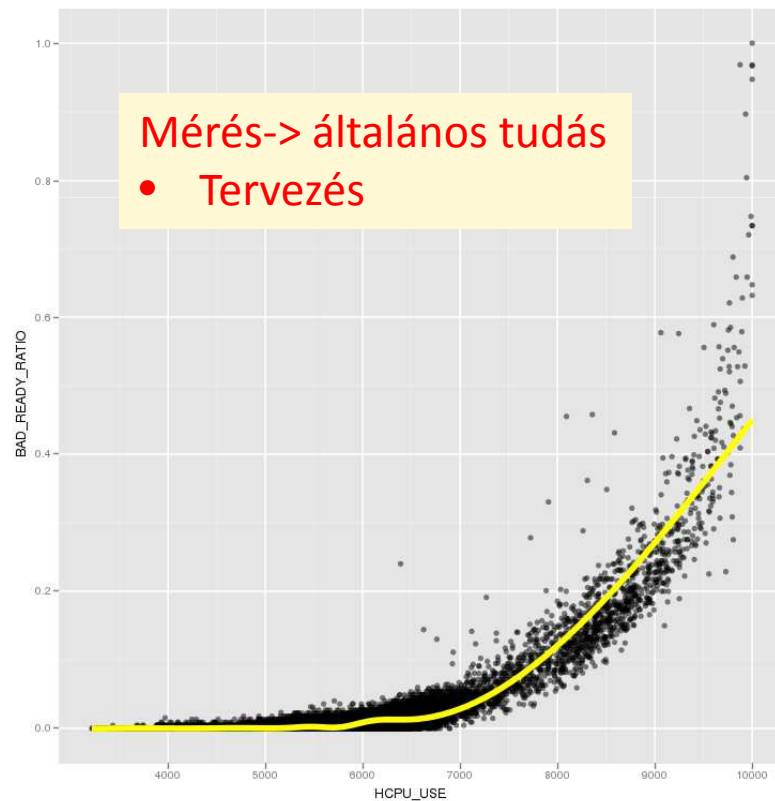
- Adatsor: 180 millió x 20 ezer  
**BIG DATA**
- Ebből 6 ezer hibára utaló  
**RITKA ESEMÉNY ANALÍZIS**
- Mérési hibák  
**ADATTISZTÍTÁS**



# Főbb eredmények

Erőforráskezelést kell finomítani és nem szerverkapacitást növelni (\$\$\$!!!)

IEEE DSN/PFARM meghívott előadás (Hong Kong 2011)



## Megtanultuk:

- Vizuális analízis, R statisztikai analízis
- Virtualizációs környezet mérése

## Oktatás:

- IDA (PhD)
- Rendszermodellezés (BSc)
- Autonóm és hibatűrő rendszerek (MSc)

## Információs rendszerek mérés- és szabályozástechnikája

- Klasszikus megközelítések adaptálhatóak
- 30 évvel ezelőtti mérés-technikai tudás nemzetközi novum

# Egy telco technológiai világcég

**Megoldandó probléma:** QoS-re tervezés cloud környezetben  
Kérdés: Mit nyújt a cloud platform az alkalmazásomnak?

## Kihívások:

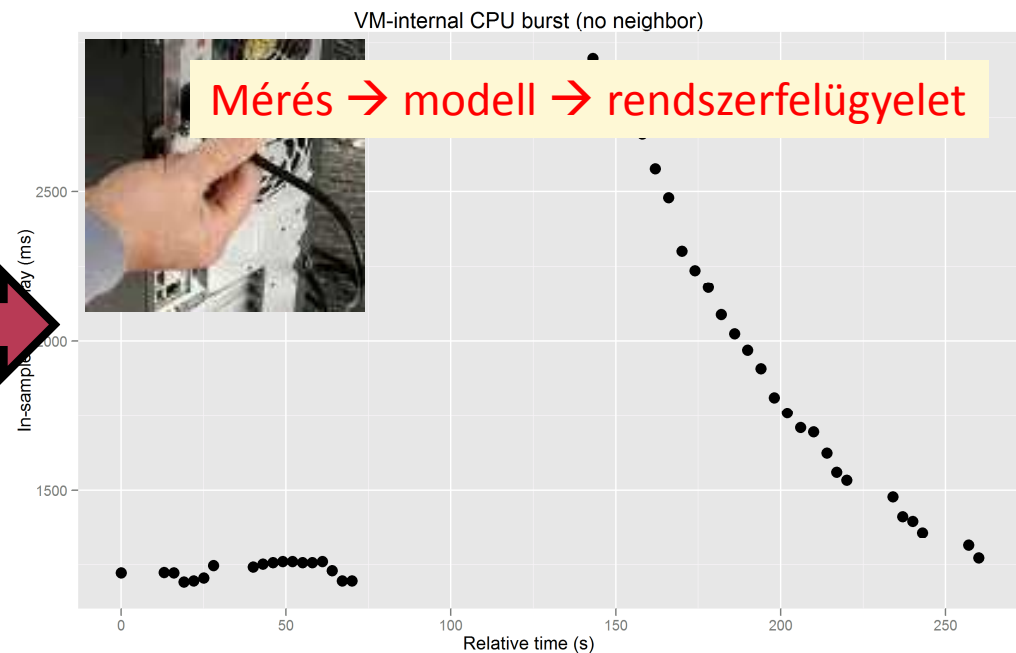
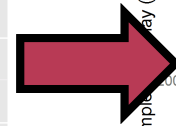
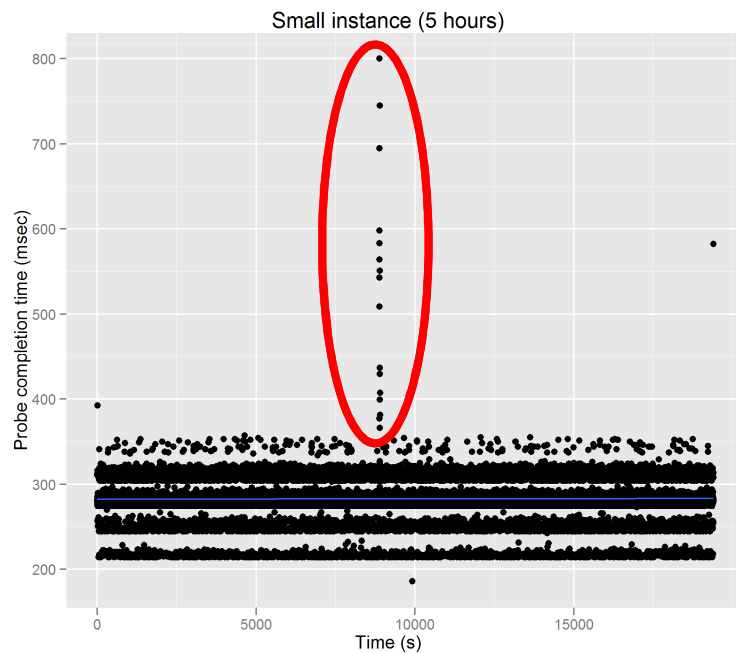
- Nehezen kezelhető, nagy alkalmazások
- Minden cloud más
- Mérhető jellemzők megmérése és relevánsak kiválasztása



# QoS - Főbb eredmények

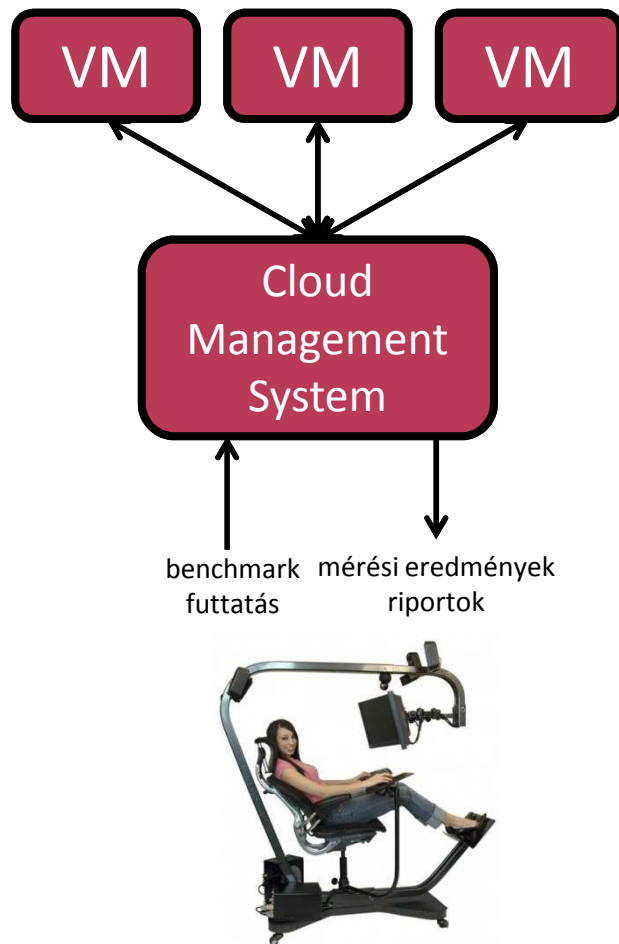
## Főbb eredmények:

- „**Próbavásárló**”: finom felbontású, hosszú ideig futó, paraméterezhető intenzitású mikrobenchmarkok
- QoS-érzékenységvizsgálat: statisztikai eszközök
- Hibatűrési **minták** tervezhetővé/paraméterezhetővé válnak



# Főbb eredmények

A megrendelő eszközebe integrált automatikus mérő- és kiértékelő környezet kifejlesztése



## Megtanultuk:

- Cloud-specifikus benchmarkok

## Oktatás:

- IRF (BSc)
- Rendszermodellezés (BSc)
- Autonóm és hibatűrő (MSc)

## Információs rendszerek QoS becslése

- A létező benchmarkok eredményeinek részletes analízise kell
- Minél több, lehetőleg alkalmazás specifikus tulajdonság kimérése szükséges (pl: késleltetések terhelésfüggősége)

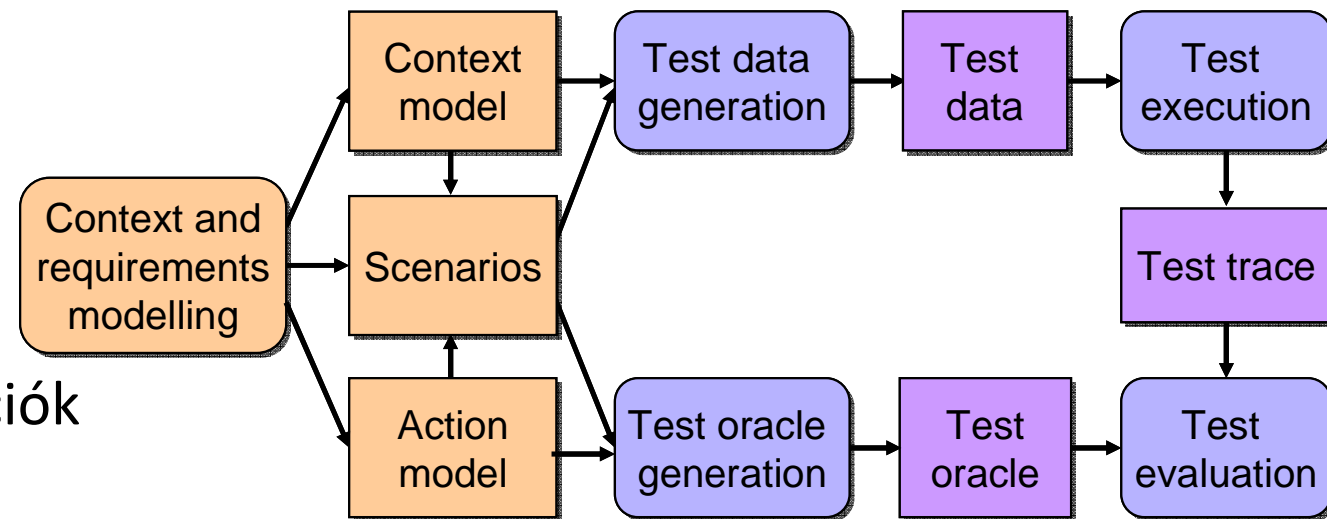
# R3-COP: Robusztusság tesztelés részfeladat

**Megoldandó probléma:** Környezetfüggő, adaptív, autonóm robotok biztonságos és robusztus működésének tesztelése.

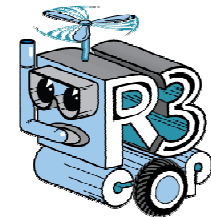
- Milyen környezetben sért a viselkedés biztonsági elvárásokat?

## Kihívások:

- Elvárások precíz rögzítése (szcenáriók)
- Teszt konfigurációk (környezetek) szisztematikus generálása
- Teszt kiértékelés automatizálása

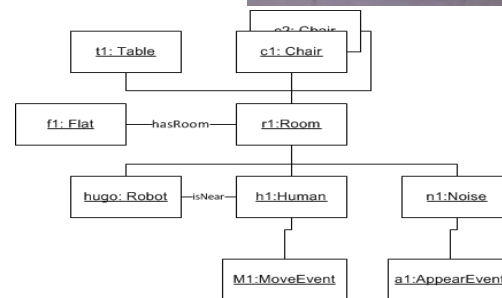
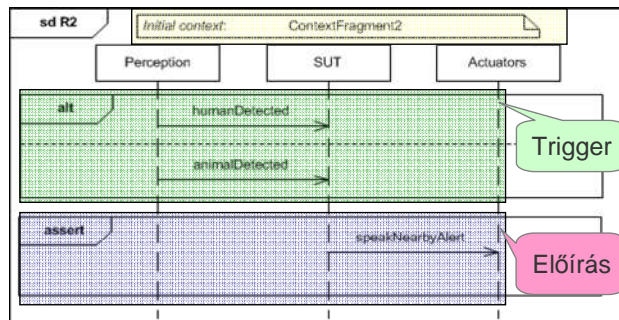


Modell=specifikáció → teszt



# R3-COP: Robusztusság tesztelés eredmények

- Leíró nyelv teszt követelmények megadására
- Algoritmusok kidolgozása és megvalósítása
  - Teszt konfiguráció generálás, teszt lefutás kiértékelés
  - Mutációs tesztek a kommunikáció robusztusságának teszteléséhez



## Újdonságok:

- Környezet ontológiák használata
- Keresés alapú algoritmusok (SBSE)

## Demonstrátorok:

- Önjáró villástargonca (E80)
- Háztartási robot (Fraunhofer)

## Oktatás:

- Szoftverellenőrzési technikák (MSc)
- Szoftver verifikáció és validáció (PhD)



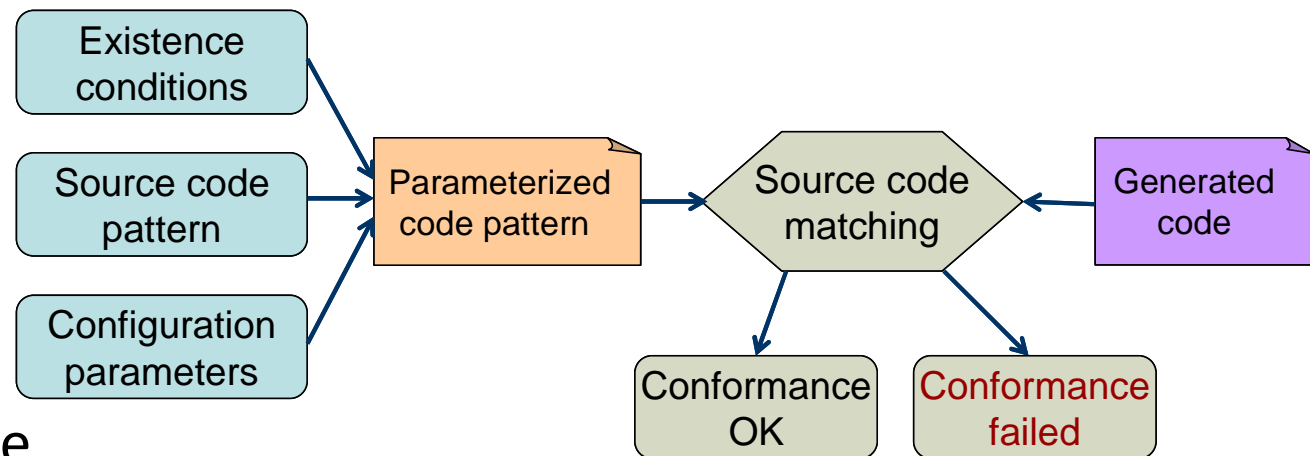
# Forráskód ellenőrzés

**Megoldandó probléma:** Verifikációs eszköz tervezése konfigurációs paraméterek alapján, automatikusan generált szoftver forráskód helyességének ellenőrzésére

- Biztonságkritikus környezet: Helyes-e a generált kód?

## Kihívások:

- Autóipari szoftver környezet
- Forráskód feldolgozás
- Kódminták keresése



## Eredmények:

- Rendszerterv

# Fejlesztési folyamatok értékelése

**Megoldandó probléma:** SIL-4 vasúti jelátviteli alkalmazás fejlesztési lépéseinek és ezek eredményeinek ellenőrzése a vasúti szoftverekre vonatkozó szabvány (EN50128) alapján

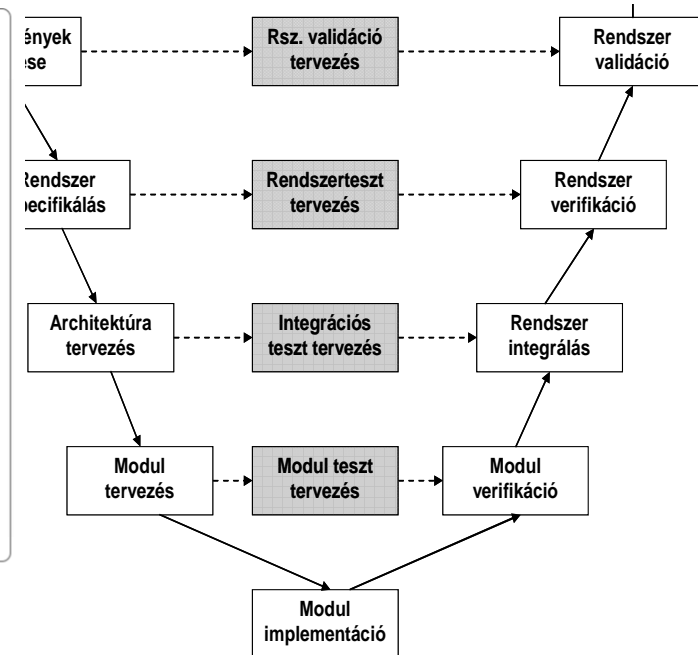
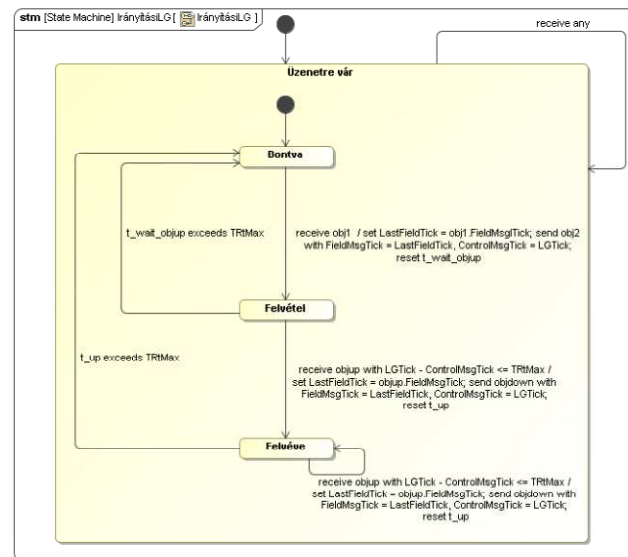
- Megfelelnek-e az eredmények a szabvány előírásainak?

## Kihívások:

- Szisztematikus felülvizsgálat
- Modellezés és formális verifikáció

## Oktatás:

- Kritikus beágyazott rendszerek (MSc)
- Formális módszerek (MSc)



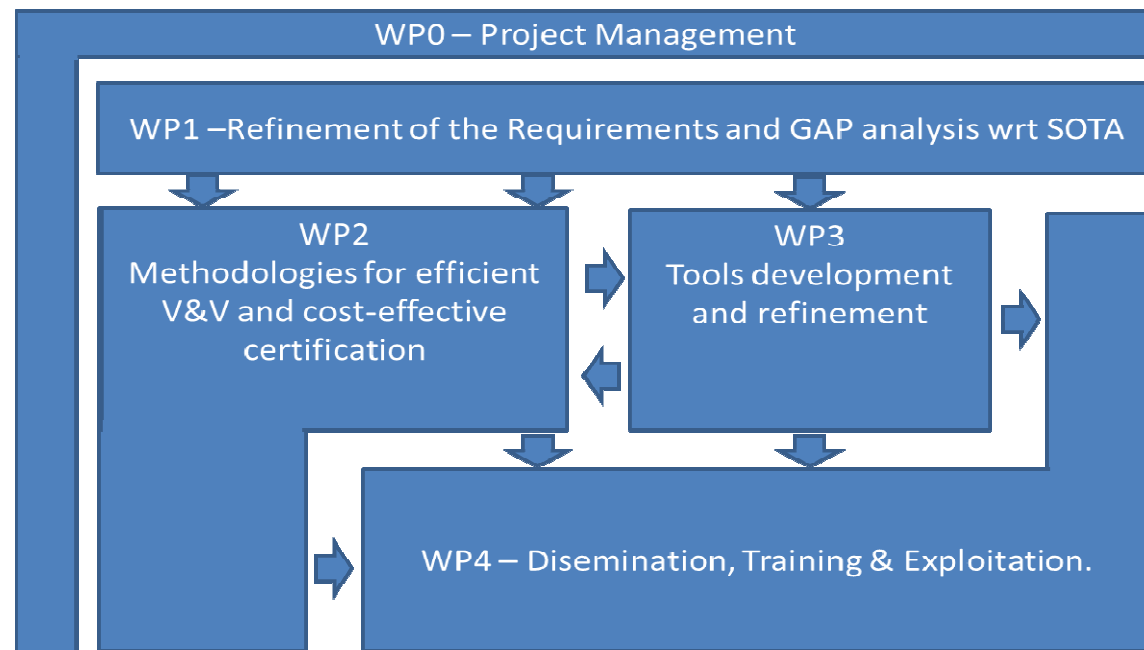
Folyamat → modell → minőségbiztosítás

# CECRIS: Kritikus rendszerek tanúsítása

**Megoldandó probléma:** Módszerek és eszközök kidolgozása kritikus rendszerek verifikációjához és validációjához. Tudástranszfer ipari és akadémiai partnerek között.

## Kihívások:

- Komponensek újrafelhasználása
- Modell alapú tervezés és implementáció
- Költséghatékony automatikus eszközök
- Funkcionális és adatbiztonság együttese



## Oktatás:

- Szolgáltatásbiztos rendszertervezés

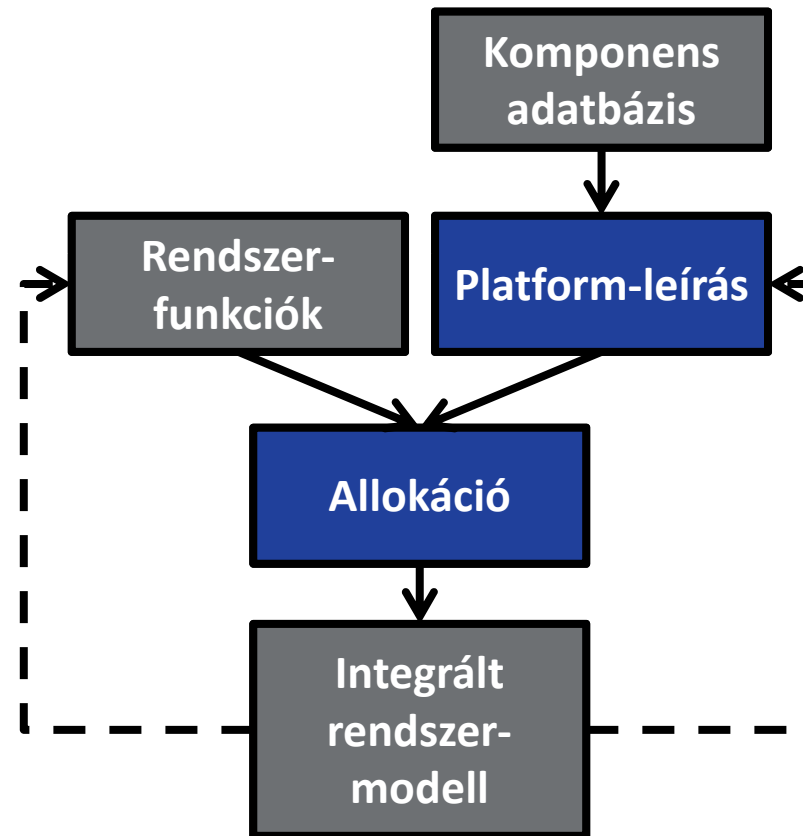
# TRANS-IMA (Embraer)

**Megoldandó probléma:** szoftverkomponensek allokációja egyedileg tervezett (ARINC 653 szabvány kompatibilis) integrált moduláris repülőgép-platformra

**Embraer:** a világ 3. legnagyobb polgári repülőgépgyártója

## Kihívások:

- Létező komponens adatbázisok támogatása
- Kommunikációs architektúra generálása
- Nyomonkövethetőség
- MATLAB Simulink – Eclipse integráció

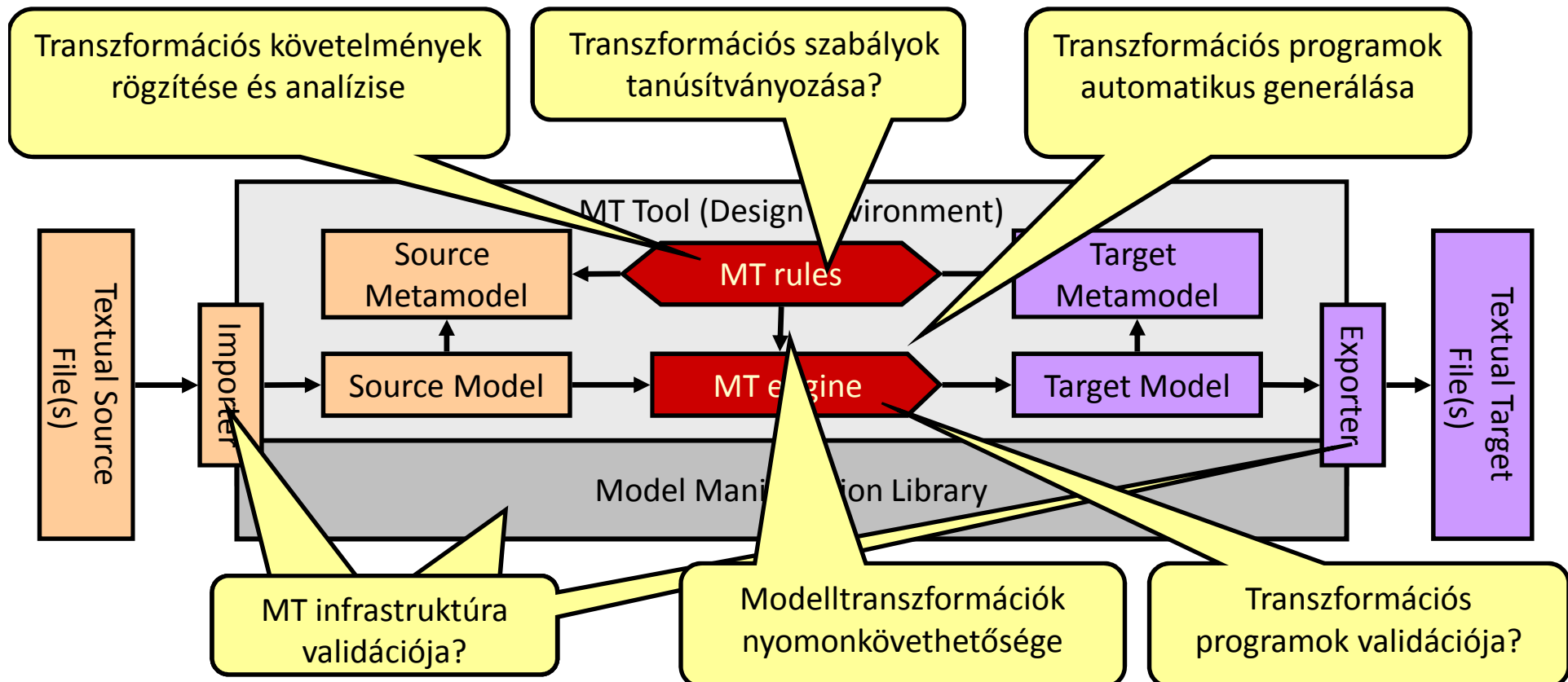


# CERTIMOT

## Megoldandó probléma:

olyan modelltranszformációk szisztematikus tervezése és analízise, amely összehangolható a kritikus beágyazott rendszerek tanúsítványozási folyamatainak követelményeivel

Modell → bizonyított helyesség



# Nyílt forráskódú Eclipse projektek (EMF-IncQuery)

**Megoldandó probléma:** jólformáltsági kényszerek inkrementális validációja ipari méretű modellek felett Eclipse (EMF) környezetben

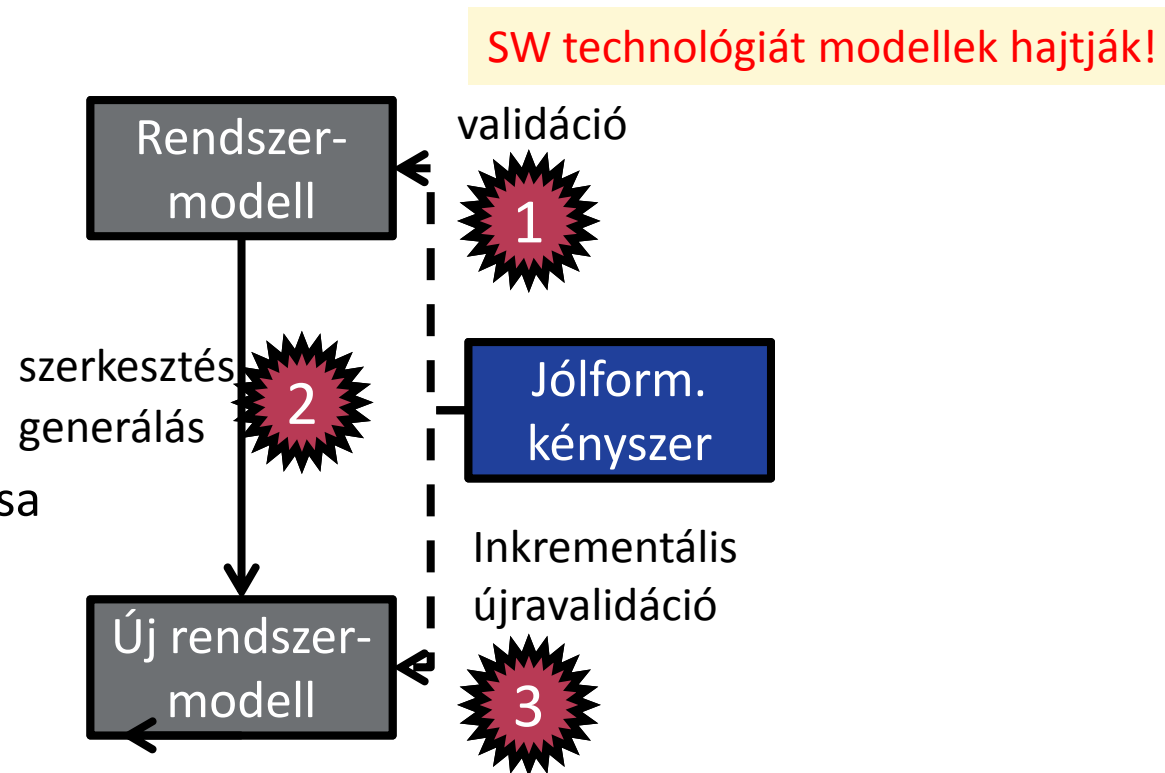
**Eclipse:** a beágyazott rendszerek modellezésére és tervezésére legelterjedtebben használt ipari szoftver keretrendszer

## Kihívások:

- AUTOSAR, ARINC 653: >500 kényszer
- Modellek mérete: > 1 millió elem
- Válaszidő: < 1 sec
- Újrafelhasználható kényszerdefiníciók?
- Eszközök összehasonlítása

## Eredmények:

- RETE algoritmus adaptációja
- Válaszidő: < 100 msec
- Modellméret: > 4 millió



# Felhasználás – Dokumentáció

- A modell egyszerűbb
  - könnyebben elmondható, mint a teljes valóság
  - fokozatosan finomítható (ld. később)
- Kommunikáció, szemléltetés
  - demonstráció (ld. később)
  - érthető szöveges nyelv
  - szemléletes diagram
- Gondolkodás, tervezés támogatása
  - hasonlóak a szempontok
  - „kommunikáció magunkkal”

# Felhasználás - Analízis

- Emberi erővel vagy (részben) automatizáltan
- Módszer
  - Felületes, statikus elemzés
  - Dinamikus állapotter bejárással – modellellenőrzés
  - Formális állítások bizonyításával
- Cél
  - Ellenőrzés, hibák keresése (best effort)
  - Szolgáltatásbiztonsági kritériumok igazolása (erősebb!)
  - Jellemzők számítása, tervezése (pl. ütemezés)



# Felhasználás - Származtatás

- Emberi erővel vagy (részben) automatizáltan
- Eredmény
  - programkód, analízálható nyelv, stb. generálása
  - másik modell
    - finomítás, következő tervezési fázis
    - részaspektus
    - modellek integrációja
- Lehet tulajdonságmegőrző

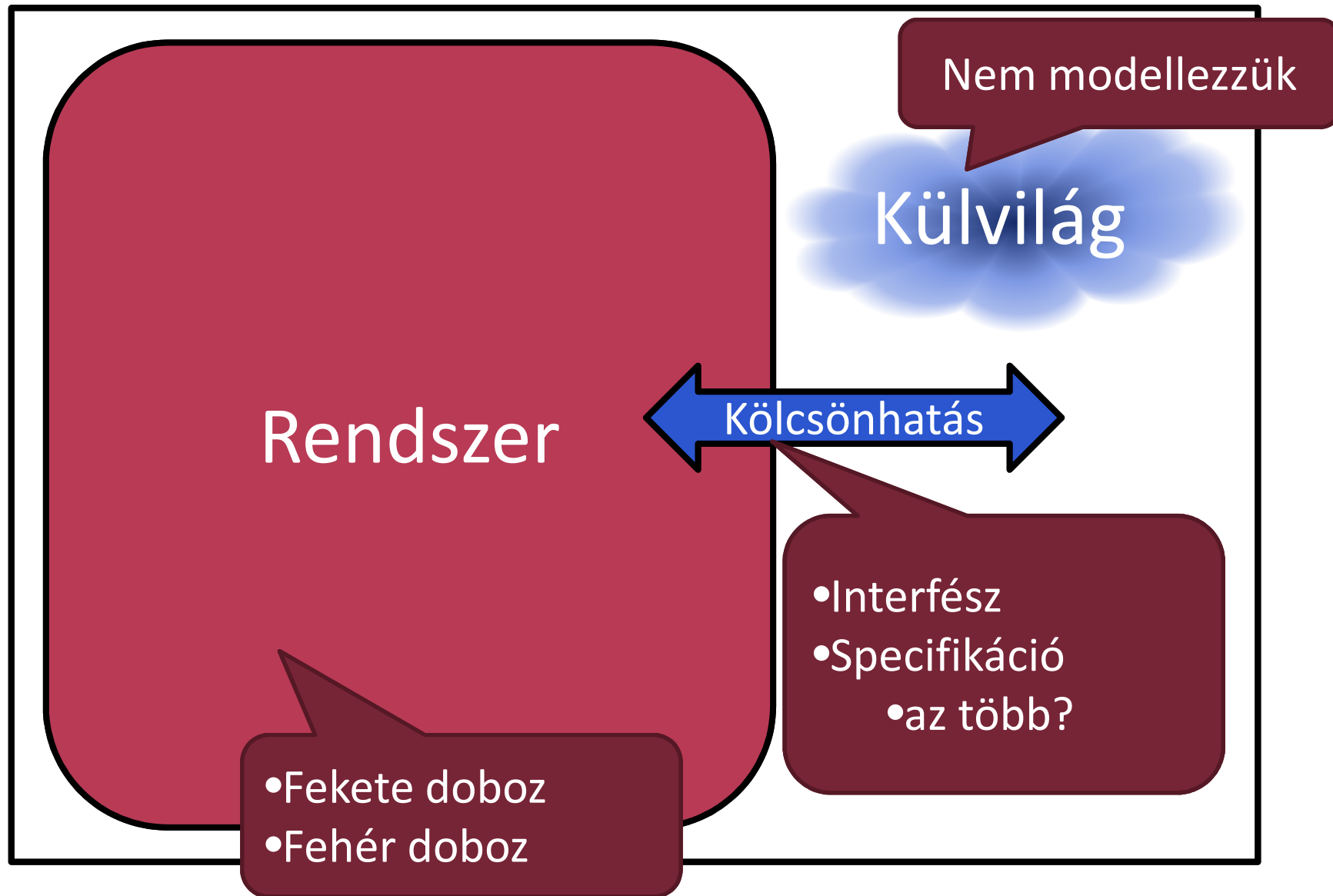
# Felhasználás - Szimuláció

- Validáció
  - „Jól építettem fel?”
- Demonstráció
  - A kommunikáció eszközeként
- Kísérlet
  - Tulajdonságok elemzésére
  - Mérések
  - A valóságban költségesen kipróbálható
  - Elméleti úton előre meg nem határozható

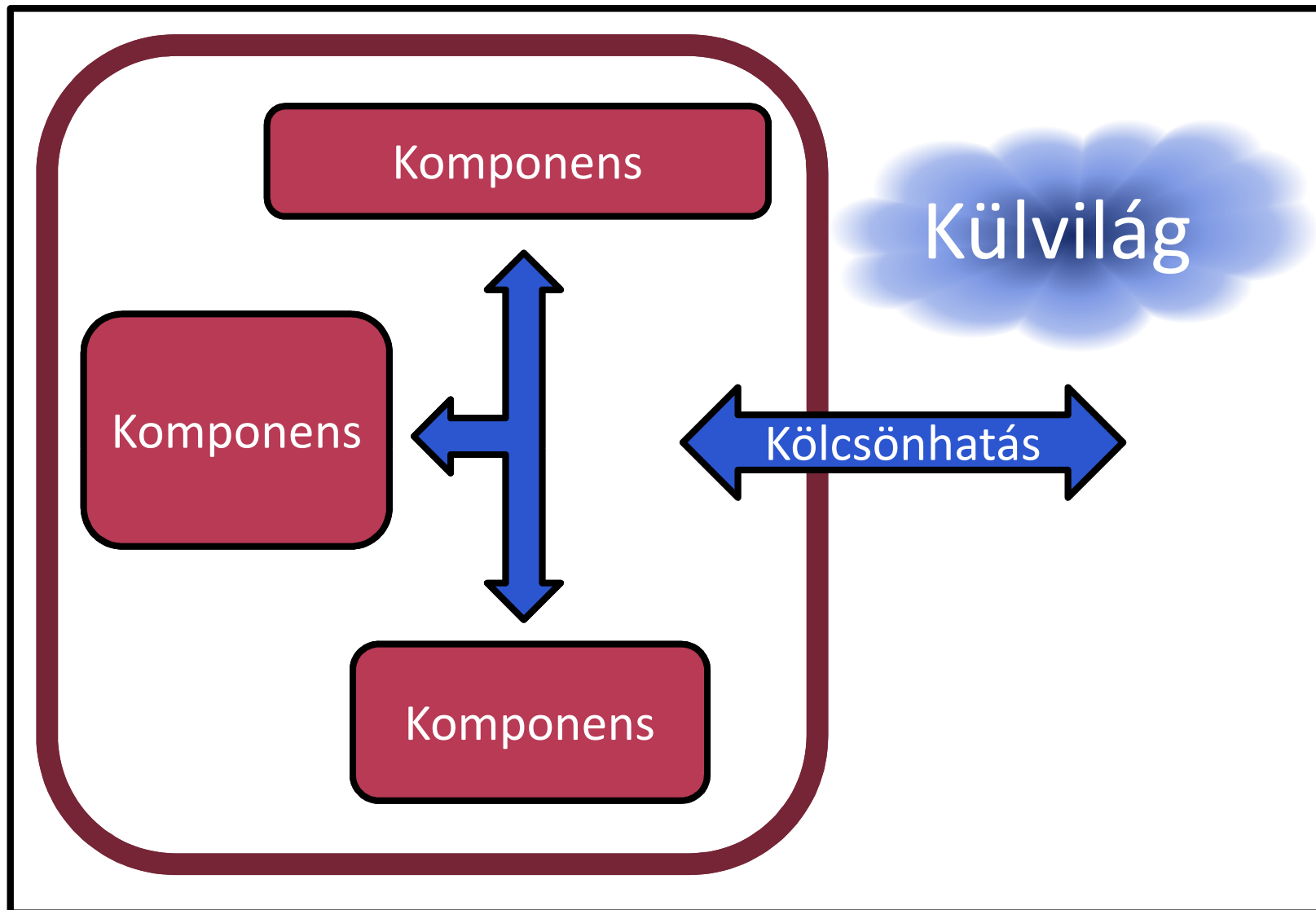
# Modellezési alapfogalmak

- Rendszer és külvilág, komponensek
- Finomítás, absztrakció
- Metamodellezés

# Alapfogalmak – rendszer és külvilág



# Alapfogalmak – rendszer és külvilág

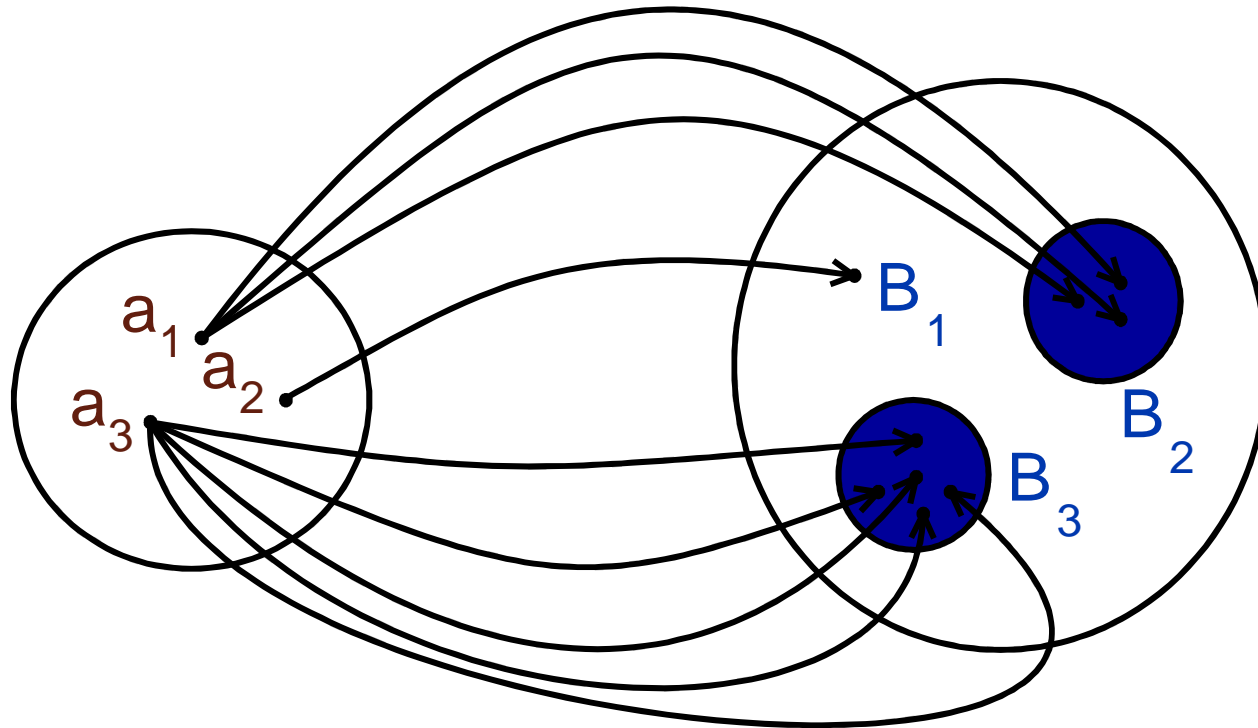


# Alapfogalmak - Finomítás

- *Finomítás*: a modell gazdagítása részletekkel...
- ...hogyan az eredeti modell absztrakció maradjon
- Inverze: *(vertikális) absztrakció*
- Az előbbi dián egy *hierarchikus finomítás* volt
  - „dobozok kibontása”
- Finomítható más is...
  - Pl. Halmazfinomítás: változók értékkészlete
    - **Jó** / **rossz** helyett
    - **Gyors** / **átlagos** / **lassú** / **hiányos** / **veszélyes**

# Halmazfinomítás

Diszjunkt részhalmazok hozzárendelése elemekhez



$\forall a_i, \in A, R(a_i) \subset B$  úgy, hogy  $R(a_i) \cap R(a_j) = \emptyset \quad \forall i, j$

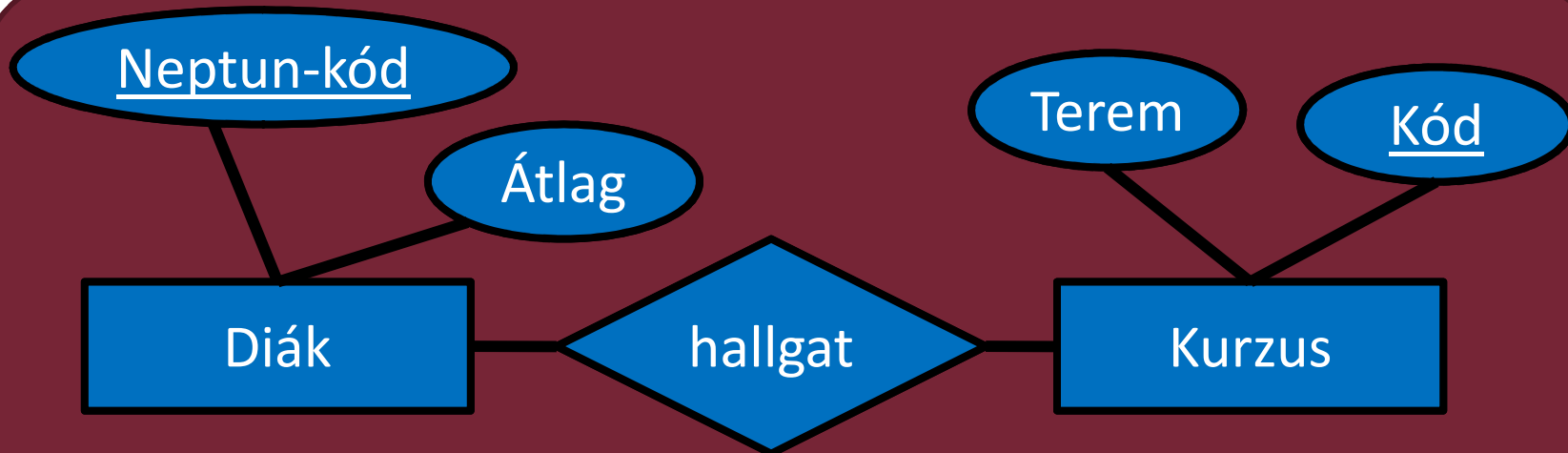
# Alapfogalmak - Metamodellezés

- Modellezési nyelv: milyen típusú elemei vannak?
  - ...és milyen kapcsolatban állhatnak ezek az elemek?
  - ...és ezeknek a típusoknak mik a viszonya egymáshoz?
- **Metamodell** = egy modellezési nyelv modellje
- Illusztrációk, amelyeket mindenki ismer
  - Egyed-kapcsolat (ER) modell
  - UML objektum diagram → osztálydiagram
  - Adatbázis tábla → relációs adatbázisséma
  - XML dokumentum → XML séma (vagy DTD)
  - ...



# Alapfogalmak - Metamodellezés

■ M



■ M

■ Illusztrációk: *...eket mindenki ismer*

- Egyed-kapcsolat (ER) modell
- UML objektum diagram → osztálydiagram
- Adatbázis tábla → relációs adatbázisséma
- XML dokumentum → XML séma (vagy DTD)
- ...

# Osztályozási szempontok

- Felépítési vs. viselkedési modellek
- Matematikai-formális vs. informális
- Folytonos vs. diszkrét változók és idő szerint
- Végrehajtható vs. deklaratív
- ...

# Osztályozás: felépítési vs. viselkedési

- Felépítési (*structural*)
  - Statikus
  - Rész és egész, összetevők
  - Kapcsolatok, összeköttetések
- Viselkedési (*behavioral*)
  - Dinamikus
  - Időbeli lefolyás
  - Állapot, folyamat
  - Reakciók a külvilágra
- Nem fed le mindent, nem válik élesen szét...

# Osztályozás: formális vs. informális

- Mennyi matematikai állítást tartalmaz?
  - Mennyire tereli mederbe a modellezett rendszert?
- Folytonos skála, nem válik élesen szét
  - Differenciálegyenletekkel leírt közegáramlás
  - Állapotgép
  - Szekvencia diagram
- Nem biztos, hogy mindig a szigorúbb a jó
  - Néha nehéz beletenni azokat a matematikai állításokat
  - Szemléletesség...

# Osztályozás: formális vs. informális

- Mechanika

$$\rho \left( \frac{\partial \mathbf{v}}{\partial t} + \mathbf{v} \cdot \nabla \mathbf{v} \right) = -\nabla p + \nabla \cdot (\mu \cdot (\nabla \mathbf{v} + (\nabla \mathbf{v})^T)) + \nabla(\lambda \nabla \cdot \mathbf{v}) + \rho \mathbf{g}$$

szert?

- Folytonos mechanika

- Differenciálegyenletek

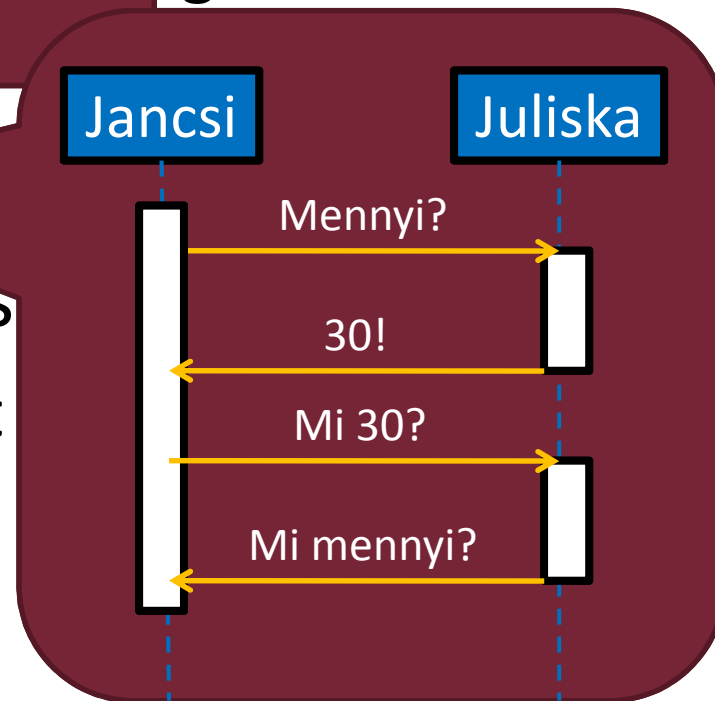
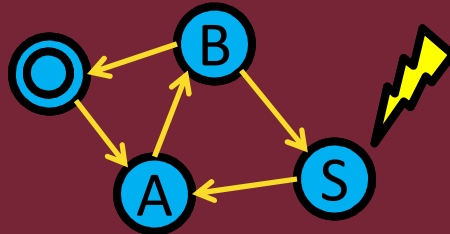
- Állapotgép

- Szekvencia diagram

- Nem biztos, hogy mindig a szemléletesség...

- Néha nehéz beletenni azokat

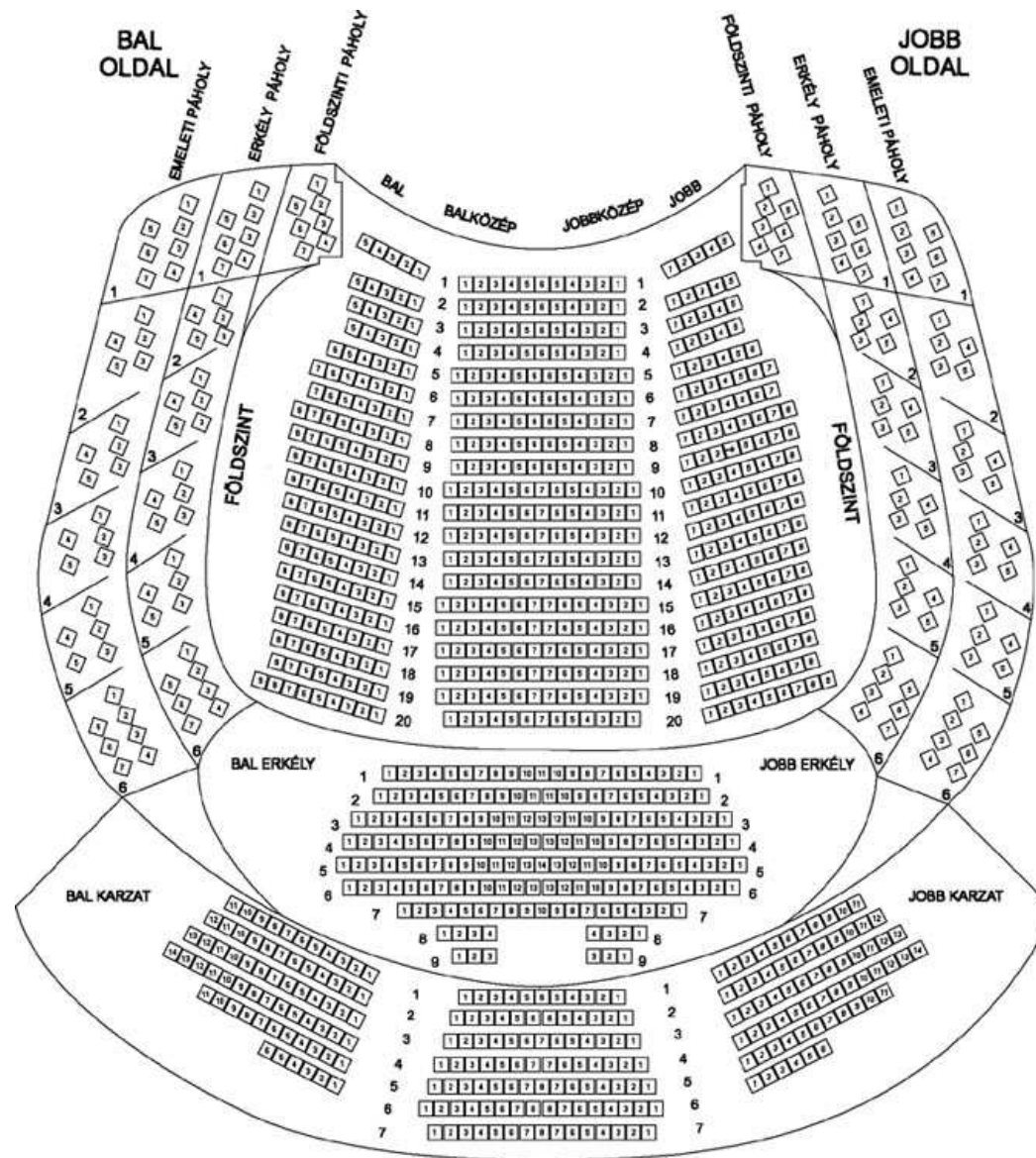
- Szemléletesség...



# Osztályozás: két további szempont

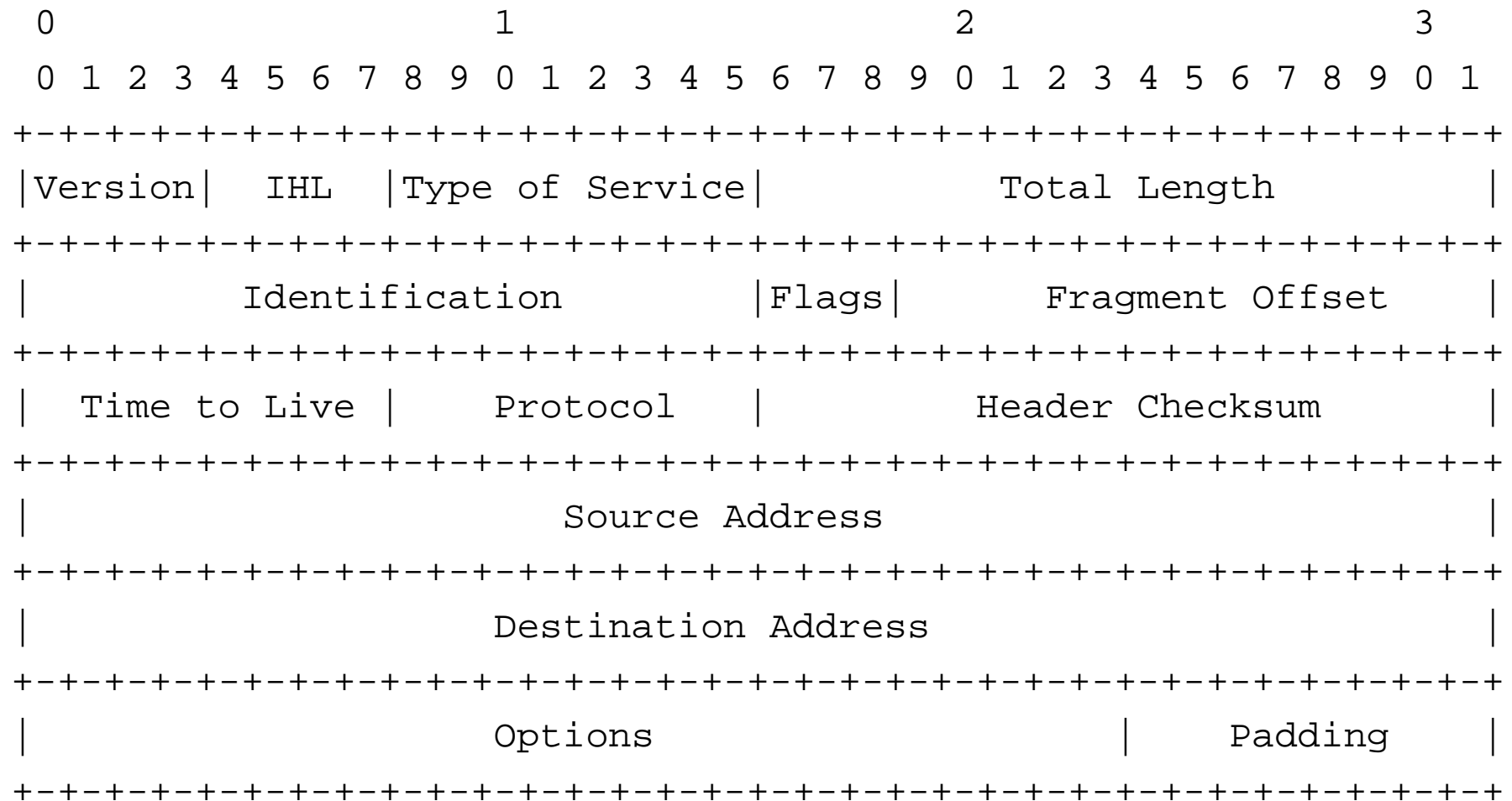
- Folytonos vs. diszkrét
  - Időben
  - Értékben
- Viselkedési modell végrehajtható?
  - Teljes eseménysor determinisztikusan rekonstruálható
  - Eseménysor sztochasztikusan definiált
  - Nemdeterminisztikusan végrehajtható
  - Részben korlátozza a lehetséges eseményteret
    - Pl. csak ellenőrizhető kritériumok
  - Nem is viselkedési modell

# Illusztráció – Felépítési modellek



# Illusztráció – Felépítési modellek

## Keretszerkezet





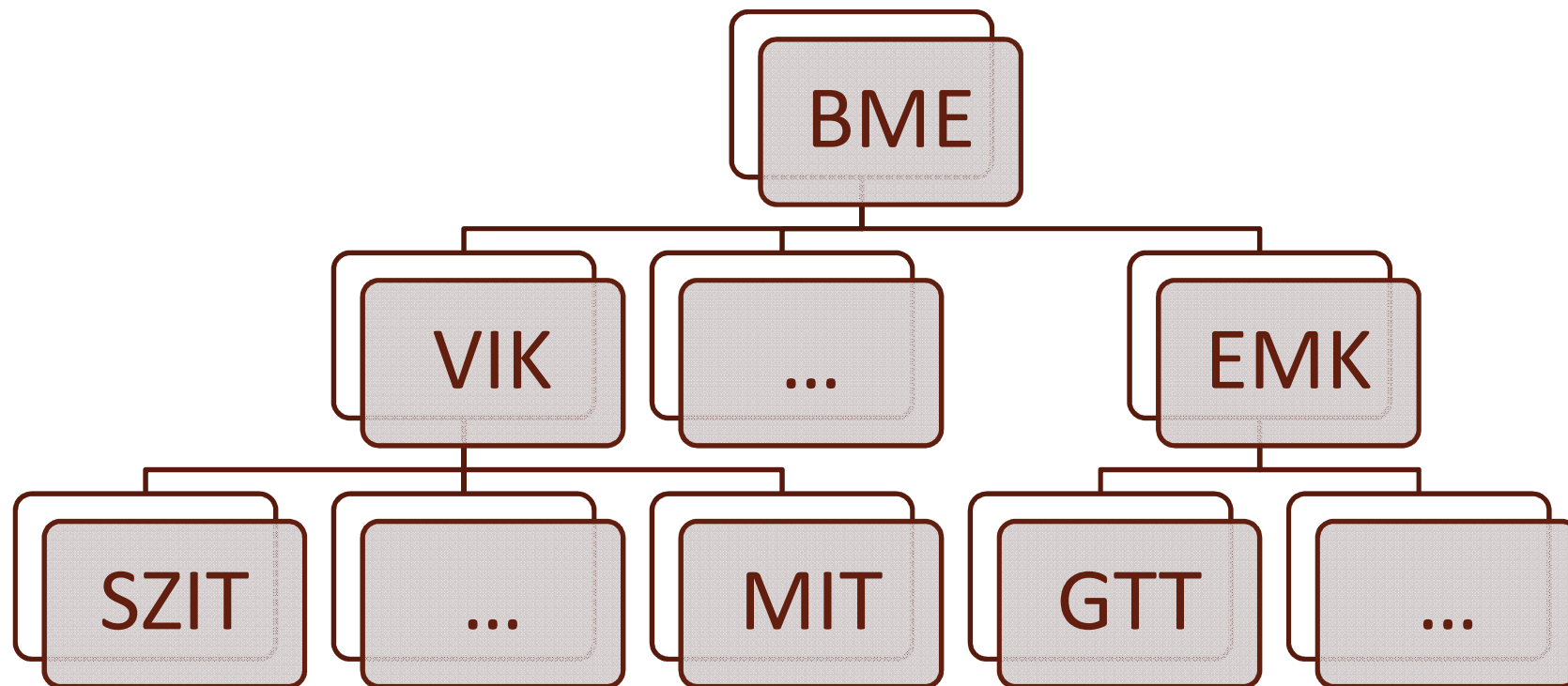
# Illusztráció – Felépítési modellek

## Tartalmazási hierarchia

- /
  - bin/
  - home/
  - lib/
  - usr/
    - share/
    - lib/
  - var/
    - log/
    - tmp/

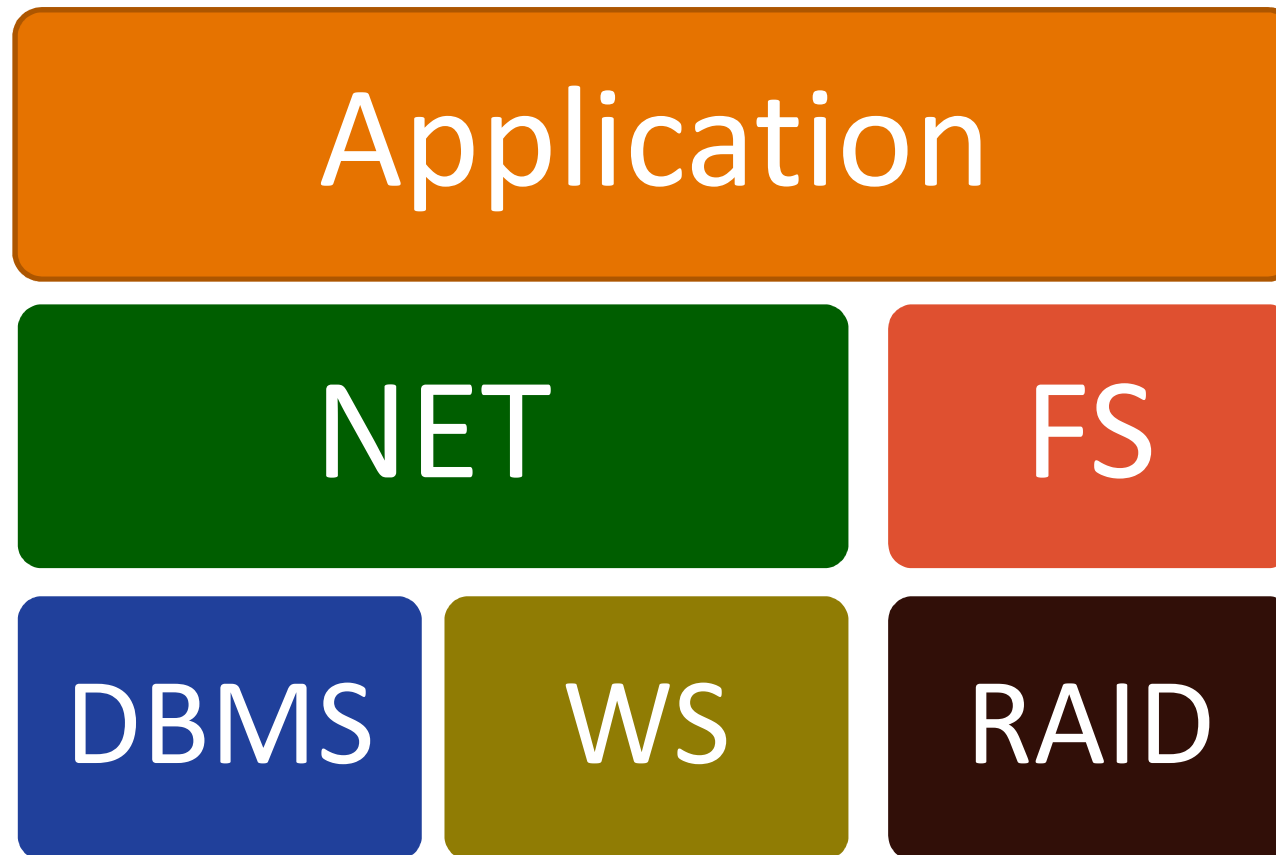
# Illusztráció – Felépítési modellek

Szervezeti felépítés (ld. tartalmazási hierarchia)



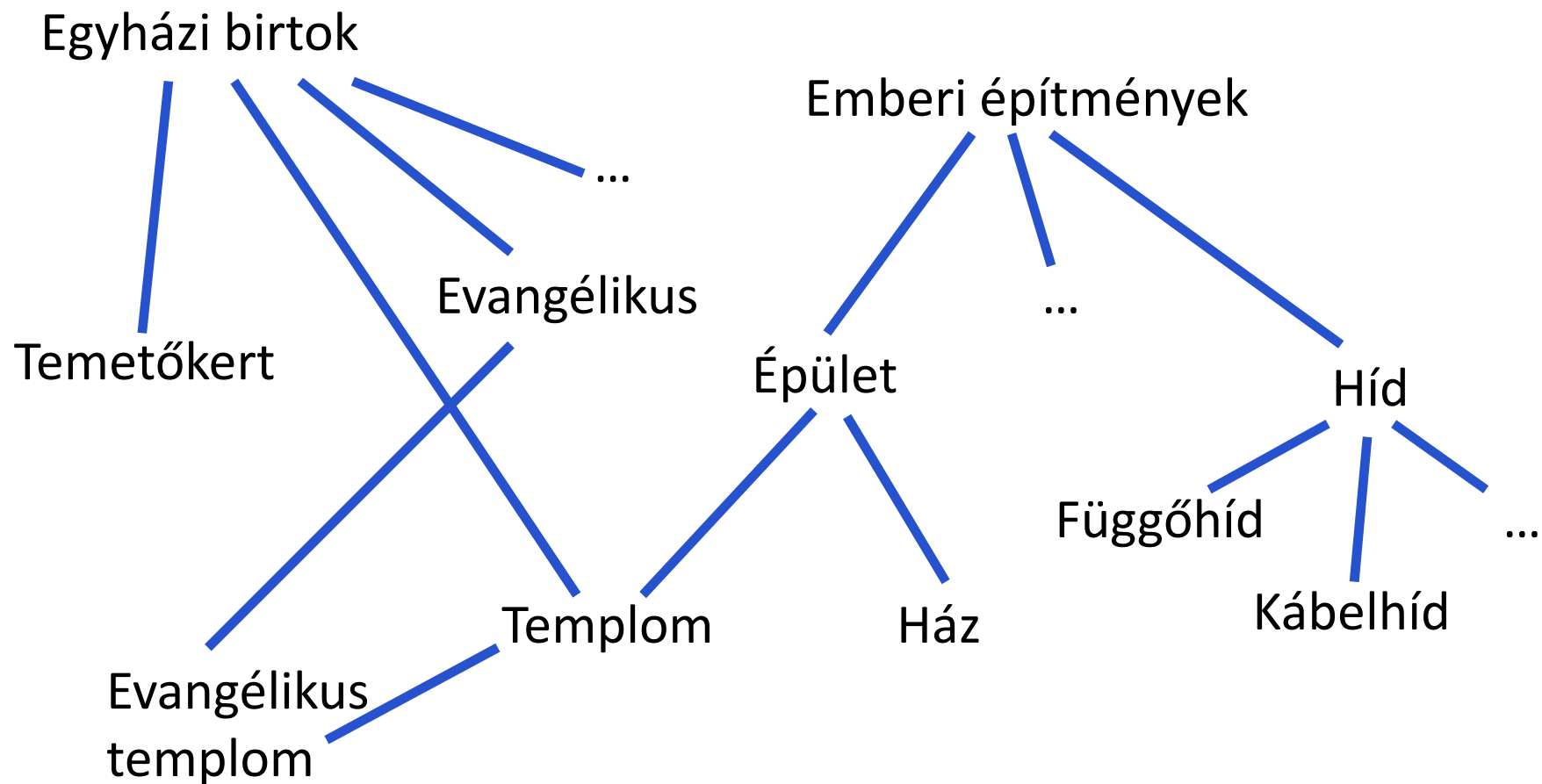
# Illusztráció – Felépítési modellek

Architektúra modell (blokkdiagram)



# Illusztráció – Felépítési modellek

Taxonómia jellegű



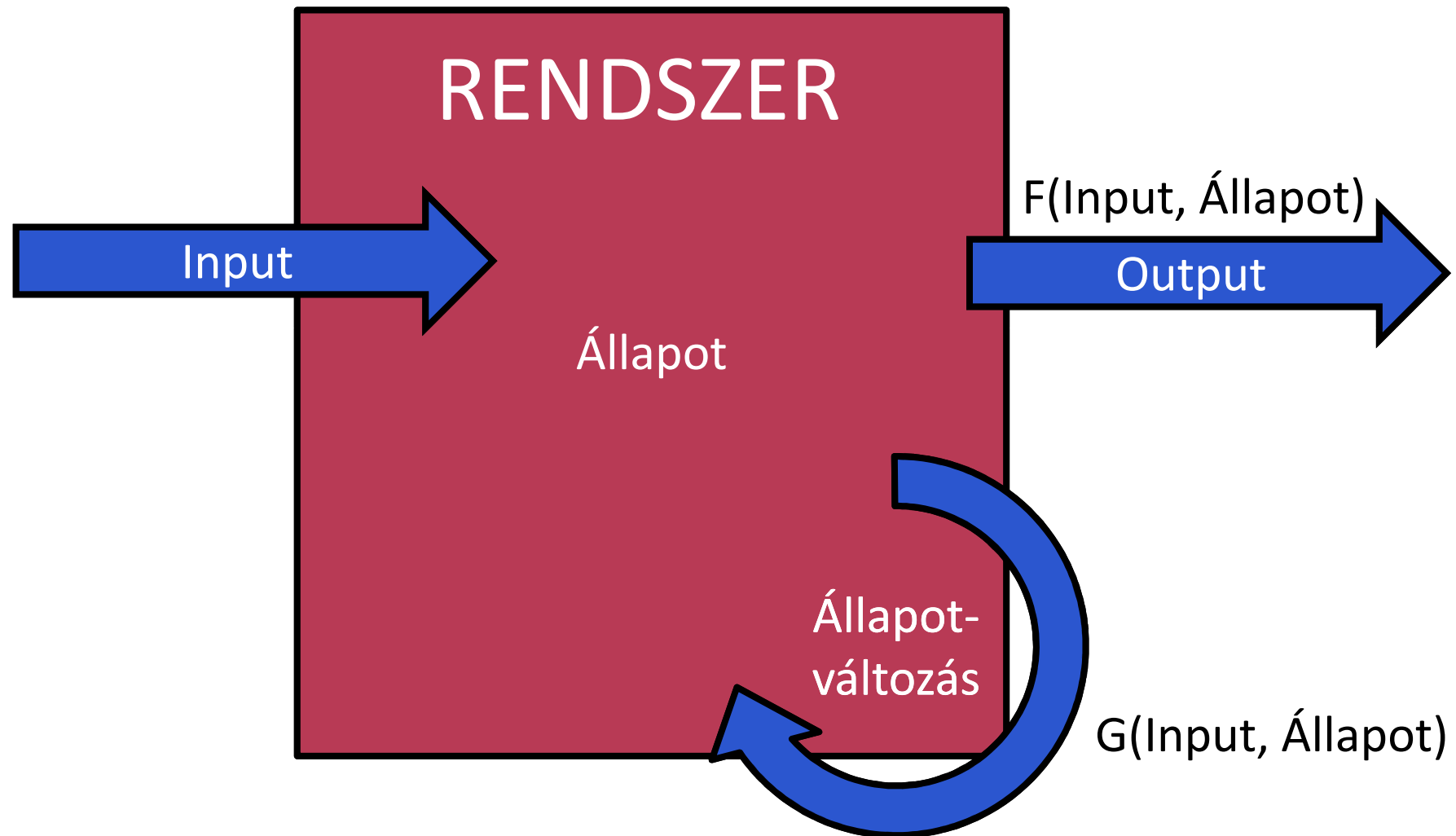
# Illusztráció – Felépítési modellek

## ■ Ontológia

- Fogalmak és kapcsolatok taxonómiája
- Fogalmi- és viszonyállítások összekapcsolódnak
  - „Férfiak és nők között definiált a házasság”
  - „Anya: az a nő, akinek van legalább egy gyermeke”
  - „A halott férfi élő házastársa: özvegyasszony”
  - ...ez persze a konkrét formalizmustól függ
- Példák
  - WordNet
  - Dublin Core
  - Orvosi, gyógyszeripari, bioinformatikai ontológiák

# Illusztráció – Viselkedési modellek

## Klasszikus rendszerelméleti automata-modell



# Illusztráció – Viselkedési formalizmusok

- Állapottérkép
  - Automaták szinkron és aszinkron kompozíciója
  - Címkezett állapotok, átmenetek
- Vezérlési folyam
  - Kiterjesztés : konkurencia
  - Kiterjesztés: erőforrásmodell
- Adatfolyamháló (Dataflow Network, DFN)
  - Nagyon általános formalizmus
  - Megvalósítható vele az előző kettő

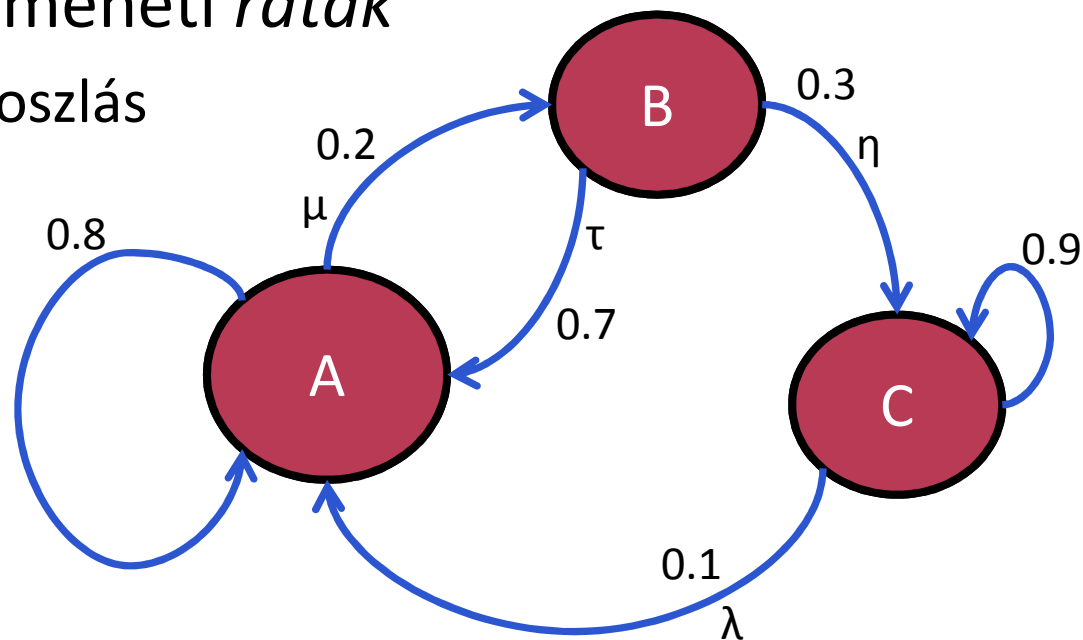
# Illusztráció – Viselkedési formalizmusok

- Petri-háló
  - Erőforráskorlátok
  - Kompozíció, szinkronizáció, konkurencia, deadlock...
  - Potenciálisan végtelen állapottér
  - Erős matematikai háttér
  - Kiterjesztés: színes PN, hasonlít a DFN-re
- És még...
  - Processz-algebrák
  - Gráfnyelvtanok
  - ...



# Illusztráció – Viselkedési formalizmusok

- Sztochasztikus (Markov-) modellek
  - Sok viselkedési modell kiegészíthető valószínűségekkel
  - Matematikai háttér, származtatható jellemzők
  - Diszkrét idő: átmeneti valószínűségek
  - Folytonos idő: átmeneti *ráták*
    - Exponenciális eloszlás



# Modellezés a tárgyban

## Rendszermodellezés

- Építés
- Szimuláció
- Mérés

HF

## (Üzleti-) Folyamatmodell

- Vezérlés
- Erőforrások
- Teljesítmény

Informatikai  
szolgáltatás  
modellezése  
üzleti  
folyamatként