



# Kommunikációs rendszerek teljesítőképeség vizsgálata

(1. előadás)

Dr. Lencse Gábor  
**`lencse@sze.hu`**

<https://www.tilb.sze.hu/cgi-bin/tilb.cgi?0=m&1=targyak&2=krtv>

# Miről lesz szó? - I.

## 1. előadás: Bevezetés

- Kommunikációs rendszerek
- Teljesítőkéesség vizsgálati módszerek
- Modellezés, szimuláció a távközlésben
- Eredmények megjelenítése

## 2. előadás: Új tudományos eredmények

- Párhuzamos szimuláció (PDES)
- Forgalom-folyam analízis (TFA)
- Kombinált módszerek, gyorsítási lehetőségek

# Miről lesz szó? - II.

## 3. előadás: Egy nyílt forrású rendszer: OMNeT++

- A rendszer architektúrája
- A modell építés menete
- Egy működő modell bemutatása

## 4. előadás: Egy szakértői rendszer: ImiNet/ImiFlow

- Felépítés, komponensek, működési alapelvek
- Infokommunikációs rendszerek és kapcsolódó folyamatok modellezése
- Alkalmazási példák, esettanulmányok

# Tárgykövetelmények

- A tárgy félév végi vizsgával zárul
  - A vizsga 3 részből áll:
    - Első rész: kis kérdések, 60%-tól elégséges
    - Második rész: feladatok a jobb jegyért
    - Szóbeli: ha az első rész  $\geq 60\%$ , +/- egy jegyért
- A vizsga kiváltható feladatmegoldással
  - OMNeT++ vagy ImiNet/ImiFlow témában
  - Kérheti, aki az előadások legalább 75%-át látogatta
  - Csak 4-es vagy 5-ös szintű megoldás esetén
  - Csak annak érdemes, akit tényleg érdekel!

# Kommunikációs rendszerek

- PSTN (analóg, digitális), ISDN
- GSM, GPRS, USA-ban CDMA alapú mobil
- Digitális trónkölt rádiós rendszerek, pl. TETRA
- Számítógép-hálózatok / TCP/IP Internet
  - LAN (Ethernet)
  - [MAN (FDDI, DQDB),] hozzáférési (ADSL, DOCSIS)
  - WAN (X.25, frame-relay, ATM)
  - wireless (IEEE 802.11, 11a/b/g, 802.15)
  - [PAN (pl. bluetooth)]
- Digitális műsorszórás (pl. DVB-S/C/T)

# Felmerülő kérdések

- Gyakran nem műszaki, nem egyértelmű, nem jól megfogalmazott, ... stb. Például:
  - Mire képes a rendszer?
  - Milyen a kihasználtsága (tartaléka)?
  - El fogja-e bírni a forgalmat, ha...?
  - Milyen késleltetések, késleltetésingadozások lesznek, ha... ?
  - Mekkora és milyen forgalmat engedhetnek még a rendszerre, hogy adott minőségi paramétereket tartani tudjak?

# Felmerülő kérdések (folytatás)

- Hol vannak a szűk keresztmetszetek?
- Mit és hogyan kellene bővíteni?
- Adott bővítés után hogyan alakulnak a jellemzők?
- ...

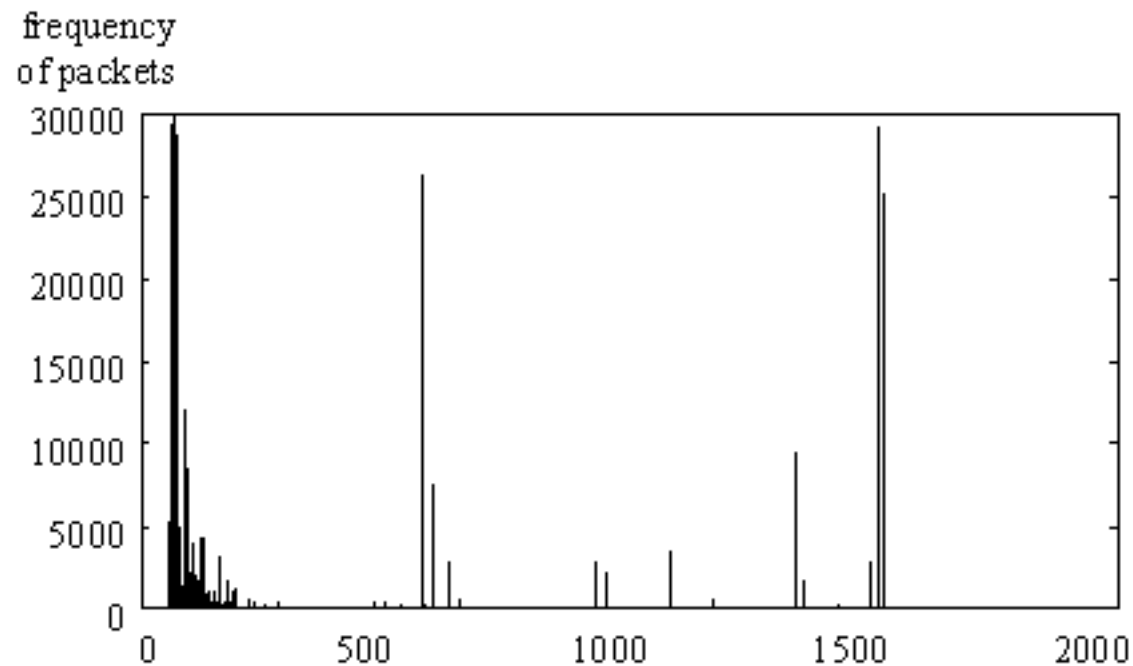
# A teljesítőképeség vizsgálat módszerei

- Mérés a valóságos rendszeren
- Analitikus módszer  
(A rendszer matematikai jellegű vizsgálata.)
- Szimuláció  
(A rendszer számítógépes modelljén való kísérletezés.)

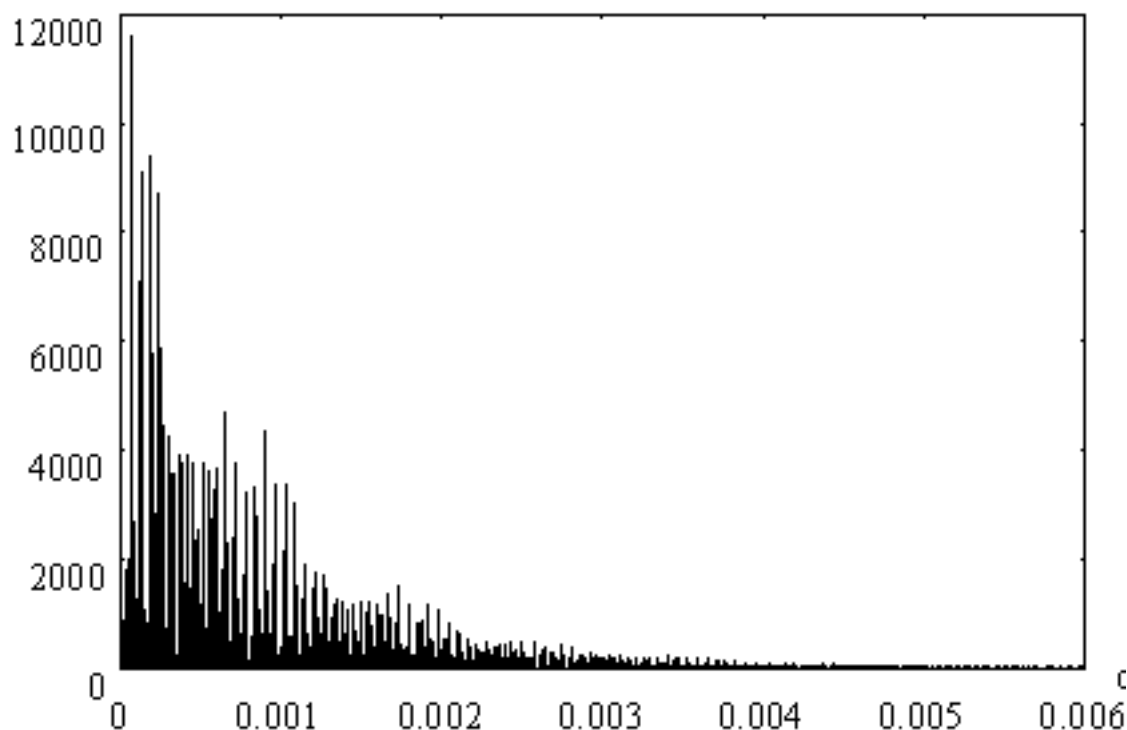


# Mérés a valóságos rendszeren - I.

- Nagyon fontos, a másik két módszerhez is kell
- Ez lehet a legpontosabb, leghitelesebb
- Példák:



# Mérés a valóságos rendszeren - II.



BME FDDI gerinchálózatán mért forgalom érkezési időköz statisztikája  
milyen gyakran fordul elő, hogy adott idő (másodpercben mérve) telik el  
két egymást követő csomag beérkezése között

# Mérés a valóságos rendszeren - III.

- A rendszernek léteznie kell
  - Megépíteni költséges, időigényes!
  - Nem biztos, hogy léteznek már az építőelemek...
- A mérés beavatkozás a rendszer működésébe
  - A rendszer szempontjából megengedett-e?  
bizalmi, jogi, (adat-/élet-) biztonsági akadályok
- A végrehajtás problémái és költsége
  - Műszerek, szakemberek...
  - Eredmények begyűjtése, kiértékelése

# Analitikus módszer

- Egyszerű esetekre vannak jó modellek
  - Sorbanállás/tömegkiszolgálás jól kidolgozott elmélet (pl. Markov-láncok)  
(Lásd: Dr. Jávor András 1. éves tárgya!)
  - Pl. Poisson folyamat írja le az igények érkezését, exponenciális eloszlású a kiszolgálási idő...
- Az egyszerű esetek modelljei nem jellemzik kellően jól a valóságos rendszereinket
- Bonyolultabb modelleknél a kiszámíthatóság lehet probléma...

# Szimuláció: 1. - modellalkotás

- Megalkotjuk a vizsgált rendszer számítógépes modelljét (amin kísérletezni fogunk).
- A modell a vizsgált rendszer egyszerűsített, valamilyen (számítógépes) eszközkészlettel kezelhető változata.
- A modell a számunkra lényeges tulajdonságaiban jól jellemzi a rendszert.
  - Gyógyszerkipróbálás: egér az ember modellje
  - Kirakatban: élettelen bábu az ember modellje
- Modellt mindig valamilyen céllal alkotunk.

# Szimuláció: 2. - kísérletezés

- A vizsgálati célnak megfelelő kísérletek tervezése
- Kísérletek végrehajtása, „mérési” adatok gyűjtése
- Eredmények kiértékelése
  - Kiderülhet, amit tudni szeretnénk
  - Újabb kísérletekre lehet szükség
  - Lehet, hogy a modell szorul pontosításra

# A szimuláció előnyei

- Akkor is megvalósítható, ha a rendszert még csak tervezik, elemei még nem léteznek
- Lehetséges olyan kísérleteket is elvégezni, amire egy éles rendszeren nincs lehetőség
  - Pl. atomerőmű, távközlési hálózat
- Sokkal kisebb lehet a költsége mint egy külön rendszer létrehozásnak, de akár mint egy meglevő rendszeren való kísérletezésnek is!
- Jó modell esetén kellően pontos eredmények

# A szimuláció korlátai

- A modellalkotás időigényes, költséges
- Az eredmények mennyire jól jellemzik a valóságos rendszert? - validáció
- Részletes modellek esetén elfogadhatatlanul nagy lehet a futási idő



# Kommunikációs rendszerek szimulációjának lépései - I.

- A rendszer elemeinek modellezése
  - Megismerni az építőelemek működését
  - A vizsgálati cél szempontjából lényeges tulajdonságait modellezni
- A forgalom modellezése
  - A hálózatban mért forgalmi adatok alapján
  - Az alkalmazások modellezésével
- A rendszer felépítése az elemekből
  - A megrendelőtől meg kell szerezni a topológiát!

# Kommunikációs rendszerek szimulációjának lépései - II.

- Kísérletek tervezése – a vizsgálati céltól függ
  - Szűk keresztmetszetek megkeresése
  - Átalakítás
  - Új szolgáltatás bevezetése
  - Anomáliák okának megkeresése
  - ...
- Kísérletek végzése
  - Adatok gyűjtése
  - Folytatás amíg kellő pontosságú adataink lesznek...

# Kommunikációs rendszerek szimulációjának lépései - III.

- **Eredmények kiértékelése**
  - Nagy mennyiségű adat gépi feldolgozása
  - Szűrés a számunkra érdekes jelenségekre (pl. vonalkihasználtság > 90%)
  - Eredmények megjelenítése (táblázatosan, grafikonon, a hálózati topológián...)
- **Következtetések levonása**
  - Szükség esetén modell finomítás, újabb kísérletek
- **Eredmények, következtetések prezentálása a megrendelőnek**

# A szimuláció fajtái a modell ideje szerint

- Folytonos idejű  
a rendszer állapota időben folytonosan változik  
(pl. víz áramlása csőben)
- Diszkrét idejű  
(DES – Discrete Event Simulation)  
a rendszer állapotváltozása diszkrét  
időpillanatokban megy végbe, vagy így vesszük  
figyelembe. (pl. digitális áramkör, számítógép-  
hálózat, telefonhálózat)

# A diszkrét idejű szimuláció fajtái működési algoritmus szerint

- Idővezérelt: a modell ideje időegységenként nő (például GSM rendszer térerőfigyelése 2s-onként történik – így célszerű szimulálni)
- Eseményvezérelt: események bekövetkezése viszi előre a szimuláció működését

Ez az általánosabb!

# Az eseményvezérelt diszkrét idejű szimuláció működése

- FES: Future Event Set – a jövőbeli események halmaza
- A működés algoritmus:

Inicializálás, indító esemény(ek) berakása a FES-be;

**repeat**

legkisebb időbélyegű esemény kivétel a FES-ből;

MOST = a kivett esemény időbélyege;

esemény feldolgozása, közben új események felidőzítése ha szükséges;

**until** (MOST > határ) v (elfogytak az események) v  
(más miatt meg kell állni)

# Fogalmak (Event-diven DES)

- Virtuális idő (modell idő)
  - A modellben mért idő
- Végrehajtási idő / falóra idő (wall clock time)
  - A szimulációt végrehajtó számítógép valós idő órája által mért idő

Természetesen a kauzalitás miatt a virtuális idő a végrehajtási idő függvényében **monoton nem csökkenő**. Az azonos időbélyegek megengedettek, ekkor a végrehajtás a felidőzítés sorrendjében történik (hacsak ezt prioritás alapján felül nem bírálják).

# Definíciók (Pongor féle iskola) 1.

- A **modellezés** (modell alkotás) olyan emberi tevékenység, melynek során valamely valóságos (létező vagy elképzelt) rendszernek egy valamilyen eszközkészlettel kezelhető, általában egyszerűsített változatát hozzuk létre.
- A **szimuláció** számítógép által végrehajtható modellen végzett *kísérlet*.



# Definíciók (Pongor féle iskola) 2.

- **Emuláció:** amikor valamilyen hardvert vagy szoftver más hardver vagy szoftver *helyettesít*, amely fekete dobozként ugyanúgy működik, mint az eredeti, a belső működése azonban teljesen más lehet, mint az eredeti rendszernek.
- Tehát:
  - szimuláció: kísérlet  
(pl. repülőgép szimulátor: a pilóta gyakorolhat rajta, de nem repülünk vele)
  - emuláció: üzemszerű használat  
(pl. koprocesszor emuláció: lassabban, esetleg más algoritmussal, de ugyan azt számolja ki)

# Definíciók (Pongor féle iskola) 3.

- **Monte Carlo szimuláció:** az általános szimuláció alosete; véletlen események követése, időzítés figyelembe vétele nélkül, vagy nem pontos figyelembe vételével.
- **Trace-vezérelt szimuláció:** valós rendszerben észlelt események precíz adathalmazát használja bemenetként a szimuláció elvégzésekor.

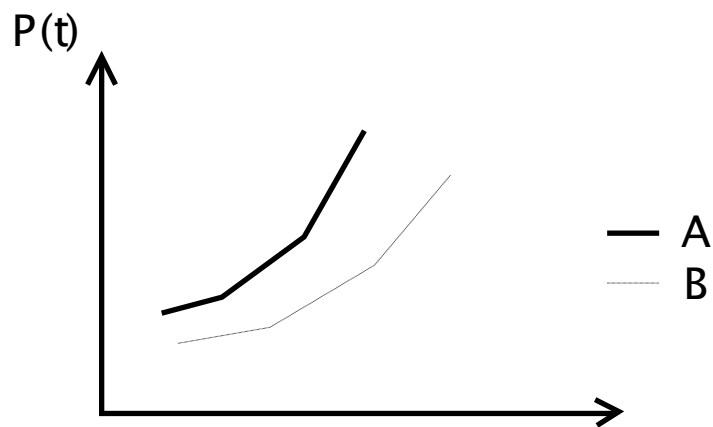
# Definíciók (Pongor féle iskola) 4.

- **Verifikáció:** A modell jól van-e megvalósítva a szimulátorban. (debugging)  
Kérdés: „Ez a program jó?”
- **Validáció:** A modell jól reprezentálja-e a valóságos rendszert, és alkalmas-e arra, hogy a valóságos rendszerre feltett kérdéseket megválaszoljunk a segítségével.  
Kérdés: „Ez a jó program?”

# Eredmények megjelenítése szempontok - 1.

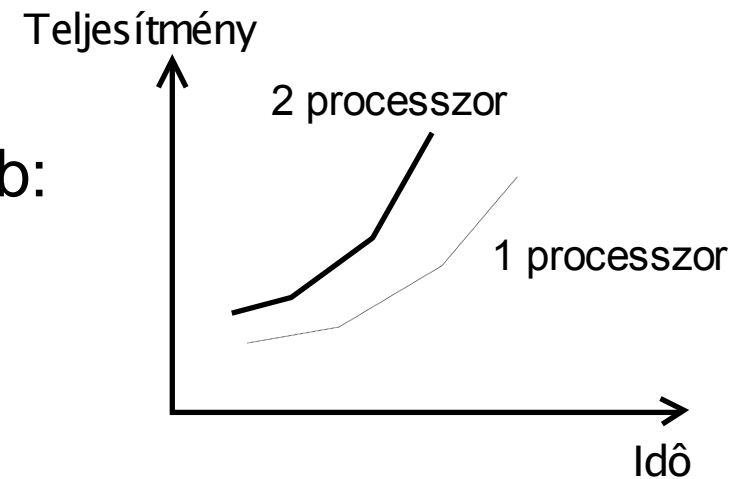
- A grafikus megjelenítés jobban áttekinthető, mint a táblázatos, de nem helyettesíti azt.
- Az ábrába a maximális mennyiségű információt vigyük be!
- Ugyanakkor az olvasótól minimális erőfeszítést követeljen meg az eredmények áttekintése!
- Az eredmény érvényességére vonatkozó adatok is ott szerepeljenek (az ábrán vagy az ábra címében)!

# Eredmények megjelenítése szempontok - 2.



Betűk jelentését  
külön magyarázza.

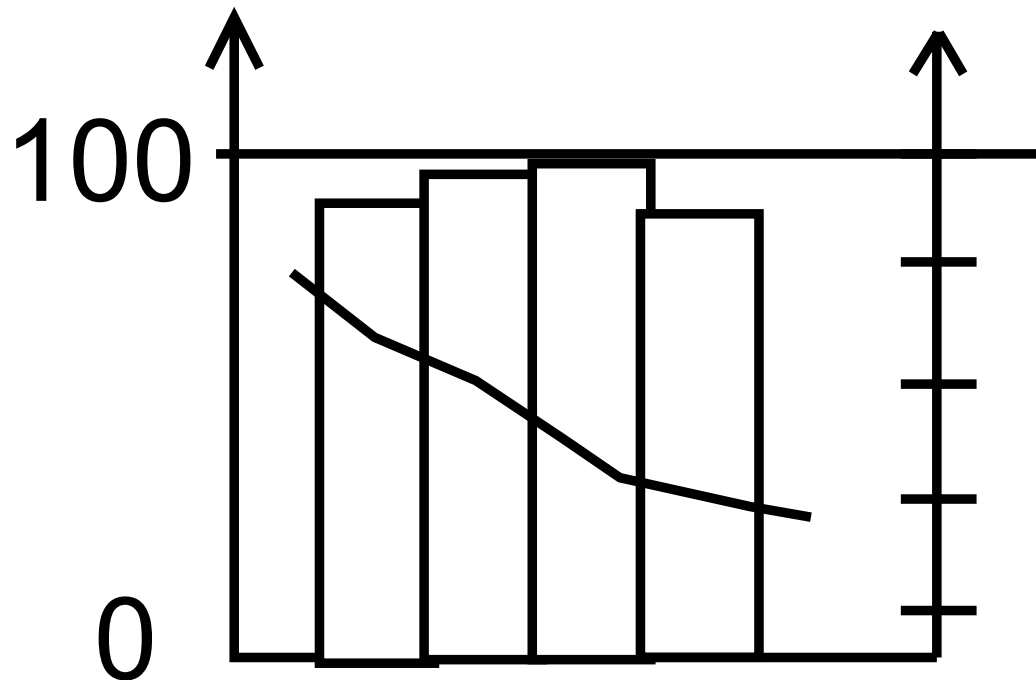
ennél jobb:



Ráírtuk a grafikonokra,  
hogy mit ábrázolnak.

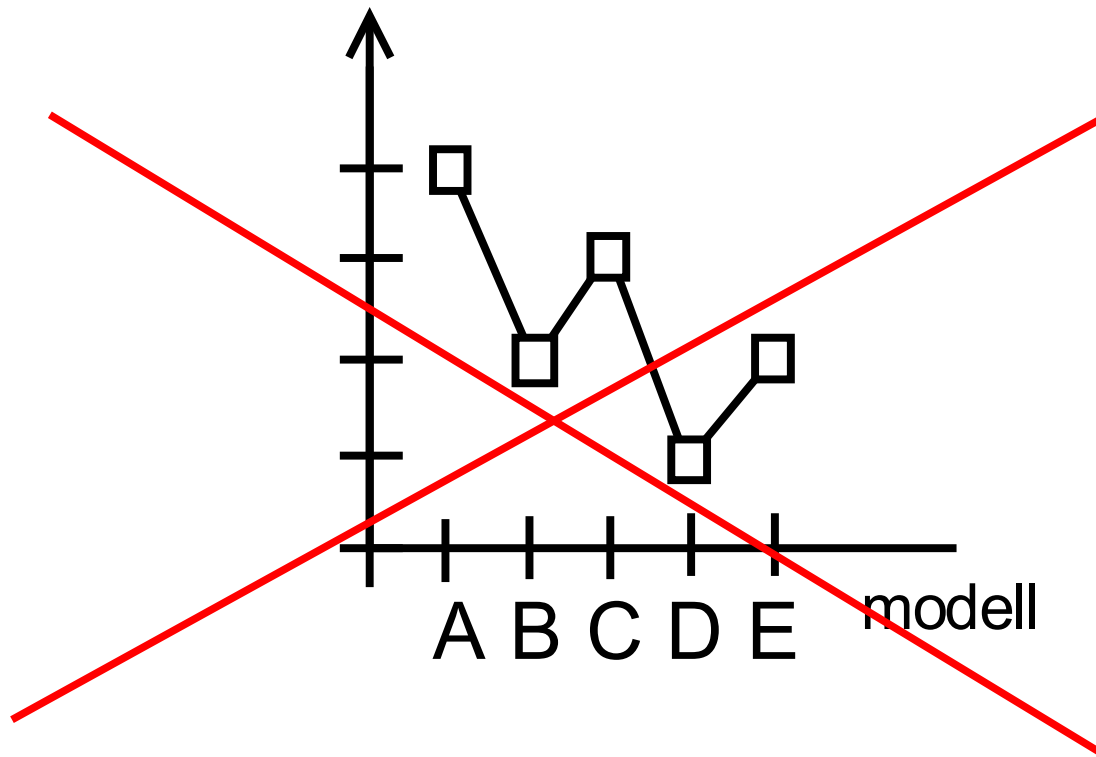
# Eredmények megjelenítése szempontok - 3.

- Az y tengelyen ne legyen túl sok skála, maximum 2.



# Eredmények megjelenítése szempontok - 3.

- Ne kössünk össze nem folytonos dolgokat!



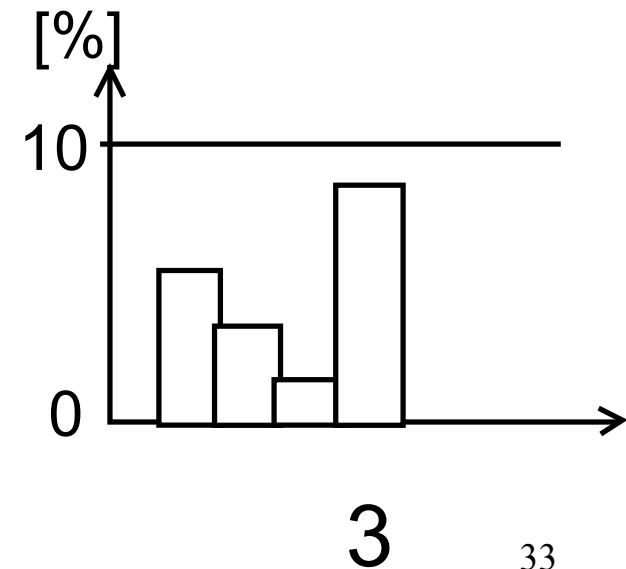
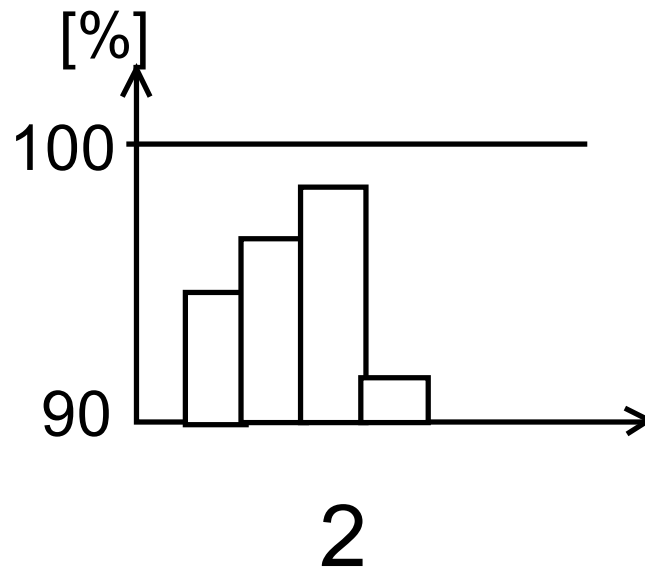
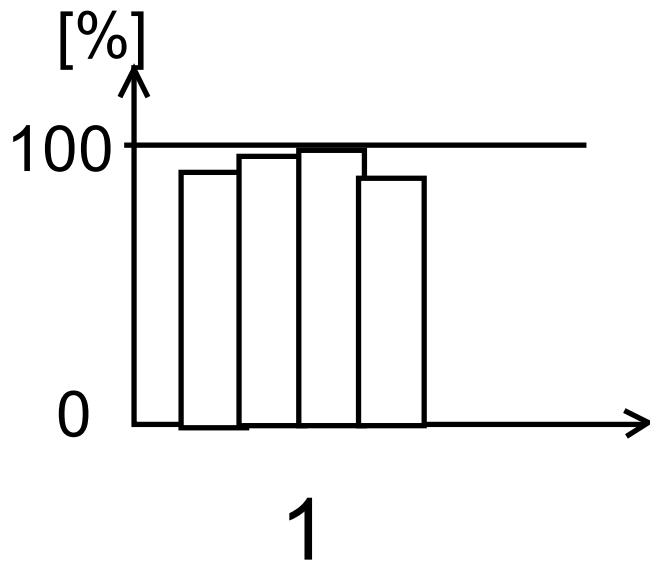
# Eredmények megjelenítése szempontok - 4.

- Érdeemes színeket használni, ha van rá lehetőség.
  - Előtér (ábra / szöveg) és háttér világosság tartalma erősen eltérő legyen! (Különben rosszul látható!) (Nézzük meg, milyen lesz projektoron!)
  - Fekete-fehér leképzés után is értelmezhető legyen!
  - Használjunk összeillő színeket!  
(Színkörbe szabályos sokszöget illesztve található.)



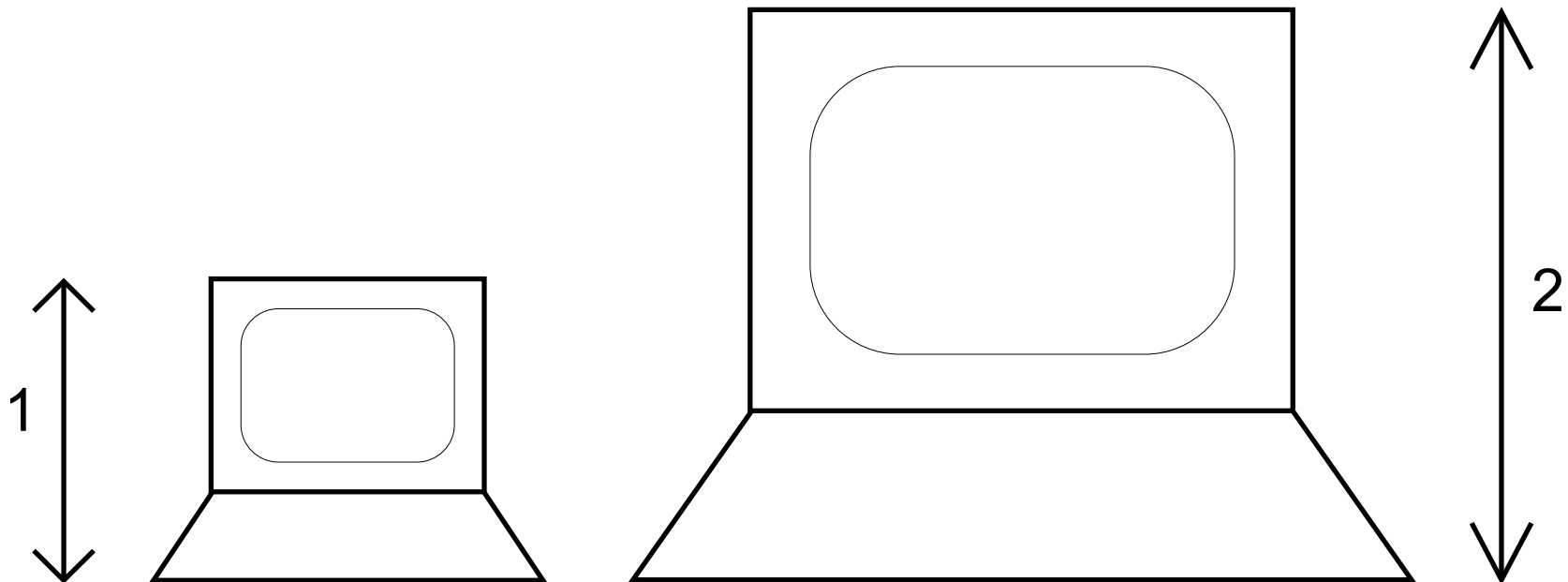
# Eredmények megjelenítése trükkök - 1.

- Ha azt akarom hangsúlyozni, hogy minden majdnem 100%-os: 1.
- Ha a különbséget akarom hangsúlyozni: 2, vagy az előbbi negatívjával: 3



# Eredmények megjelenítése trükkök - 2.

- Oszlopok helyett két dimenziós rajzok, ahol a lineáris méret arányos a valódi értékekkel
  - CSALÁS: a szemünk területet érzékel!!!



# Eredmények megjelenítése trükkök - 3.

- Relatív jellemzők használata
  - kerekek száma / ütemek száma → Trabant a legjobb autó ;-)
  - egy főre jutó űrhajósok száma → Magyarország élen áll ;-)

Mottó: „A statisztika a számok segítségével  
elkövetett hazudozás”

Ne kövessük  $\uparrow$ , de ne engedjük becsapni  
magunkat!

# Referenciák

- Ray Jain: "The Art of Computer Systems Performance Analysis: Techniques for Experimental Design, Measurement, Simulation, and Modeling," Wiley-Interscience, New York, 1991.
- Pongor György: "Kommunikációs rendszerek szimulációja" BME VIK tantárgy anyaga, 1993.
- Jávor András: "Diszkrét szimuláció", Universitas-Győr Kht, 2000.