

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
- Teljesítőképeség vizsgálati módszerek
- Modellelés, 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 modellépítés menete
- Egy konkrét alkalmazás bemutatása (cikk)

4. előadás: Infokommunikációs rendszerek és kapcsolódó folyamatok modellezése.

- ICT és BP rendszerek szimulációs módszerrel történő teljesítőképesség-vizsgálatának kérdései.
- 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++ 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 – 1.

Különálló, adott feladatra dedikált rendszerek

- PSTN (analóg, digitális), ISDN
- GSM, USA-ban CDMA alapú mobil
- Digitális trónkölt rádiós rendszerek, pl. TETRA
- Digitális műsorszórás (pl. DVB-S/C/T)

Kommunikációs rendszerek – 2

IP alapú rendszereknél

- Fizikai/adatkapcsolati szintű megvalósítások
 - LAN (Ethernet)
 - wireless LAN (IEEE 802.11, 11a/b/g/n)
 - [PAN (802.15)]
 - vezetékes hozzáférési (ADSL, DOCSIS, FTTx)
 - vezeték nélküli hozzáférési (GPRS, UMTS, HSDPA/HSUPA, LTE)
 - WAN (X.25, frame-relay)
 - SDH (mint az nagy távolságú IP szállítója)

Kommunikációs rendszerek – 3

IP alapú rendszereknél

- TCP/IP protokollcsalád
 - IPv4/IPv6, TCP, UDP, ICMP, IGMP, MLD
- Út(vonal)választási protokollok
 - unicast routing: RIP, OSPF, BGP
 - multicast routing PIM-SM/DM, MOSPF, DVMRP
- QoS biztosításának módszerei
 - IntServ, DiffServ, MPLS
- Magasabb szintű protokollok
 - RTP, RTCP; RTSP

Kommunikációs rendszerek – 4

IP alapú rendszereknél

- Hálózati alkalmazások
 - DNS, SMTP, POP3/POP3S, IMAP4/IMAP4S,
 - FTP, NFS, SMB, HTTP/HTTPS,
 - TELNET, SSH, SCP
 - SIP, H.323
 - IPTV
 - BitTorrent

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)

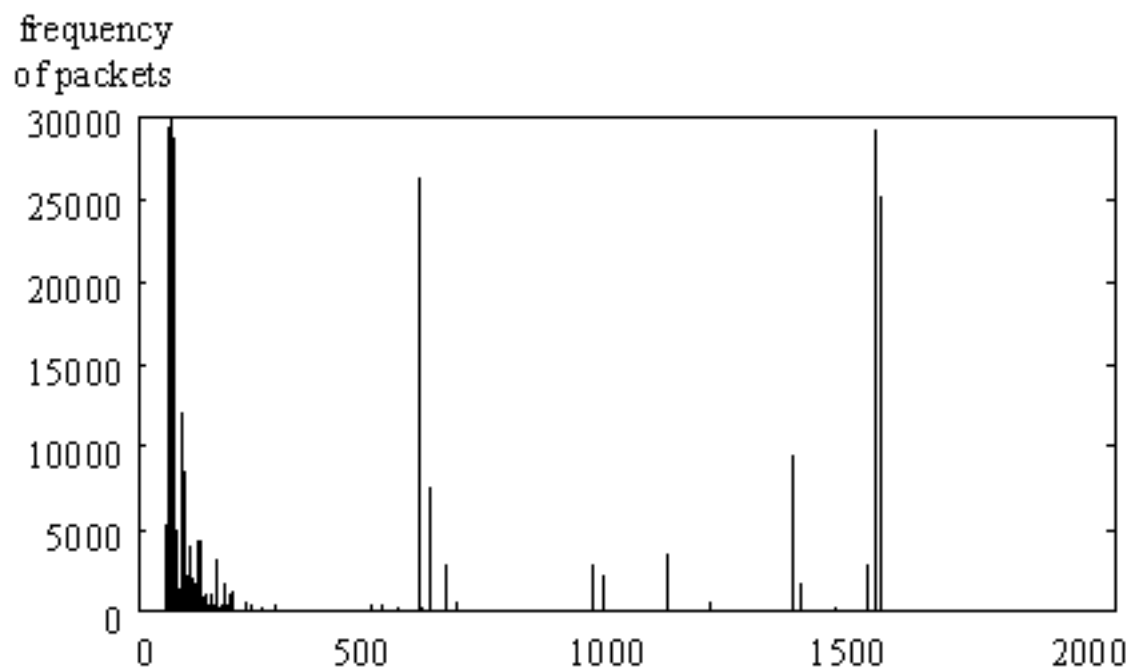
- Hol vannak a szűk keresztmetszetek?
- Mit és hogyan kellene bővíteni?
- Adott bővítés után hogyan alakulnak a jellemzők?
- Trendek alapján mi várható adott idő múlva?
- ...

A teljesítőképeség-vizsgálat módszerei

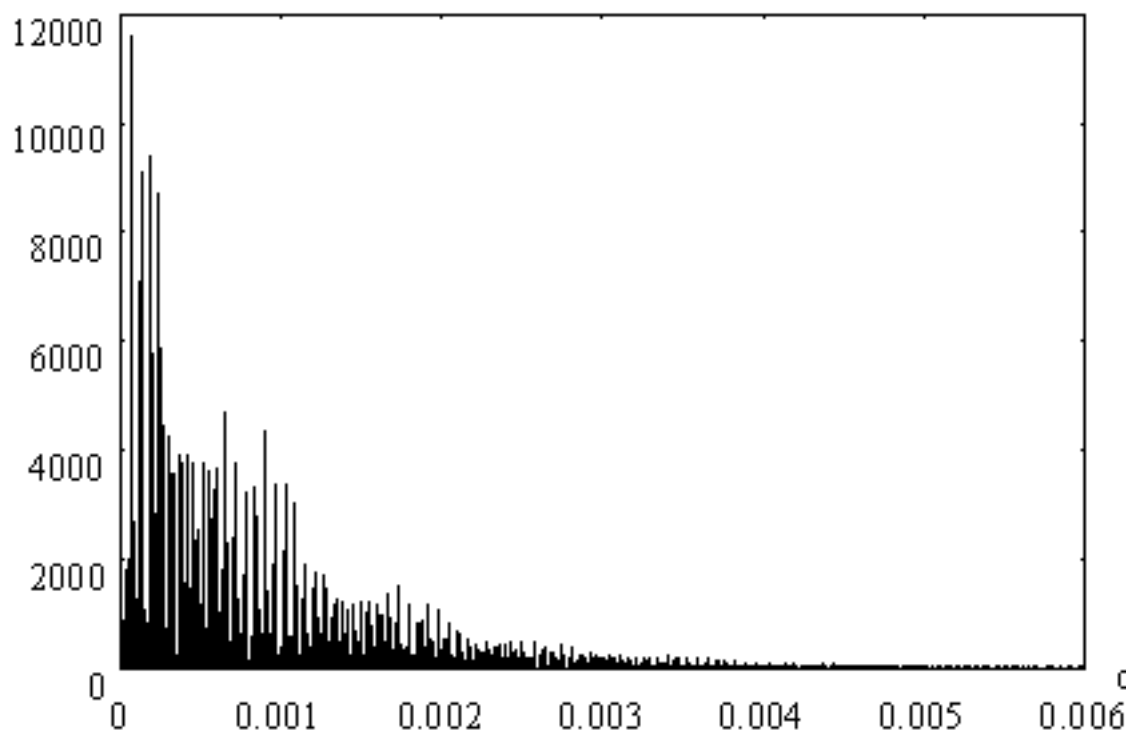
- Mérés a valóságos rendszeren
- Analitikus módszer
(A rendszer matematikai jellegű vizsgálata.)
- Szimuláció
(A rendszer számítógépes modelljén való kísérletezés.)

Mérés a valóságos rendszeren - I.

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



Mérés a valóságos rendszeren - II.



1996-ban a 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)
 - 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 létrehozásának, de akár mint egy meglevő rendszeren való kísérletezésnek is!
- Jó modell esetén kellően pontos eredmények

A szimuláció korlátai

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

Kommunikációs rendszerek szimulációjának lépései - I.

- A rendszer elemeinek modellezése
 - Megismerni az építőelemek működését
 - A vizsgálati cél szempontjából lényeges tulajdonságaikat 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, az aktív eszközök típusát és konfigurációs adatait!

Kitérő: a modellalkotás résztvevői

- Tanácsadó cég szakértői tevékenységét feltételezve
 - az éles rendszer ismerője (üzemeltetője, esetleg tervezője vagy kivitelezője)
 - szimulációs szakember: aki a szimuláció módszertanát és az adott modellező rendszert ismeri
 - mindkét cég menedzsmentje

FONTOS: ki mit remélhet a projekttől?

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 a modell finomítása, 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 állapotváltozásai diszkrét időpillanatokban mennek 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 kivétele 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-driven 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 szoftvert 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 ugyanazt számolja ki)

Definíciók (Pongor féle iskola) 3.

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

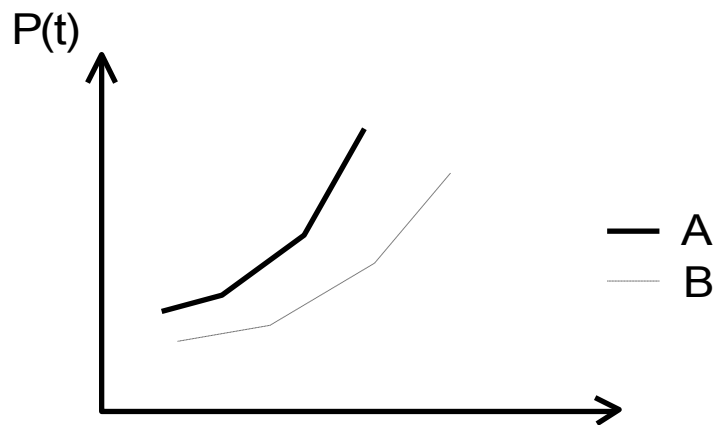
Definíciók (Pongor féle iskola) 4.

- **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.

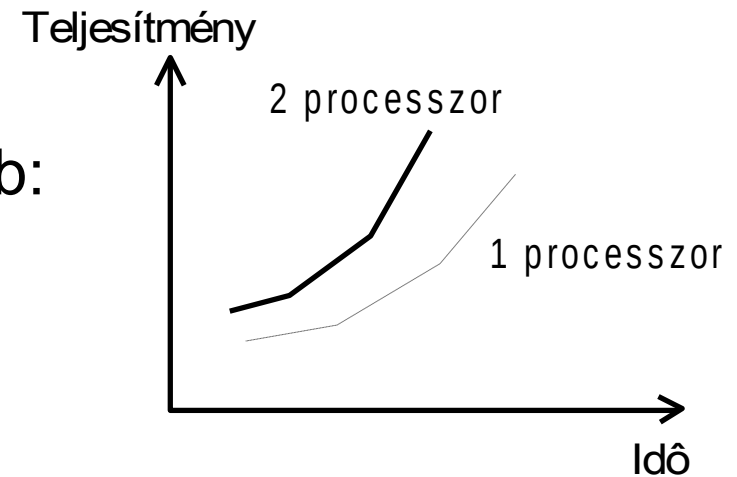
- A grafikus megjelenítés jobban áttekinthető, mint a táblázatos, de nem helyettesíti azt.
- Az ábrába a maximális mennyiségű információt vigyük be!
- Ugyanakkor az olvasótól minimális erőfeszítést követeljen meg az eredmények áttekintése!
- Az eredmény érvényességére vonatkozó adatok is ott szerepeljenek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

Eredmények megjelenítése szempontok - 2.



Betűk jelentését
külön magyarázza.

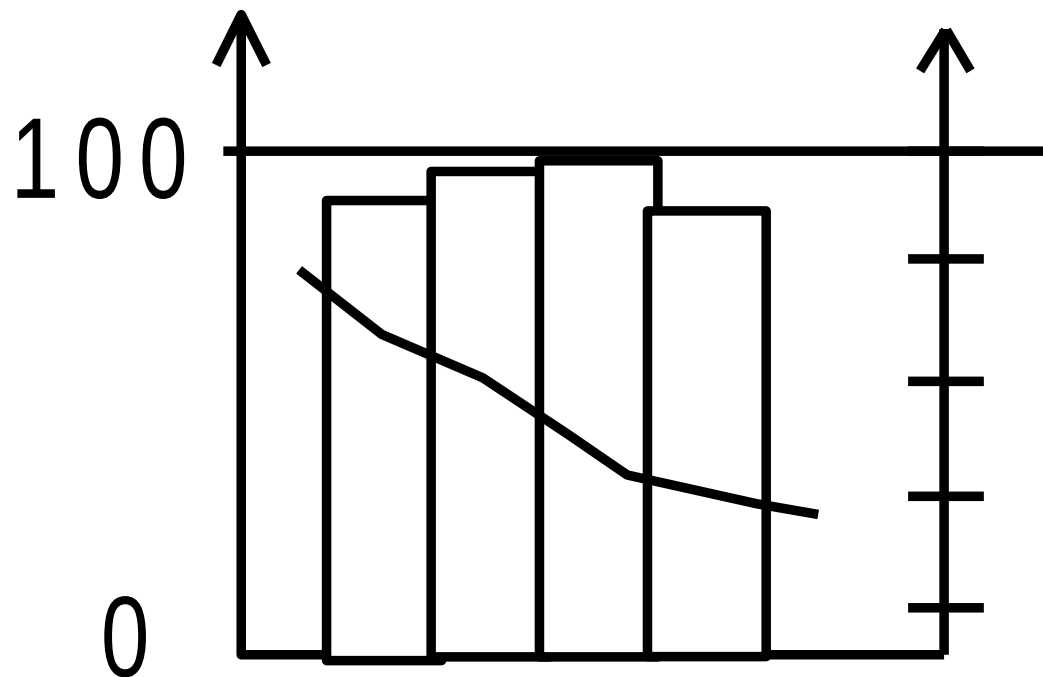
ennél jobb:



Ráírtuk a grafikonokra,
hogy mit ábrázolnak.

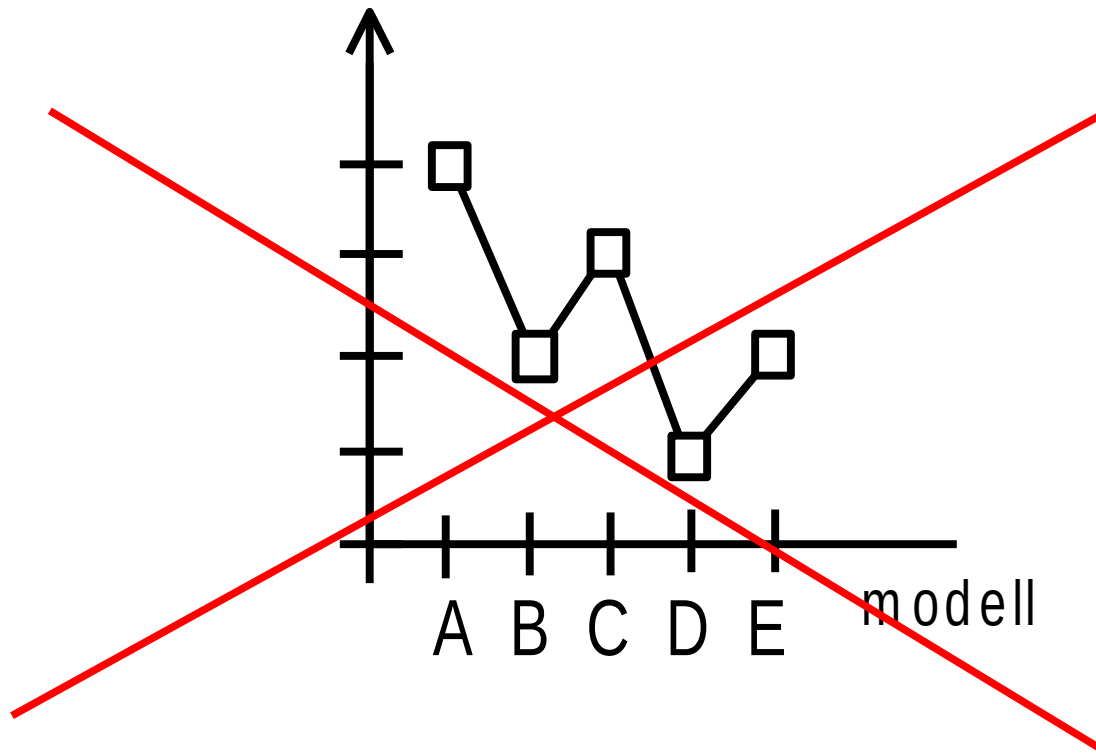
Eredmények megjelenítése szempontok - 3.

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



Eredmények megjelenítése szempontok - 3.

- Ne kössünk össze nem folytonos dolgokat!

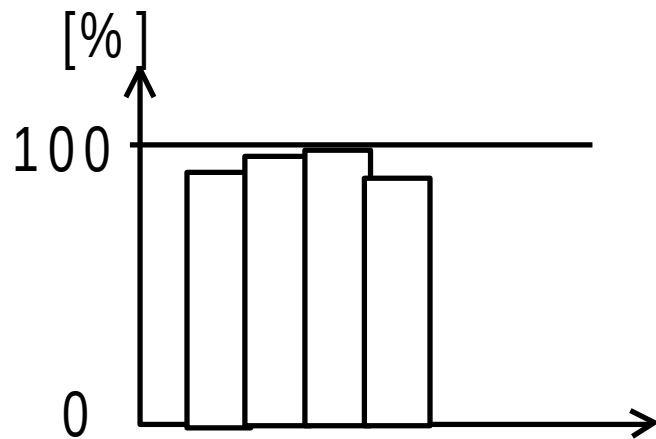


Eredmények megjelenítése szempontok - 4.

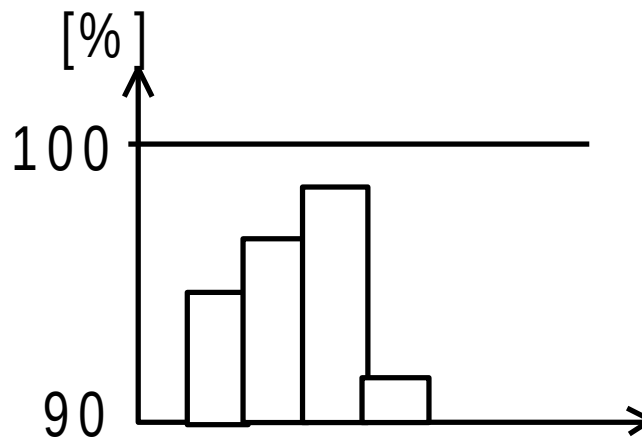
- Érdeemes színeket használni, ha van rá lehetőség.
 - Előtér (ábra / szöveg) és háttér világosságtartalma erősen eltérő legyen! (Különben rosszul látható!) (Nézzük meg, milyen lesz projektoron!)
 - Fekete-fehér leképzés után is értelmezhető legyen!
 - Használjunk összeillő színeket!
(Színkörbe szabályos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

Eredmények megjelenítése trükkök - 1.

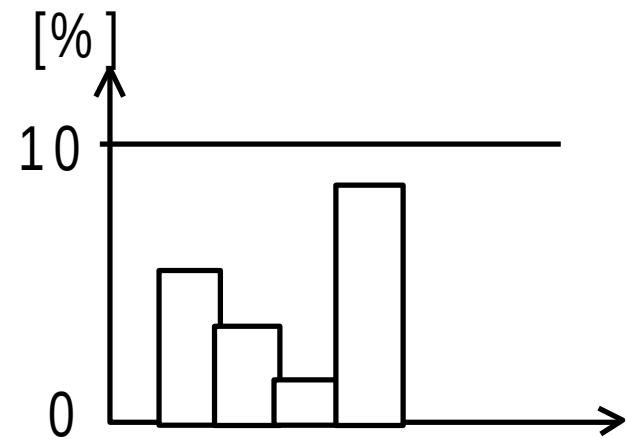
- Ha azt akarom hangsúlyozni, hogy minden majdnem 100%-os: 1.
- Ha a különbséget akarom hangsúlyozni: 2, vagy az előbbi negatívjával: 3



1



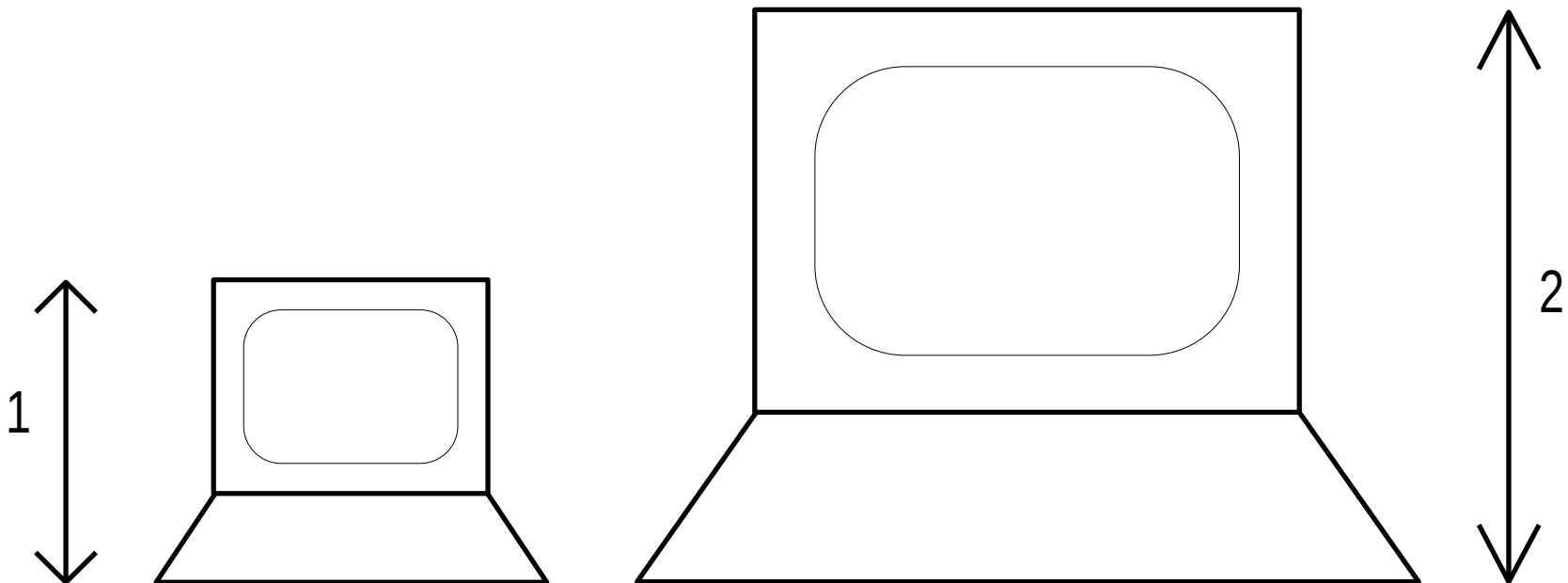
2



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 úrhajósok 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.