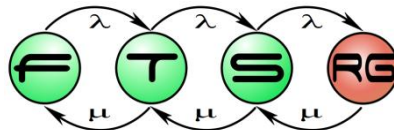


Terhelés modellek, előrejelzés

Gönczy László
gonczy@mit.bme.hu



Motiváció

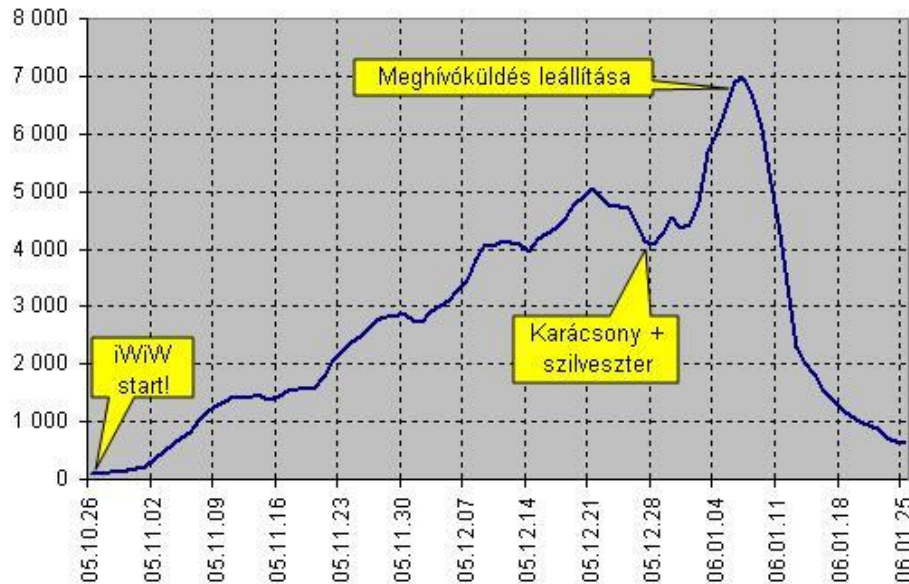
The collage consists of several overlapping browser window screenshots:

- SAP Developer Network (SDN):** A message stating "The SAP Developer Network is currently down. We are working to restore the site as quickly as possible. Current downtime is estimated at less than one hour. You may contact us with questions or concerns."
- IEEE Xplore:** A banner for "IEEE Xplore RELEASE 2.3" with a message: "IEEE Xplore is temporarily unavailable. Please try again later."
- Server error - Windows Internet Explorer:** A page titled "Server error!" with the text: "The server encountered an internal error and was unable to complete your request. Either the server is overloaded or there was an error in the application. If you think this is a server error, please contact the [webmaster](#). Error 500" followed by technical details: "index.hu Wed Sep 12 16:36:17 2007 Apache/2.0.54 (Debian GNU/Linux) mod_fastcgi/2.4.2".
- easyJet.com:** A page titled "Sorry, but the easyJet sales system is temporarily unavailable [css01]". The text reads: "We regret that bookings cannot be made at present, while we undertake essential maintenance work on our systems. As this affects our central reservations computer, sales cannot currently be made via either our web site or our call centre. We anticipate that this work will be completed within 30 minutes. We apologise for the inconvenience and thank you for your patience." A search bar with "easyjet.com" is highlighted.
- Gateway Timeout:** A message: "The proxy server did not receive a timely response from the upstream server. Reference #1e50de1c1.1328609312.1fd592a".
- Google:** A "502. That's an error." message: "The server encountered a temporary error and could not complete your request. Please try again in 30 seconds. That's all we know."
- Springer Gateway:** A small screenshot of a browser showing a "Gateway Timeout" error.

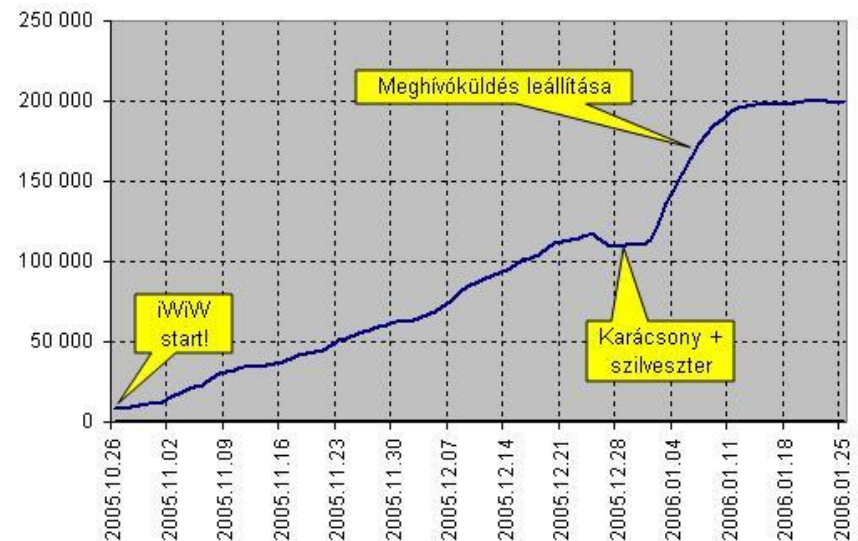
get in touch in the

Valós terhelés példa (iwiw)

Napi regisztrációk (előző hét nap átlaga)

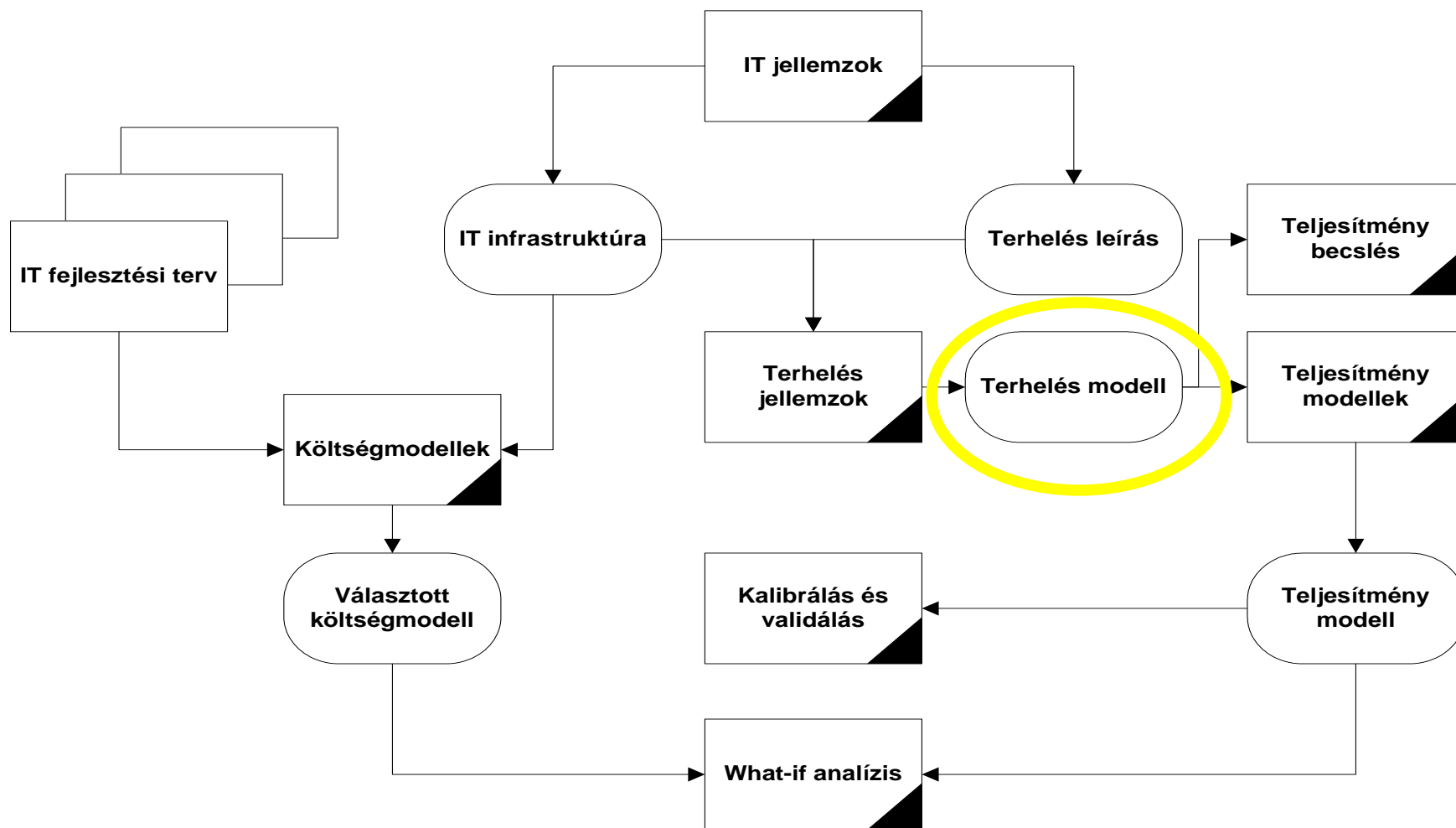


Napi egyedi látogatók (előző hét nap átlaga)



Forrás: <http://www.sg.hu/cikkek/42924/>

Terhelés modell



Terhelés modell meghatározása

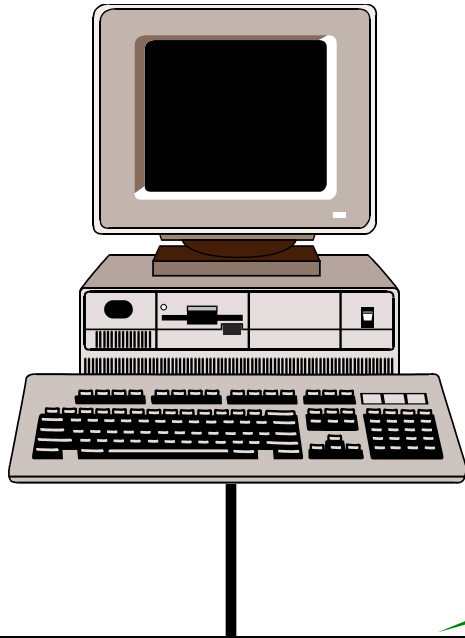
- Adatgyűjtés
 - benchmarkok (részletesen Benchmark ea.)
 - ökölszabályok
 - „best practices”
 - mérések
- Monitorozás
 - belső (szerver)
 - külső (kliens, hálózat)
- Adatok rendszerezése
 - klaszter technikák

Terhelés modell minta

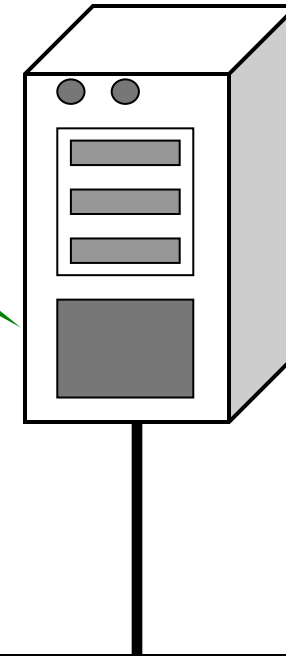
1 napi mérés adatai											
Érkezési ráta	20,000	kérés/óra	LAN 1	100	Mbps	LAN 2	100	Mbps	T3 Link	1.5	Mbps
Egy kérés szolgáltatás igénye											
E-business Funkció	Kérések száma	WS CPU (ms)	WS IO (ms)	AS CPU (ms)	AS IO (ms)	DB CPU (ms)	DB IO (ms)	LAN 1 (ms)	LAN 2 (ms)	T3 Link (ms)	Össz. szolg. igény
általános info	20,000	5.2	9.5	25.0	15.0	10.0	20.0	0.492	0.532	16.4	132.1
könyv keresés	18,900	4.8	8.5	18.0	14.0	13.0	40.0	0.328	0.352	12.0	91.0
könyv böngészés	14,120	4.9	8.2	13.0	12.0	13.0	40.0	0.287	0.328	12.0	83.7
bejelentkezés	8,020	5.1	8.4	12.0	10.0	13.0	20.0	0.295	0.492	11.5	80.8
regisztráció	892	32.0	15.0	16.0	30.0	15.0	20.0	0.655	0.000	32.8	126.4
bevásárlókosár	670	32.0	14.0	18.0	24.0	0.0	0.0	0.410	0.000	19.1	107.5
fizetés	584	31.0	15.0	35.0	90.0	30.0	80.0	0.819	0.901	43.7	326.4

Terhelés mérése ellenőrzött környezetben

Kliens gépen futó
tesztelő szkript



Dedikált szerver



Teljesítmény
monitorozás

Teljesítmény
monitorozás

DEDIKÁLT HÁLÓZAT

Terhelésgenerálás

- Felhasználói viselkedés rögzítése
 - Cookie kezelés
 - SSL kezelés
- Visszajátszás tipikus paramétereit
 - Párhuzamosan futó kliensek száma
 - Lekérdezések száma
 - „Gondolkodási idő”
 - „Felpörgési idő”
 - Timeout
 - Cache használata/tiltása

Terhelésgeneráló eszközök

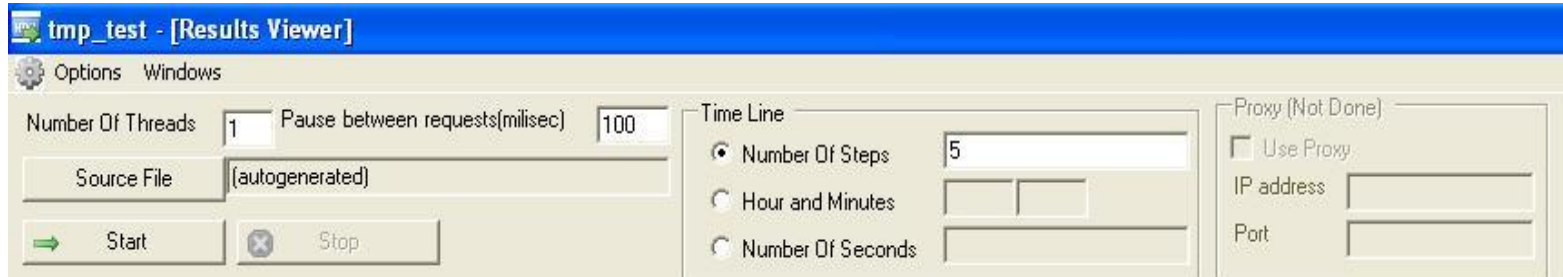
■ Emulált kliensek

- Web Performance Tools
- ASP.NET – ANTS Profiler
- Rational Performance Tester
- Jmeter
- Selenium
- <http://www.softwareqatest.com/qatweb1.html>
- <http://www.pyload.org/>
- <http://www.opensourcetesting.org/performance.php>

Példa: terhelésgenerálás beállítása (WPT)

Clients	1
ThreadsPerClient	2
TotalPageRequests	1000
TimedRun	3600 (seconds)
RampUp	20 seconds
ThinkMinimum	2 seconds
ThinkMaximum	20 seconds
ErrorLog	error.log
UseRandomPage	
CookieCache	on
PurgeCookieCache	on
CookieLog	cookie.log
CookieIgnoreDefaultExpires	on
ReplaceHost	host0 localhost
RequestTimeout	30 seconds

Példa: terhelésgenerálás (FWPTT)



Tesztet beállítás

	RequestAddress	Response	Duration(sec)	Page Size
89	http://localhost/cs/themes/hawaii/style/DynamicStyle.aspx	200	0	6576
90	http://localhost/cs/forums/	200	0,031	15576
91	http://localhost/cs/themes/hawaii/style/DynamicStyle.aspx	200	0	6576
92	http://localhost/cs/	200	0,046	17144
93	http://localhost/cs/themes/hawaii/style/DynamicStyle.aspx	200	0	6576
94	http://localhost/cs/logout.aspx	200	0	6341

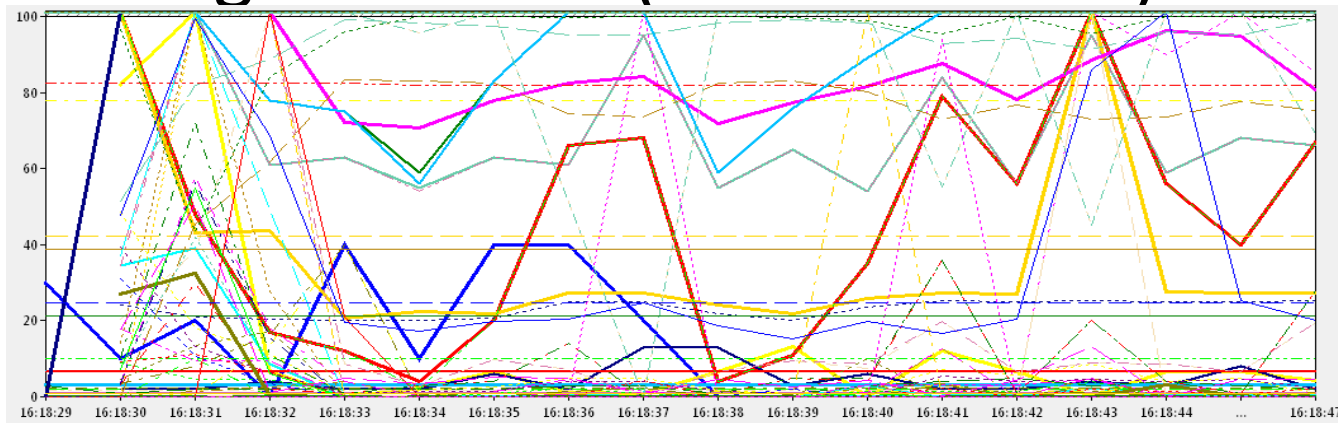
Terhelésgenerálás

Példa: Terhelés mérés eredmény- WPT

[Fri May 13 10:12:12 2005] Uptime: 0 hours 1 minutes 2 seconds
[Fri May 13 10:12:12 2005] Number of Clients: 1
[Fri May 13 10:12:12 2005] Pages Attempted: 1000
[Fri May 13 10:12:12 2005] Pages To Be Attempted: 1000
[Fri May 13 10:12:12 2005] Pages per second: 16.13
[Fri May 13 10:12:12 2005] Requests completed: 5000
[Fri May 13 10:12:12 2005] Requests per second: 80.65
[Fri May 13 10:12:12 2005] Failed Connections: 0
[Fri May 13 10:12:12 2005] Incorrect response codes: 0
[Fri May 13 10:12:12 2005] Content verification failed: 0
[Fri May 13 10:12:12 2005] Request write failures: 0
[Fri May 13 10:12:12 2005] Number of early server closes: 0
[Fri May 13 10:12:12 2005] Number of timeouts: 0
[Fri May 13 10:12:12 2005] SSL handshake failures: 0

Windows teljesítményszámlálók

- Átlagszámlálók (Average counters)
- Különbségszámlálók (Difference counters)
- Pillanatnyi érték számlálók (Instantaneous counters)
- Százalékszámológok (Percentage counters)
- Gyakoriság számlálók (Rate counters)



Kapui Ákos: Webalkalmazások teljesítményvizsgálata és skálázhatósága, 2008.

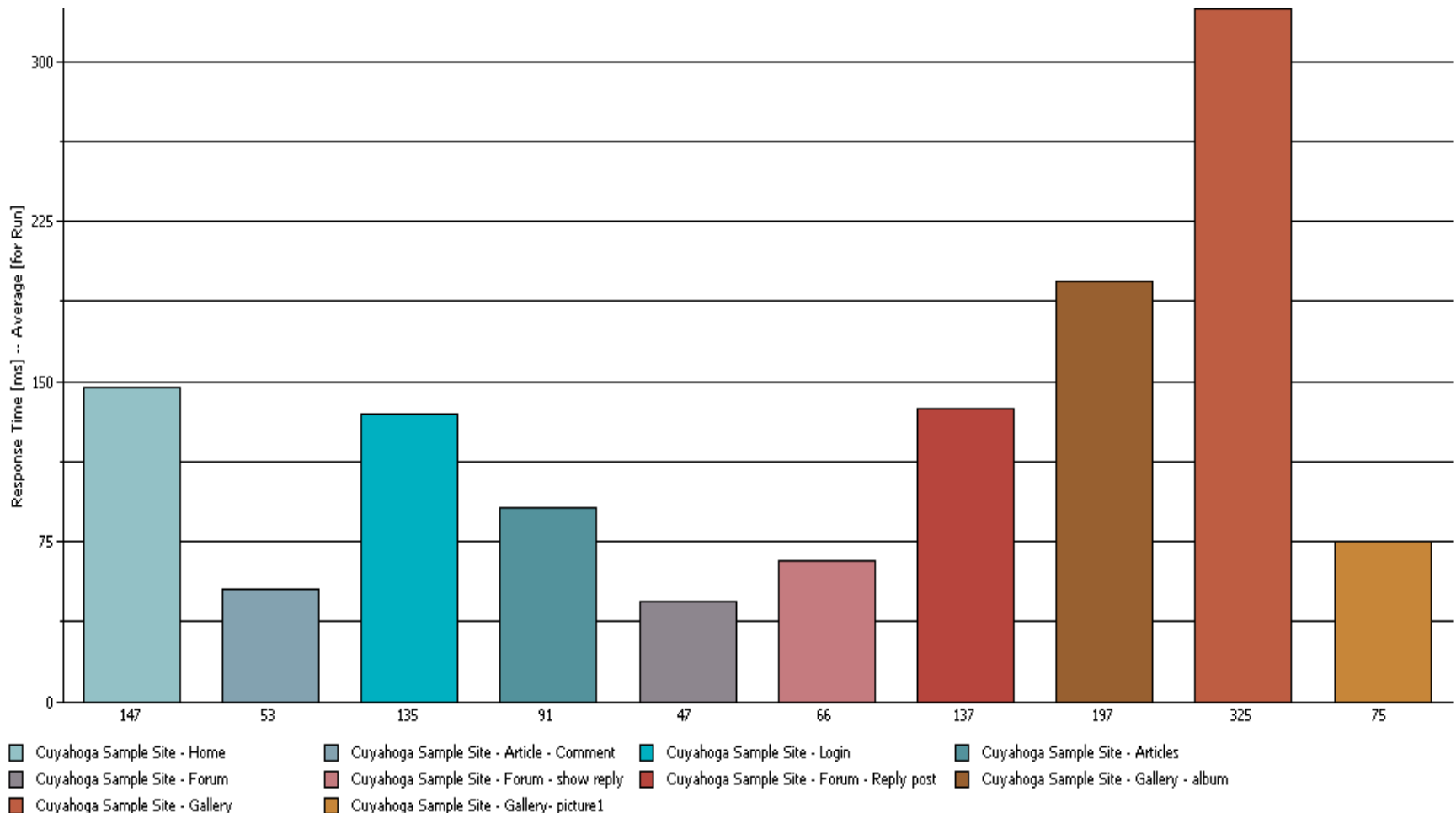
Konkrét teljesítményszámlálók

- Processor(_Total)\% Idle Time
 - A processzor szabad erőforrásának mértéke
- Processor(_Total)\% Processor Time
 - A processzor aktuális kihasználtsága
- ASP,NET v2,0,50727\Request Execution Time
 - Web kérések végrehajtási ideje
- SQLServer:Databases(_Total)\Transactions/sec
 - Adatbázis tranzakciók másodpercenként
- SQLServer:General Statistics\Logins/sec
 - Adatbázis bejelentkezések száma
- Memory(_Total)\Available Memory
 - Rendelkezésre álló memória
- ASP,NET\Requests Current
 - Aktuális kérések száma

Példa: Rational Performance Tester

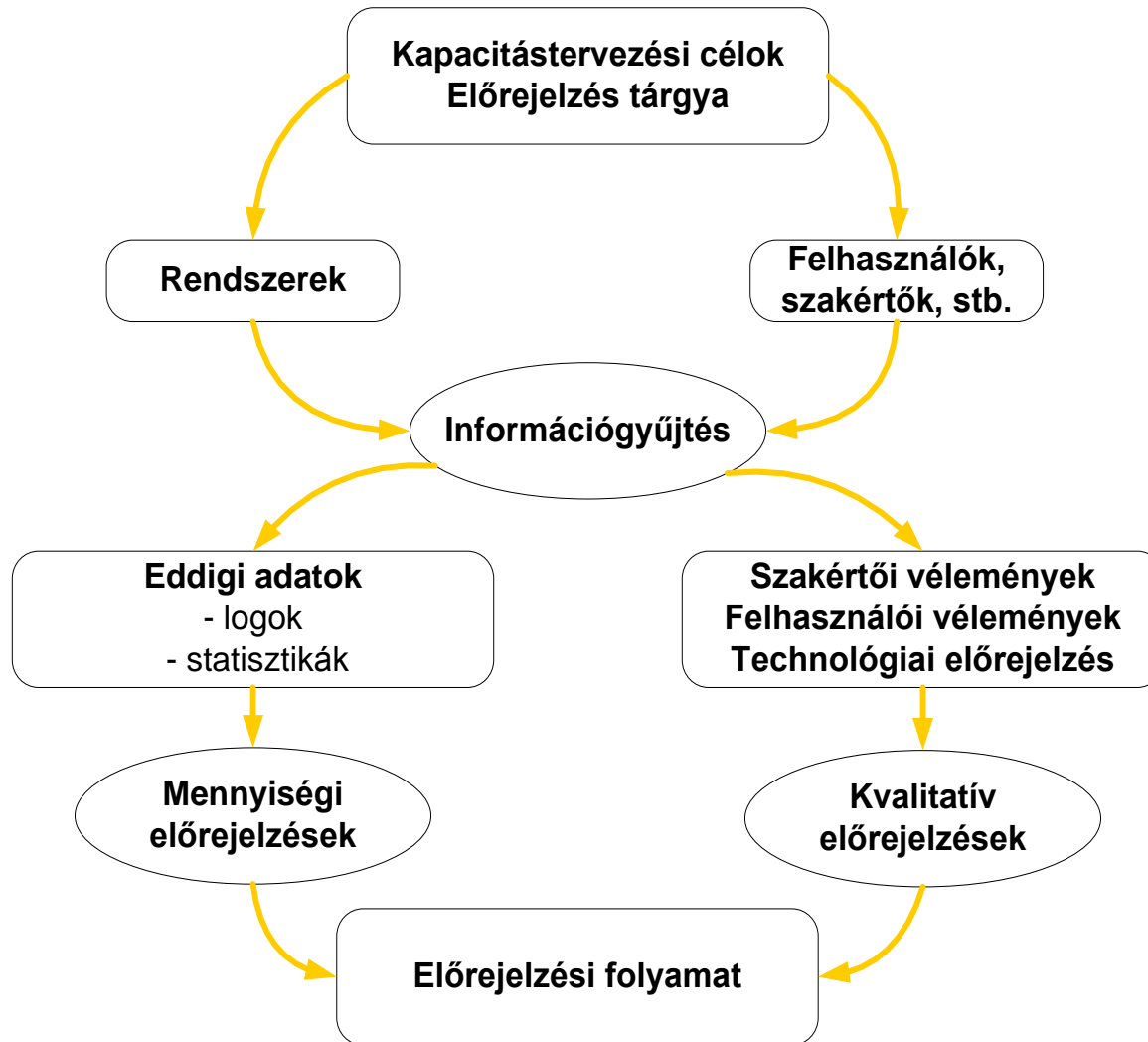
Mérési eredmények

Average Page Response Time for Run (Filter applied: Count Filter: 10 highest)



Kapui Ákos: Webalkalmazások teljesítményvizsgálata és skálázhatósága, 2008.

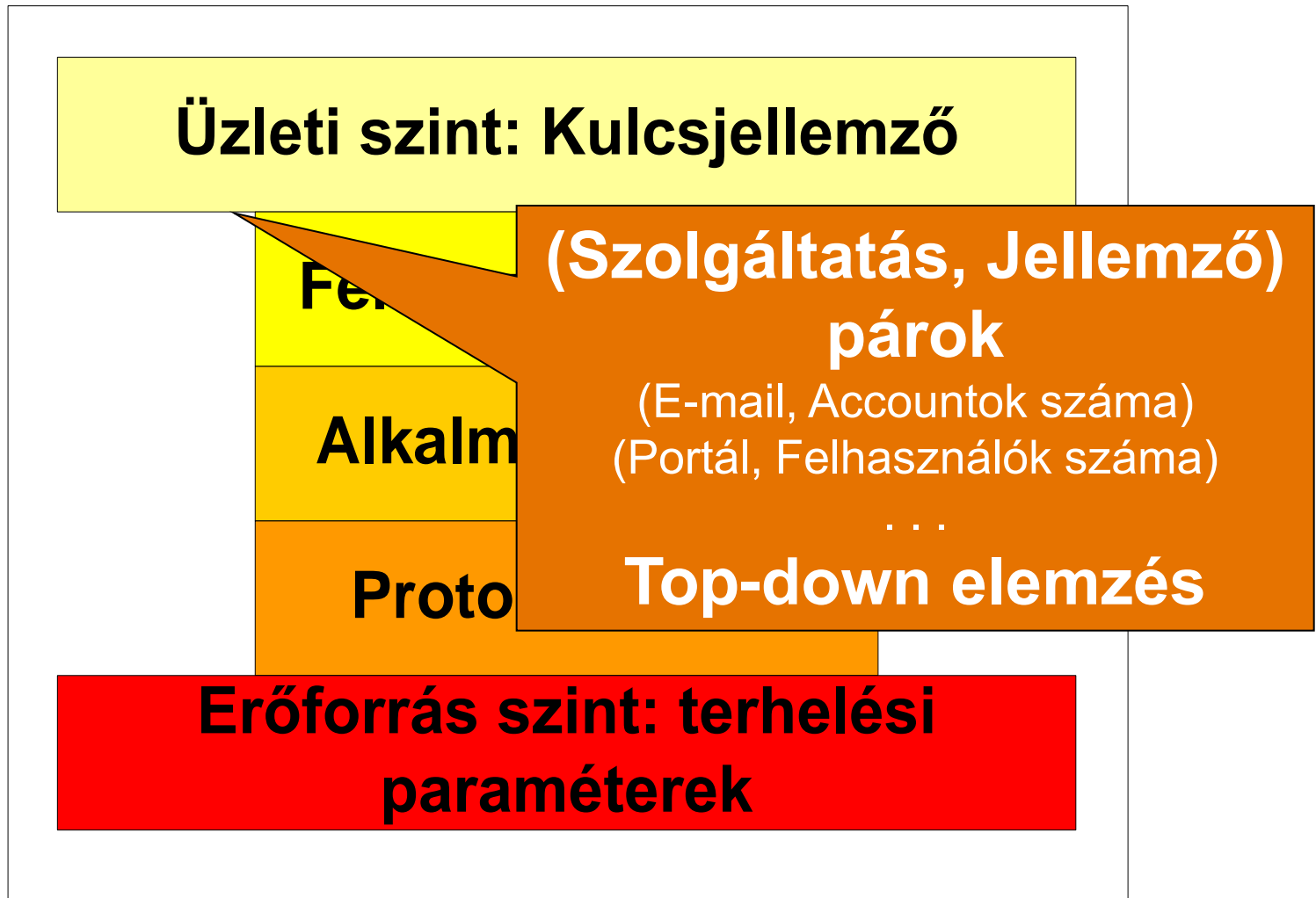
Terhelés előrejelzési stratégia



Hierarchikus előrejelzési modell

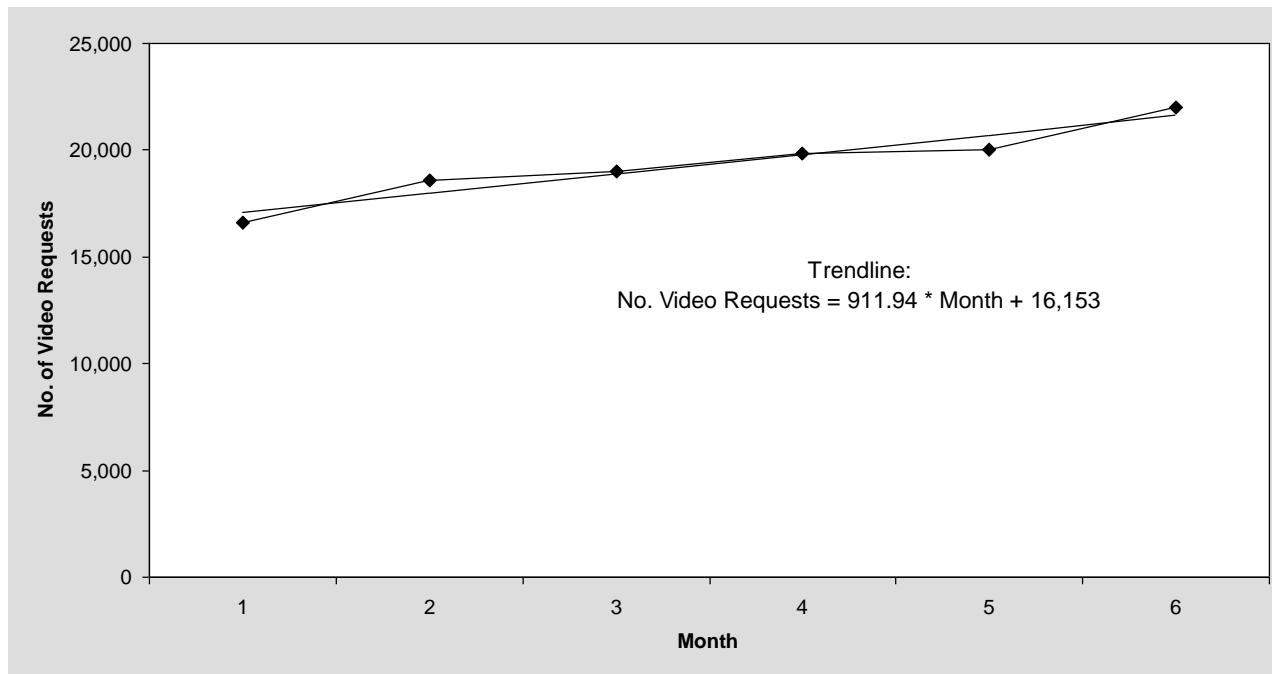


Hierarchikus előrejelzési modell



Terhelés előrejelzés

- A terhelési modell várható változása
- Többféle technika létezik
- Példa: lineáris regresszió



Terhelés típusai

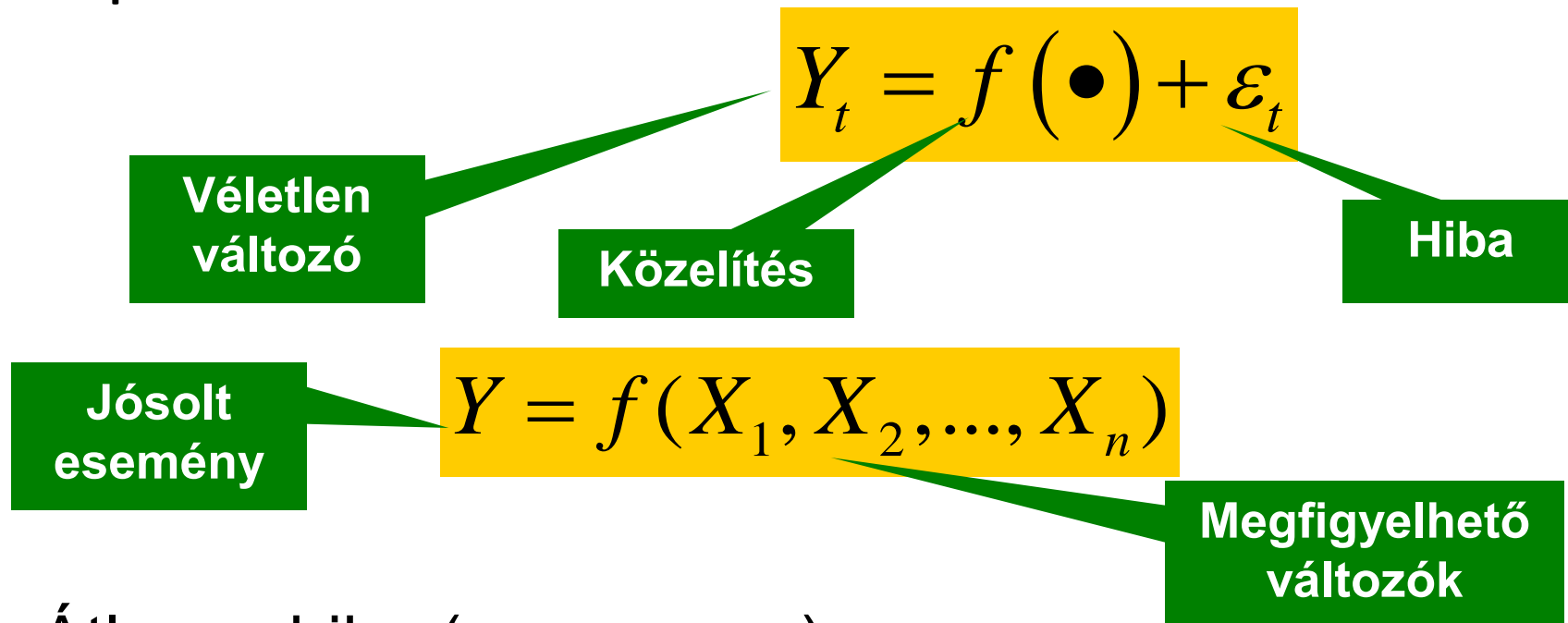
- Terhelési minta azonosítása
- Trend
 - Állandó jellegű változás, pl. folyamatos növekedés
- Időszakos
 - Visszatérő, periodikus hatások
- (Statikus)
- (Véletlenszerű)
- A mintához válasszunk előrejelzési módszer
 - Más területekről
 - Statisztika, meteorológia, tőzsde, stb.

Terhelés előrejelzési technikák

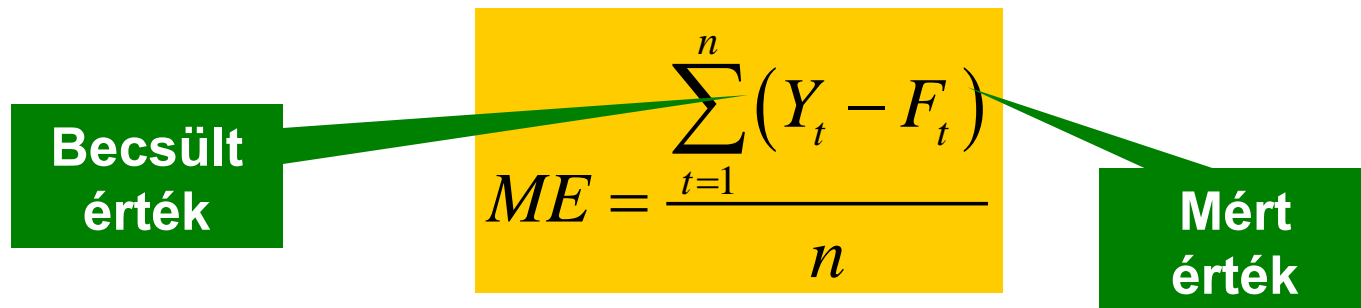
- Regresszió
 - Lineáris
 - Exponenciális
 - (Logaritmikus)
- Mozgó átlagok
- Exponenciális csúszóablak
- Könnyen automatizálhatók
 - Matlab
 - MS Excel
 - ...

Regressziós módszerek

- Alapelv:



- Átlagos hiba (mean error)



Lineáris regresszió

- Egyszerű lin. függvény illesztése az adatokra
 - nem vár alapvető változást a rendszer viselkedésében

$$Y = a + bX$$

- Legkisebb négyzetek módszere
 - keressük azokat az a, b paramétereket, amelyekre

$$SSE = \sum_{t=1}^n \varepsilon_t^2 = \sum_{t=1}^n (Y_t - F_t)^2 \quad \text{minimális (Sum of Squared Errors)}$$

- cél:

$$\sum_{t=1}^n (Y_t - F_t)^2 = \sum_{t=1}^n [Y_t - (a + bX_t)]^2$$

Levezetés (parc. deriválás)

$$\frac{d \sum_{t=1}^n [Y_t - (a + bX_t)]^2}{da} = \sum_{t=1}^n (-2) [Y_t - (a + bX_t)] = 0$$

$$na = \sum_{t=1}^n (Y_t - bX_t)$$

$$a = \bar{Y} - b\bar{X}$$

**X_i, Y_i a mért értékpárok
(pl. idő, terhelés)**

$$\frac{d \sum_{t=1}^n [Y_t - (a + bX_t)]^2}{db} = \sum_{t=1}^n X_t [Y_t - (a + bX_t)] = 0$$

$$\sum_{t=1}^n X_t \left[Y_t - \frac{1}{n} \sum_{t=1}^n (Y_t - bX_t) - bX_t \right] = \sum_{t=1}^n X_t Y_t - \frac{1}{n} \left(\sum_{t=1}^n X_t \right) \left(\sum_{t=1}^n Y_t \right) + \frac{1}{n} b \left(\sum_{t=1}^n X_t \right) \left(\sum_{t=1}^n X_t \right) - b \sum_{t=1}^n X_t^2 = 0$$

$$b = \frac{n \sum_{t=1}^n X_t Y_t - \left(\sum_{t=1}^n X_t \right) \left(\sum_{t=1}^n Y_t \right)}{n \sum_{t=1}^n X_t^2 - \left(\sum_{t=1}^n X_t \right)^2}$$

Lineáris regresszió (folyt.)

■ Korrelációs együttható (négyzete)

- a változó becsült és tényleges értékének kapcsolata
- 0 és 1 közti érték
- 0: nincs kapcsolat
- 1: függvényszerű kapcsolat

$$R^2 = \frac{\sum_{t=1}^n (F_t - \bar{Y})^2}{\sum_{t=1}^n (Y_t - \bar{Y})^2}$$

■ Példa: E-mail szolgáltatás, 8 hétig mérjük a csúcsterhelést.

Hét	1	2	3	4	5	6	7	8
Max. terhelés (email/perc)	420	410	437	467	448	460	507	514

Hogyan közelíthető a terhelés változása?

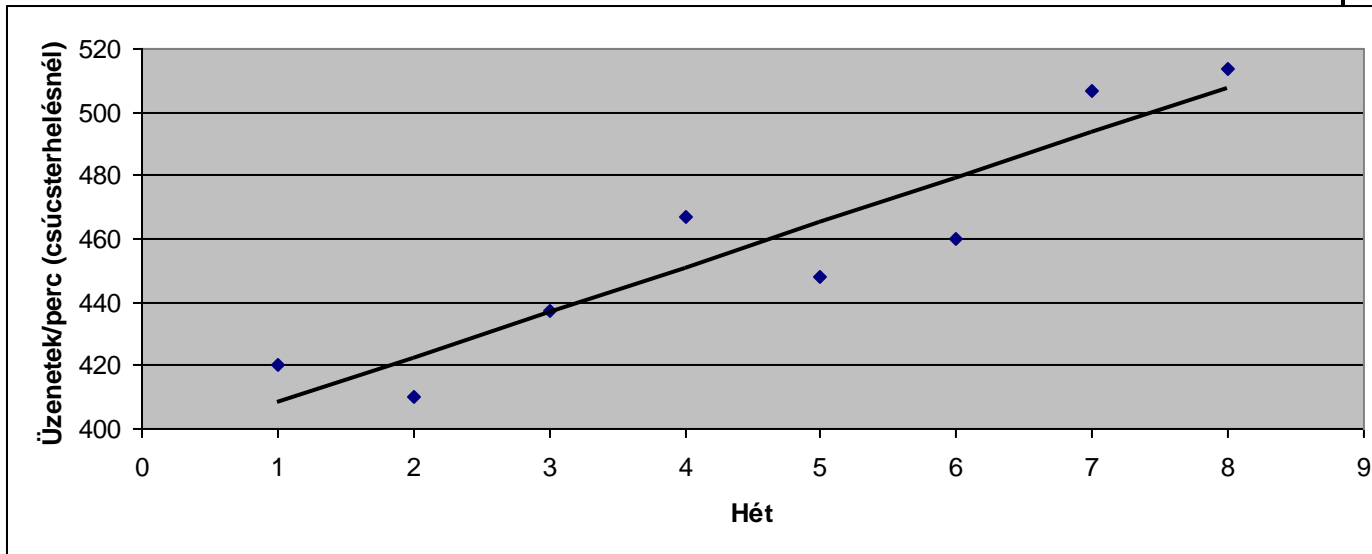
Mekkora a korrelációs együttható?

Lin. regresszió példa

A legkisebb négyzetek módszerével
 $Y=393.98+14.20X$

Korrelációs együttható:
 $R^2=0.855$

Mért	Jósolt terhelés
420	408.18
410	422.38
437	436.58
467	450.78
448	464.98
460	479.18
507	493.38
514	507.58
	521.78



Két változó kapcsolatának vizsgálata

- Tfh. lineáris kapcsolat van az egyszerre bejelentkezett felhasználók száma és az elküldött emailek közt. (pl logok alapján)

Bejelentkezett felh. átlagos száma (1 óra alatt)	2450	2765	2241	2860	3011	2907	3209
Átl. terhelés (kimenő+bejövő emailek/óra)	19257	20488	18152	21450	21077	20639	22142

- Lineáris regressziós közelítés a legkisebb négyzetek módszerével:

ÜzenetekSzám = $f(\text{BejelentkezettFelhasználók})$

$Y=9480.48 + 3.95X$, $R^2=0.937$ erős kapcsolat

Nemlineáris módszerek

- Exponenciális közelítés:
 - jól illik a Web forgalom növekedéséhez
- Átalakítjuk a függvényt:

$$Y_t = a \times b^t$$

$$\log Y_t = \log a + t \log b$$

$$\log Y_t = Y', \log a = a', \log b = b'$$

$$Y' = a' + b't$$

- Legkisebb négyzetek módszere használható
- Pl. adottak a legnagyobb mért terhelés értékei

Mennyi a várható legnagyobb terhelés az év végén?

Hónap	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Max. kérések/sec (Y_t)	1035	1100	1160	1250	1350	1555	1770	1950	2210	2630
$\ln(Y_t)$	6.942	7.003	7.056	7.13	7.207	7.349	7.478	7.575	7.7	7.874

Exp. terhelés példa

- Becslőfüggvény: $Y_t = a \times e^{bt}$
- Legkisebb négyzetek módszere a lineáris függvényre

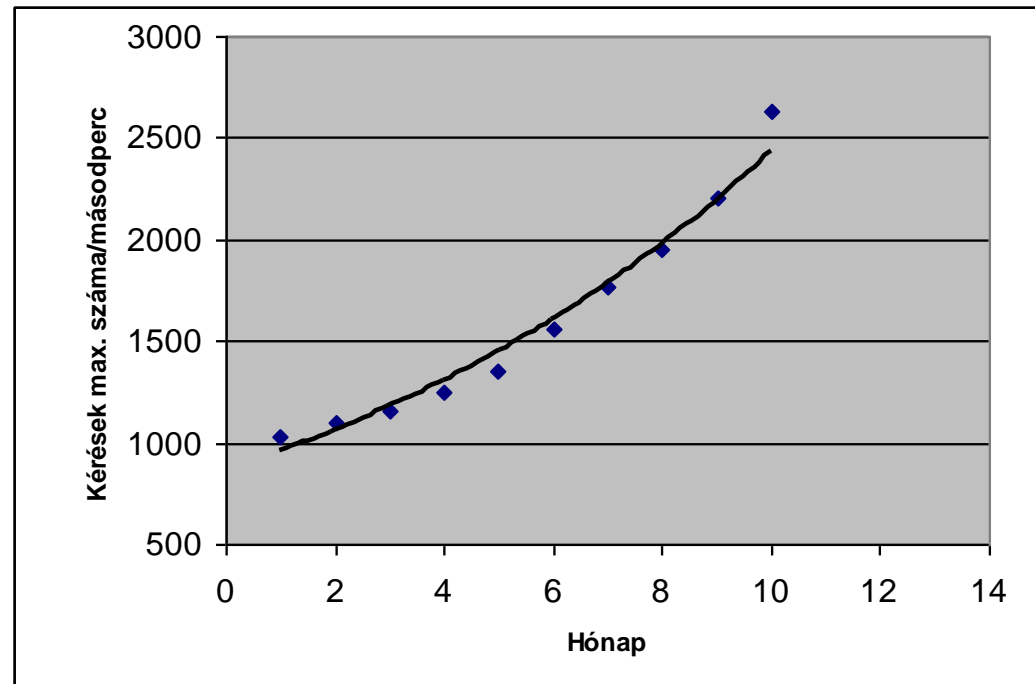
$$Y' = a' + b't, a' = 6.717, b' = 0.110, a = e^{a'}$$

- Eredmény:

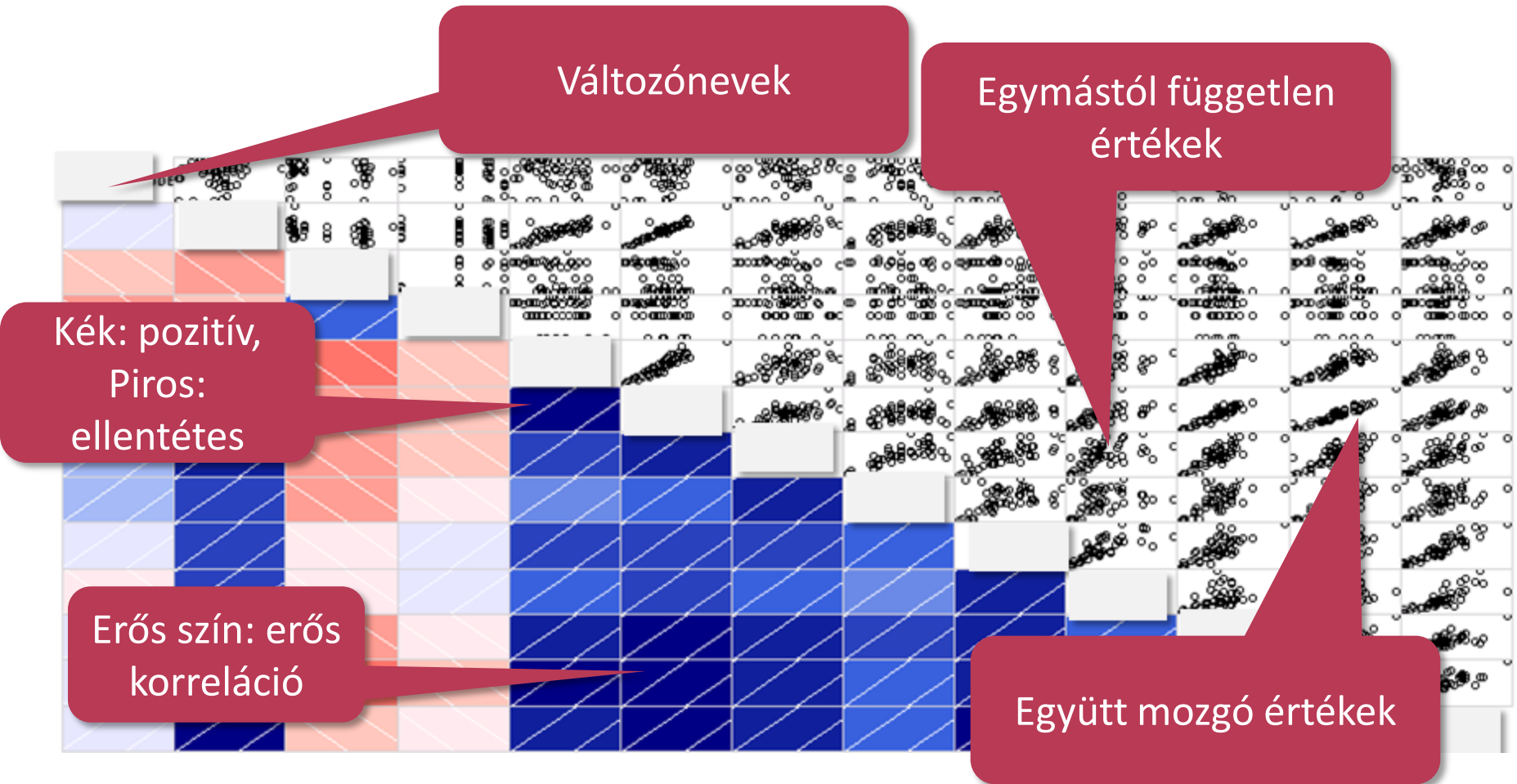
$$Y_t = 826.33 \times e^{0.11t}$$

- 12. hónap:

$$Y_t = 3093.3$$



Kitekintés: több érték páronkénti korrelációja



R statisztikai szoftver „corrgram” csomagjával előállítva.

Átló felett: scatterplot mátrix

Cél: együtt mozgó értékek kiszűrése, outlierok azonosítása.

→ Mik a terhelés/előrejelzés szempontjából lényeges változók?

Mozgó átlagok módszere

- Rövid távú előrejelzésre jó
- Egyszerre egy értéket ad meg
- A becsült érték az utolsó n érték átlaga

$$F_{t+1} = \frac{\sum_{i=t-n+1}^{t-n+1} Y_i}{n}$$

ahol Y_t a t . időpontban mért érték

F_{t+1} a becsült érték

n tipikusan 3 és 10 között van

(becslés hibája ne legyen túl nagy)

Exponenciális csúszóablak

- Egy értéket ad meg, az előző méréseket átlagolva
- Későbbi mérés nagyobb súllyal
- Súlyozza a mérési hibát
- Rövid távú előrejelzésre

$$F_{t+1} = F_t + \alpha(Y_t - F_t)$$

ahol F_t : a t. időpontra becsült érték

Y_t : t. időpontban mért érték

$Y_t - F_t$: mérési hiba a t. periódusban

α : súlyozás ($0 \leq \alpha \leq 1$, gyakorlatban $0,05 \leq \alpha \leq 0,3$)

A két módszer összehasonlítása

- Adott sávszélesség igények, a két módszerrel becsüljük a következő értéket

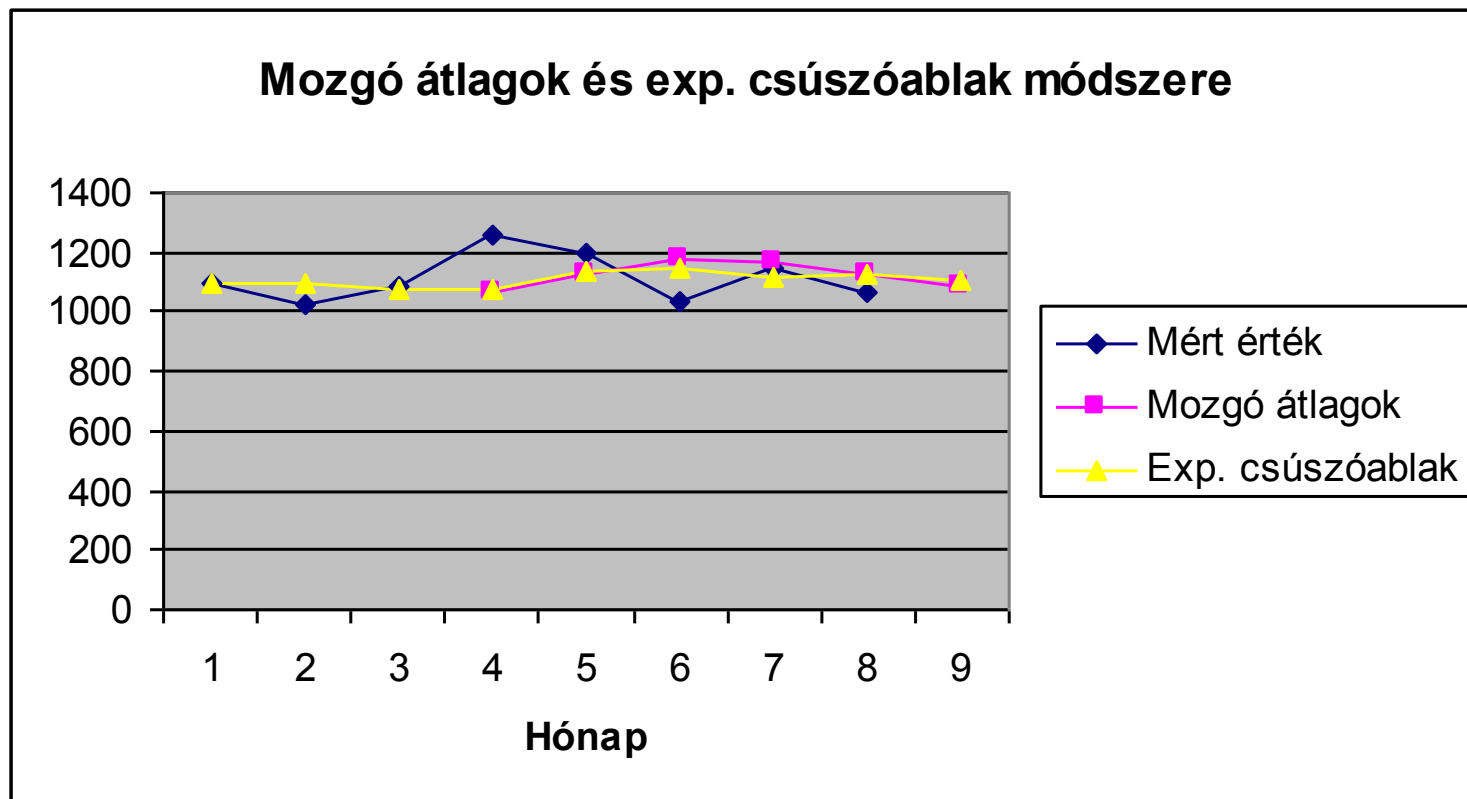
Hónap	Sávszélesség igény	Mozgó átlagok módszere (n=3)	Exp. csúszóablak ($\alpha = 0.3$)
1	1100		
2	1020		
3	1090		
4	1255		
5	1195		
6	1039		
7	1145		
8	1066		
9			

A két módszer összehasonlítása

- Adott sávszélesség igények, a két módszerrel becsüljük a következő értéket

Hónap	Sávszélesség igény	Mozgó átlagok módszere (n=3)	Exp. csúszóablak ($\alpha = 0.3$)
1	1100		1100.00
2	1020		1100.00
3	1090		1076.00
4	1255	1070.0000	1080.20
5	1195	1121.6667	1132.64
6	1039	1180.0000	1151.35
7	1145	1163.0000	1117.64
8	1066	1126.3333	1125.85
9		1083.3333	1107.90

A két módszer összehasonlítása



Terhelés karakterisztikái

- **Webes terhelés alapjellemezői**
 - Löketek (Burstiness)
 - Zipf törvénye teljesül
 - Kivétel: pl. file lekérések
 - „Heavy tailed” eloszlás (nem elhanyagolhatóak a ritka értékek)
- **„Önhasonlóság” a löketeknél**
 - 1 óra mintája ~ 1 hét mintája
- **Tervezésnél lényeges**
 - Milyen gyakran vannak löketek?
 - Hogyan befolyásolja ez az áteresztőképességet?

Löketek karakterisztikája

λ_k : érkezési ráta a k . időszelvényben (n darab időszelvény)

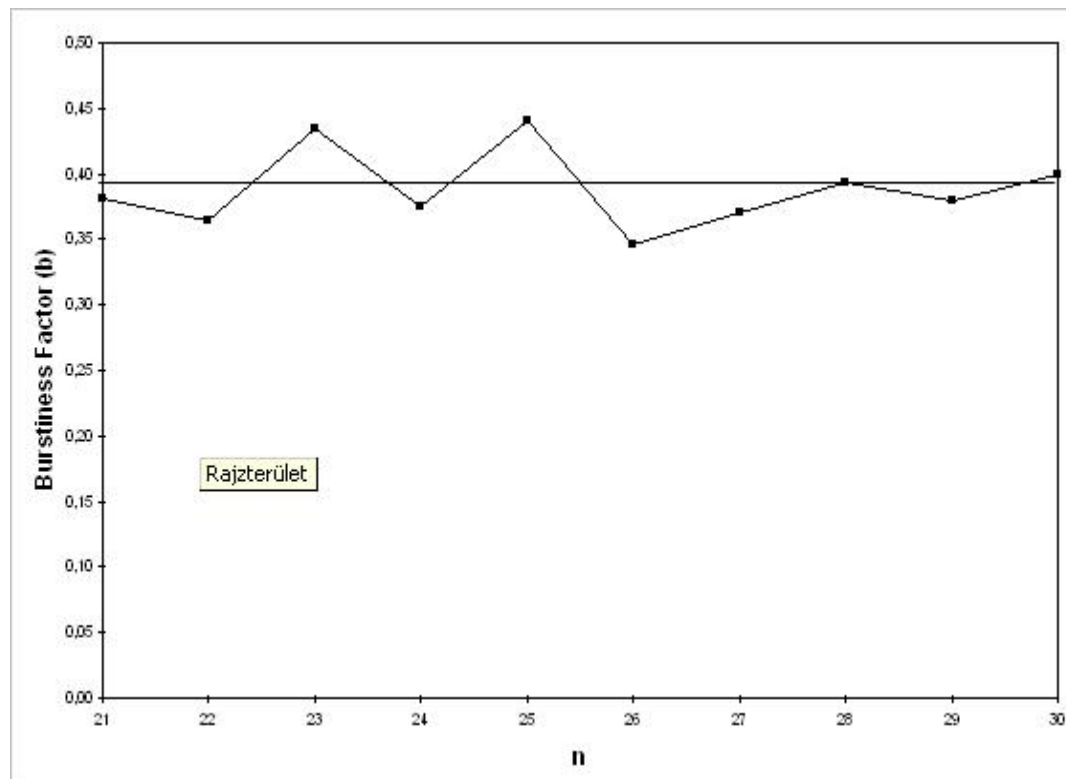
λ : érkezési ráta az egész időszakra

b : burstiness factor, a zsúfolt időszelvények aránya

$$b = \frac{\sum_{i=1..n} \{0, \text{ ha } \lambda_i \leq \lambda; 1, \text{ ha } \lambda_i > \lambda\}}{n}$$

Burstiness factor

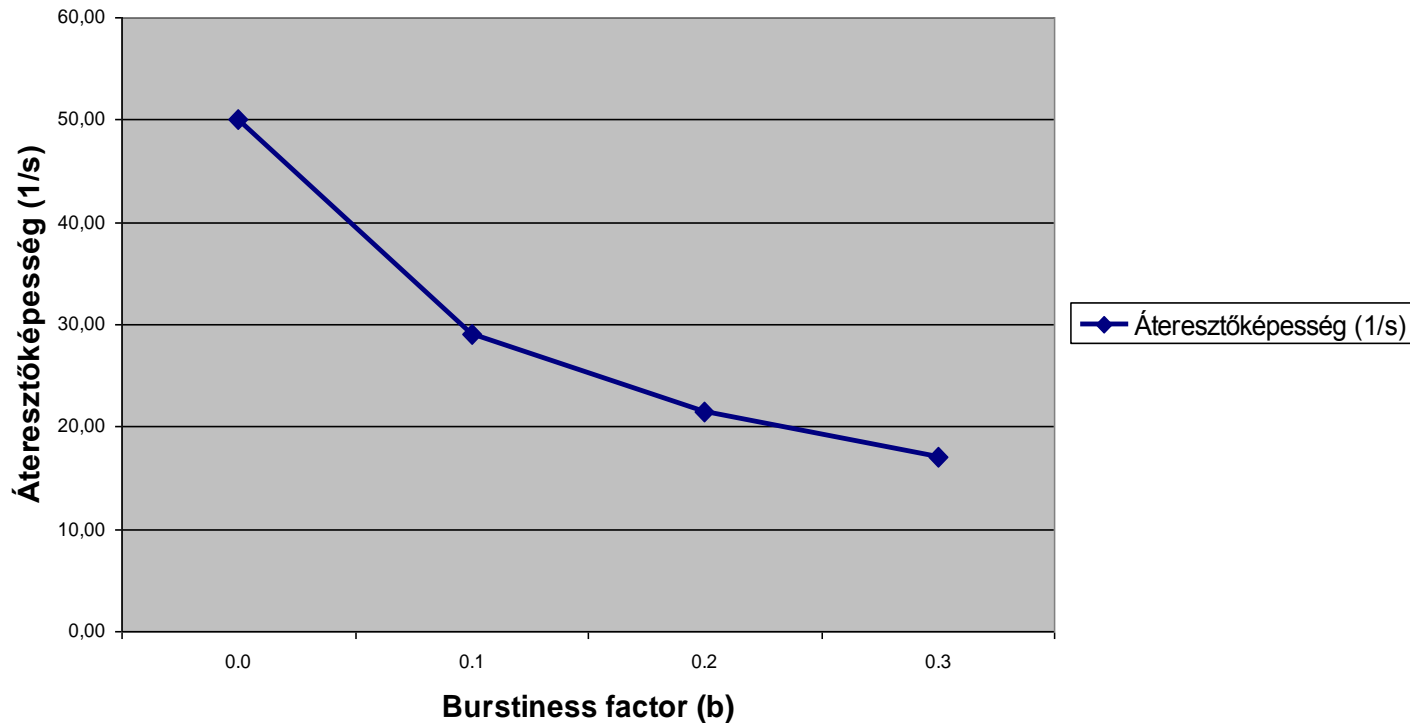
- Hogyan függ a burstiness factor a felbontás finomságától? (n)



A löketek hatása

- Hogyan függ az áteresztőképesség a burstiness factor-tól?

A löketek hatása az áteresztőképességre



Terheléselosztás

- Terheléselosztás
 - Statikus: előre meghatározott (kapacitás, alkalmazási profil)
 - Dinamikus: futás közben feladatok (újra)elosztása
- Fogalmak
 - Terhelés (load): igényelt számítási/feldolgozási kapacitás
 - Kihasználtság (utilization): komponensenkénti terhelés
 - Kapacitás (capacity): komponens terhelhetősége
- Stratégiák
 - Feladat sorban állási modellek (feladathalmazból választás)
 - Gradiens modellek (szomszédos terhelések kiegyenlítése)
 - Előrejelzésen alapuló módszerek (terhelés átvétele)

Dinamikus terheléelosztás lépései

1. Terhelés mérése (Load measurement)
Komponensenkénti terhelés meghatározása
2. Megtérülés elemzése (Profitability analysis)
Érdemes-e feladatokat átmozgatni komponensek között?
3. Terhelésátadás számítása (Transfer calculation)
Az ideális terheléelosztás számítása
4. Feladat(ok) kiválasztása (Task selection)
Áttelepítendő feladatok az ideális terheléelosztás közelítéséhez
5. Feladat(ok) áttelepítése (Task migration)
6. Szemcsézettség beállítása (Granularity adjustment)
Feladatok felosztása (ha kell) a célarchitektúrához igazodva

Web szerver terheléselosztás

- Domain Name Server-alapú megoldás
 - DNS round-robin: több IP cím egy domain névhez
 - DNS szerver egyszerű terheléselosztást végez
- Szerver-bázisú megoldás
 - Szerver vagy kiszolgáló, vagy átirányítási címet ad
 - Növeli a válaszidőt és a hálózati forgalmat
- Diszpécser-alapú megoldás
 - Speciális router kezeli a közös IP címet
 - Kéréseket elosztja a Web szerverek között

Terheléselosztás megvalósítási kérdések

- Titkosított üzenetek kezelése
- DDOS védelem (pl. SYN flood ellen)
- TCP bufferelés
- HTTP cache
- Tűzfal funkcionalitás
- Autentikáció
- Tartalomfüggő elosztás
- Prioritások kezelése