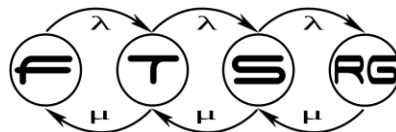


Kapacitástervezési metodika

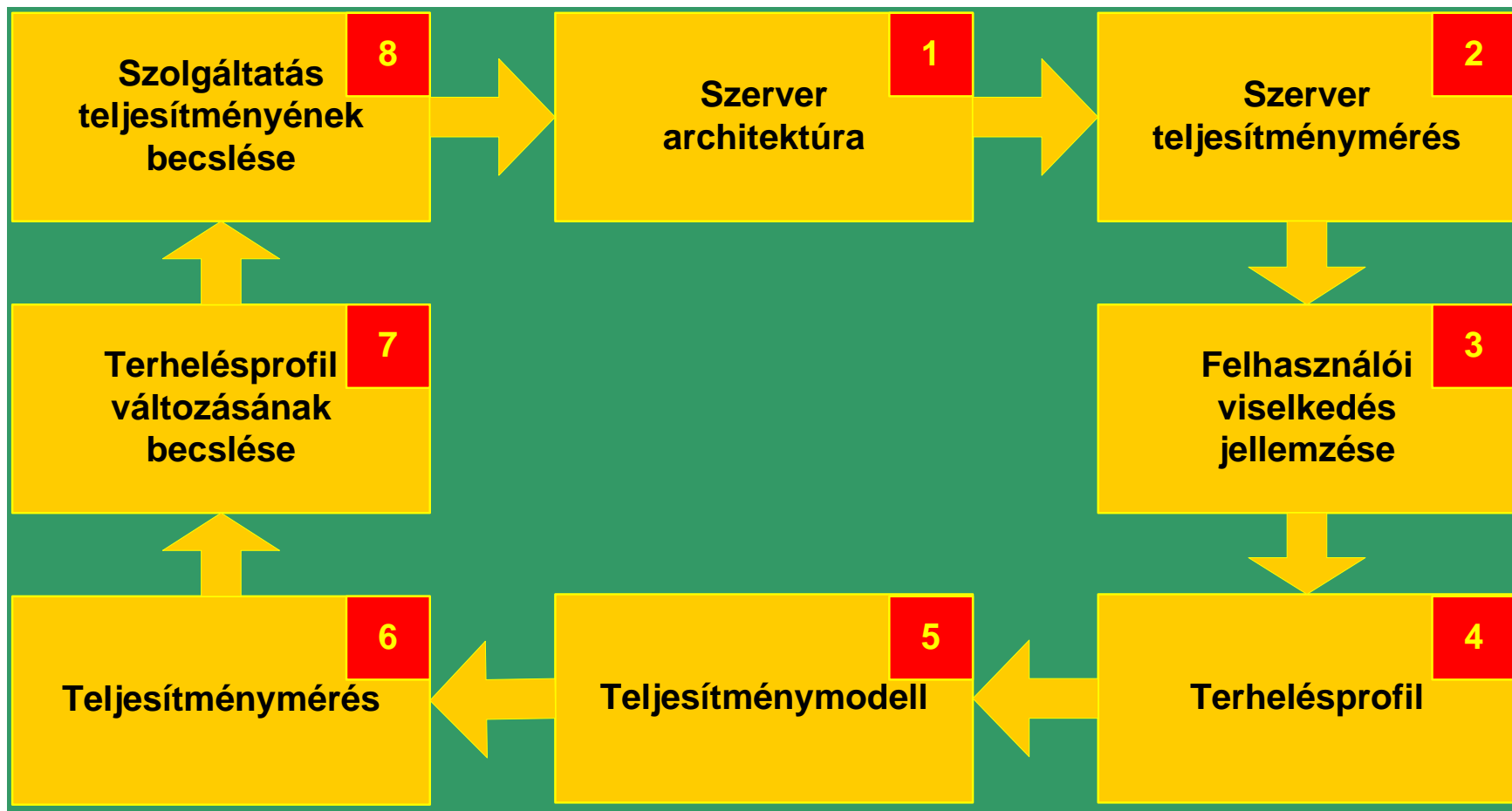
**Budapest University of Technology and Economics
Fault Tolerant Systems Research Group**



Kapacitástervezés

- „Annak **becslése**, hogy a rendszer mikor **telítődik** a terhelés hatására”
- „A leginkább **költséghatékony** módszer megtalálása, mellyel a rendszer **túlterhelése** a lehető legjobban **késleltethető**”
- Figyelembe veszi a nyújtani kívánt szolgáltatás szintjét

A mennyiségi analízis lépései



Mitől függ az elvárt kapacitás?

- Service Level Agreement (SLA):
 - A vezetés által meghatározott mérőszámok (válaszidő, elérhetőség, átbocsátóképesség)
- Használt technológiák, szabványok
- Pénzügyi lehetőségek
- Kapacitástervezés:
 - **kvantitatív** szemlélet
 - cél: ne kelljen túl sűrűn változtatni a rendszeren

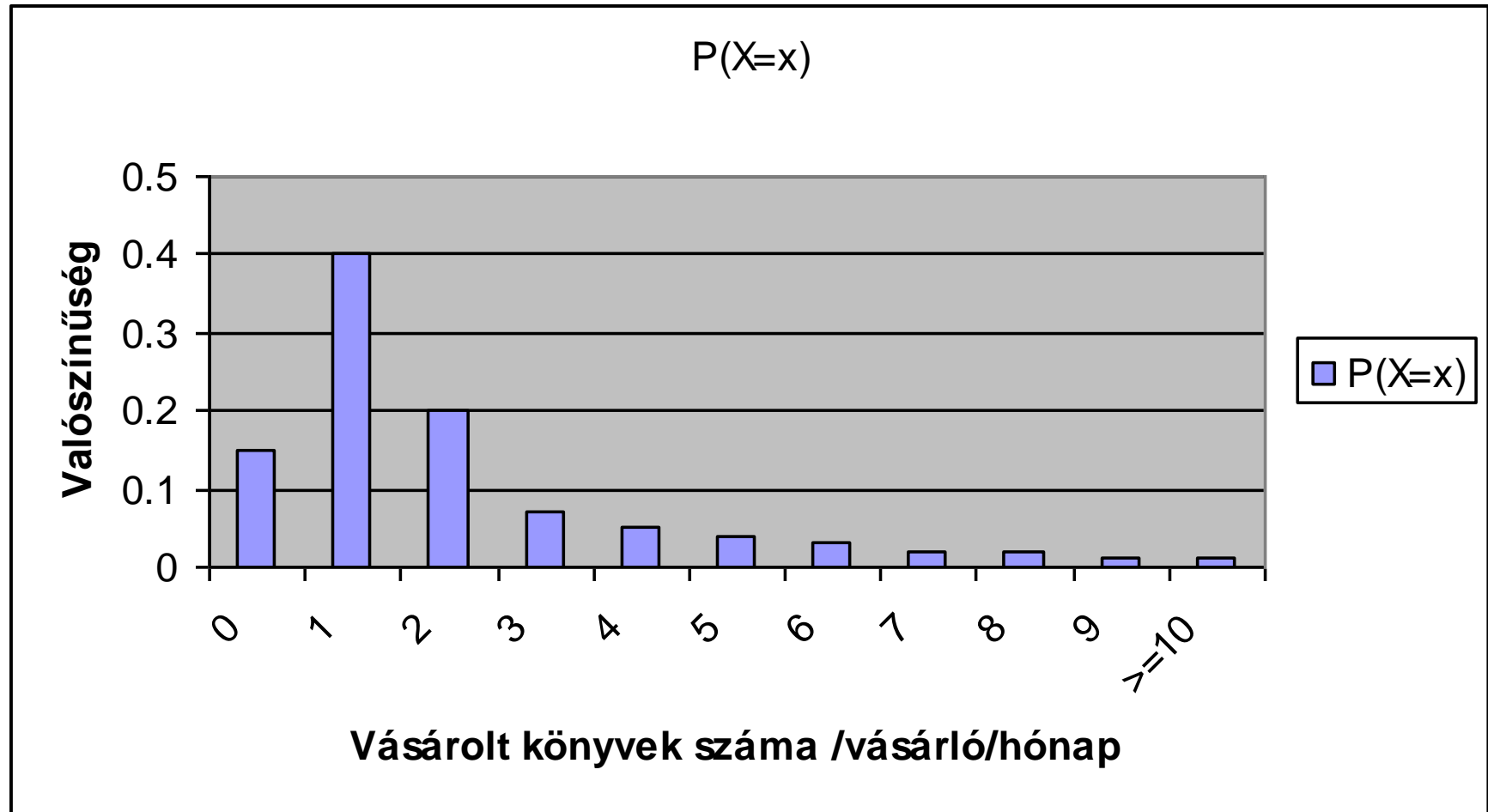
Mitől nőhet a terhelés?

- A rendszer változatlan, nő az átlagos terhelés
 - pl. eddigi 10000 helyett 15000 látogató
- Új alkalmazások/szolgáltatások
 - pl. szemelvények a könyvekből
- Változik a felhasználók viselkedése
 - hirtelen változás az informatikai rendszeren kívül (pl. hirdetési kampány, 9.11.)
 - navigációs minták változnak (többen keresnek)

Üzleti folyamat leírása

- Külső szolgáltatások
 - hirdetés
 - fizetés külső szolgáltatás segítségével
 - itt: más cégek honlapjai (banner)
- Mennyiségi leírás
 - hány könyv van a rendszerben, most: 4000, cél : 10000
 - milyen árkategóriából mennyit akarunk eladni
 - vásárlási minta (milyen időszakban milyen valószínűséggel érkeznek bizonyos kérések)
 - egyéb eddigi statisztikák
 - készletek

Online könyvesbolt vásárlási mintája



Zipf törvénye

- korpuszokban előforduló szavak száma és gyakorisága jellegzetes eloszlást mutat
- De!
 - Az idők során bebizonyosodott, hogy nem csak nyelvi szövegekre igaz
 - Több tudomány területen alkalmazható



George Kingsley Zipf
(1902–1950)
amerikai nyelvész,
filológus

Zipf törvénye - Megfigyelhető

- Slágerlisták
- Városok populációja rangsoruk szerint
- Internetes forgalom karakterisztikája
- Weboldalak aloldalainak népszerűsége
- Nyílt forrású OS-ek evolúciója

Zipf törvénye - Képlet

$$R_i \sim \frac{1}{i^\alpha} \quad f \sim \frac{1}{p}$$

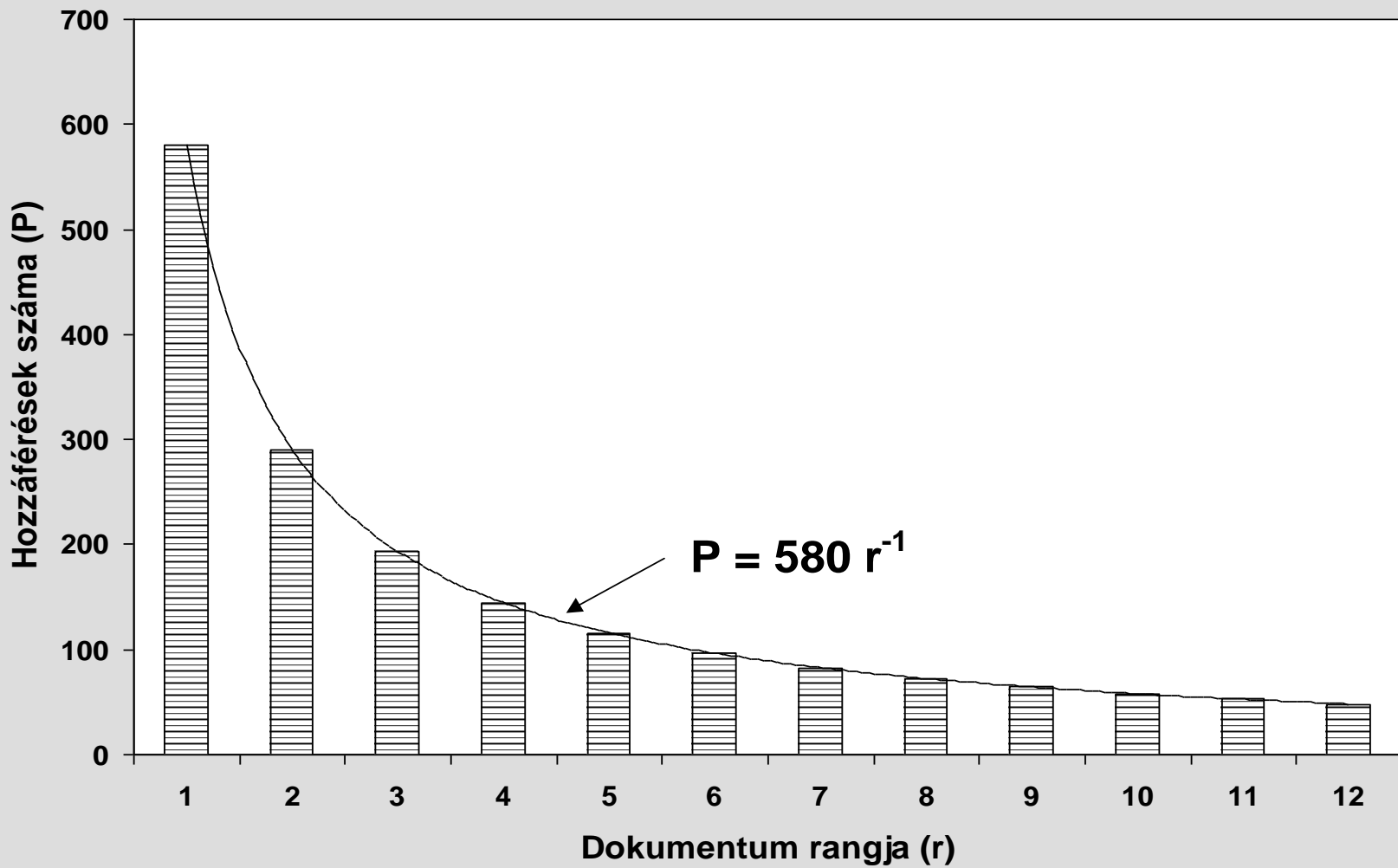
- R_i – az i . szó rangja
- α – a korpuszra jellemző 1 közeli érték
- f (frequency)
 - gyakoriság
- p (popularity)
 - a szöveg „rangja” (csökkenő sorrendben)

Zipf törvénye – Web dokumentumokra

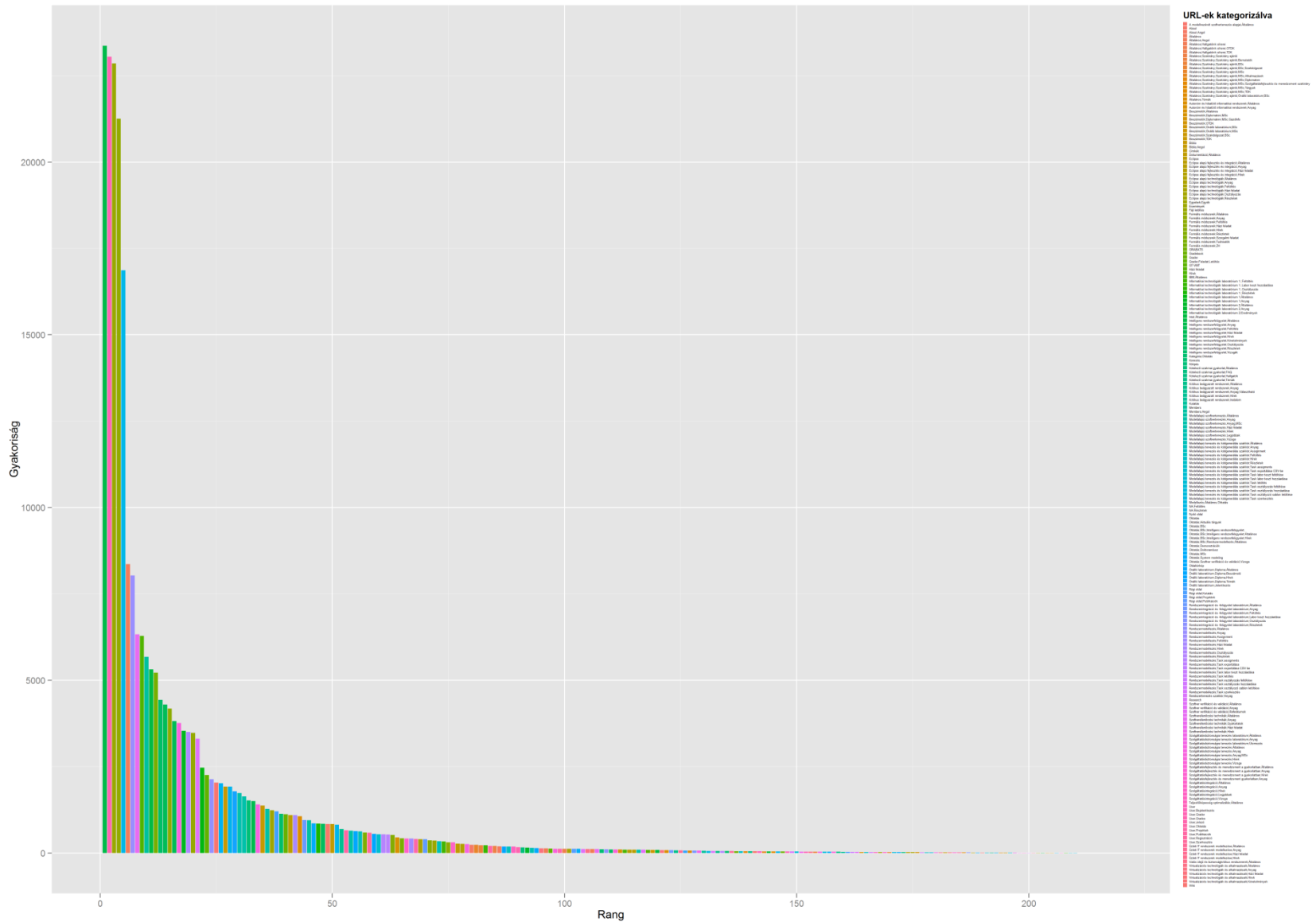
$$P = \frac{k}{r}$$

- P – hivatkozások (elérések)
- r – rang (1 = leggyakoribb)
- k – pozitív konstans

Zipf – Példa (1)

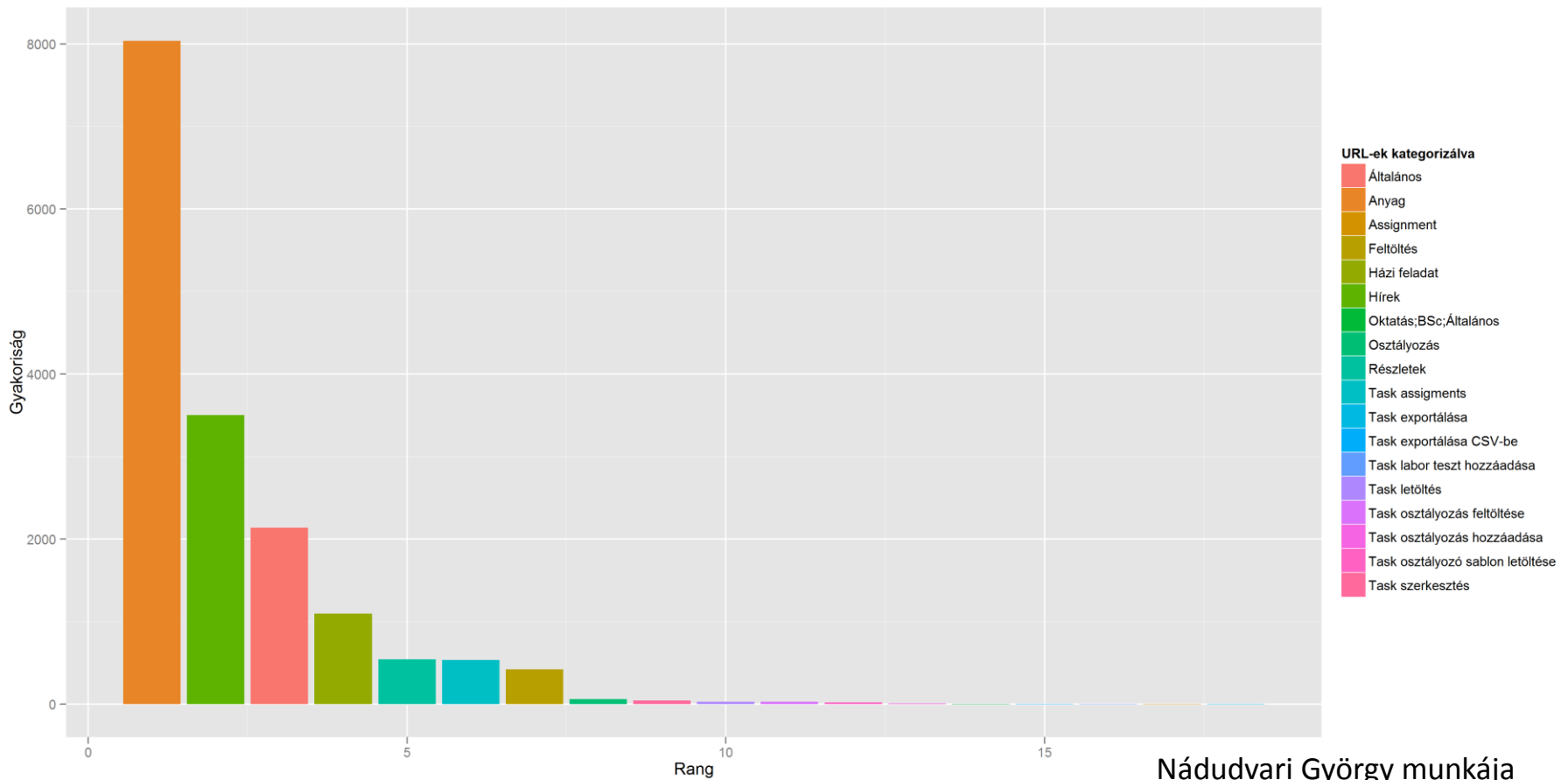


Zipf – Példa: Tanszéki honlap (1)



Zipf – Példa: Tanszéki honlap (2)

- A Rendszermodellezés tárgy oldalainak látogatottsága



Nádudvari György munkája

Felhasználói viselkedés

- CBMG megalkotása
- Statikus: oldalak szerkezet alapján
- HTTP logok alapján
- Hasonló viselkedésű felhasználók csoportosítása
- Hogyan változik a modell az új funkciók bevezetése után?
 - Pl. a Home oldalról egyenesen mehet a Vásárláshoz?

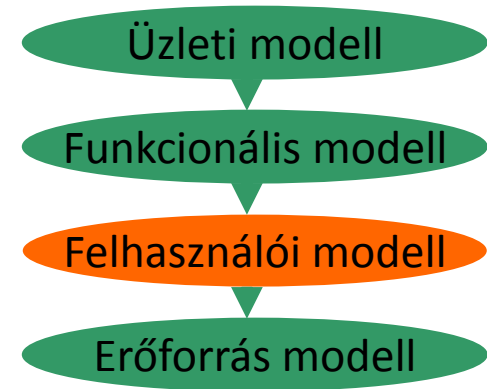
Felhasználói, terhelés és erőforrás modellek

■ Felhasználói modell

- navigációs minták: felhasználhatók a későbbi terhelés előrejelzéséhez (mi történik, ha hirtelen több felhasználó jelenik meg, többet keresnek, stb.)
- eszköz: **Customer Behavior Model Graph** (CBMG) ,
Customer Behavior Model Statechart (CBMS)
- terhelési paraméterek meghatározása: ha csak a jelenlegi terhelési modell felírása a cél, elég egy kevésbé részletes felírás
- eszköz: **Customer Visit Model** (CVM), kevésbé részletes, nem használható előrejelzésre
- mindig egy session-t vizsgálunk (azonos felhasználótól egy látogatás alatt érkezett kérések sorozata)

Felhasználói modell – CBMG

- Irányított gráf az oldalak közti lehetséges átmenetek és valószínűségeik ábrázolására
- n csúcs, ahol
 - 1. csúcs: **Entry** állapot, absztrakt belépési pont, minden felhasználó innen indul ide nem tér vissza
 - n . csúcs: **Exit** állapot, absztrakt kilépési pont, a folyamat vége (nem mindig ábrázoljuk)
 - a többi csúcs megfelel a felhasználó által elérhető szolgáltatásoknak (oldalaknak)
- élek: az oldalak szerkezete határozza meg a csúcsok közt lehetséges átmeneteket



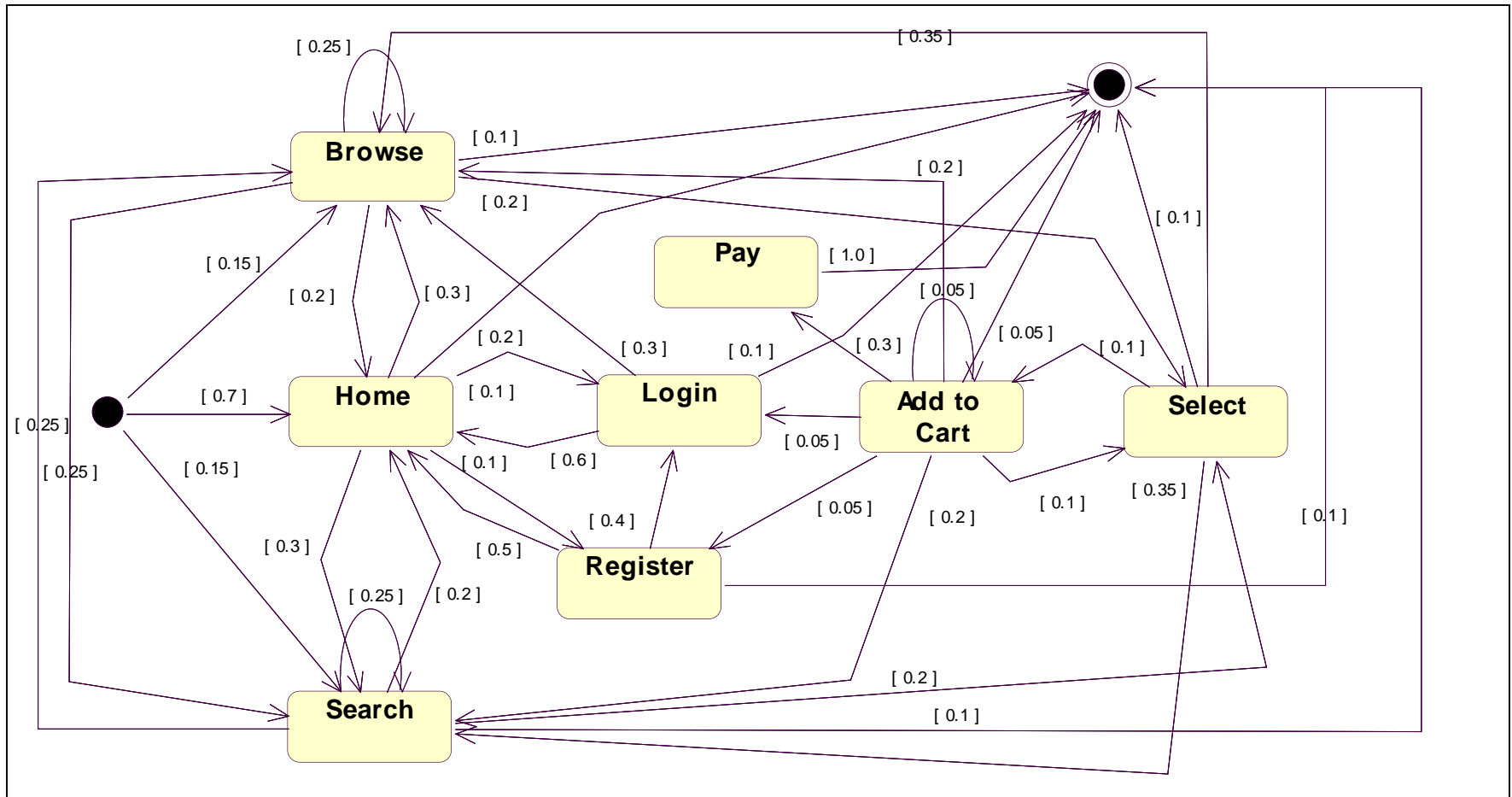
CBMG meghatározása

- Statikus CBMG: oldalak és köztük lévő lehetséges átmenetek
 - az oldalak által nyújtott szolgáltatások meghatározása
 - (pl. Login, Register, Add Item, Remove Item, Pay, Get Quotes, Download, Subscribe, stb.)
 - a szolgáltatások halmazának finomítása – az infrastruktúrát különböző mértékben terhelő szolgáltatásokra
 - (pl. Download szétválasztása Download Audio, Download Video szolgáltatásokra)
 - lehetséges átmenetek meghatározása – az oldalak megjelenítésének vizsgálatával
 - (linkek, formok, menüpontok, stb.)

Felhasználói modell: CBMS

- Customer Behavior Model Statechart
- UML állapotdiagram
- Hasonló információt hordoz, mint CBMG, de mindezt szabványos módon jeleníti meg
- Állapotok: az oldal funkciói (állapotai)
- Lehetséges átmenetek: rendszer modellje alapján
- Átmenetekhez valószínűség tartozik (dinamikus viselkedés)
 - meghatározás: „Terhelés” ea.

Felhasználói viselkedés állapotdiagram modellje



Felhasználói viselkedés vizsgálata

- Mérőszámok (felhasználói modell és egyéb statisztikák alapján):
 - *Revenue Throughput*: az oldal által elért átlagos bevétel
 - *Potential Loss Throughput*: mennyibe kerül a szolgáltatás kiesése egy adott időszakban
 - *Visit Ratio*: átlagosan hányszor vesznek igénybe egy adott szolgáltatást (egy session alatt)
 - *Buy to Visit Ratio*: átlagosan hányszor vásárolnak egy session alatt (tényleges eladási tanzakció)
 - *Average Session Length*: egy session átlagosan hány szolgáltatást vesz igénybe (nem időt mér)
 - mindezen mérőszámok változása, ha a bemenő paraméterek megváltoznak (pl. egyes átmenetek valószínűségei)

Felhasználói viselkedés vizsgálata

- Az előbbi példából kinyerhető adatok :
 - *Buy to Visit Ratio (BV)*: **Pay** állapot előfordulásának várható értéke, $\sum_k [\prod P(i,j)]$ az összes lehetséges **Entry-Pay** útra (k darab), *BV* értéke itt 0.058 (5.8 %)
 - *Végrehajtott eladási tranzakciók száma*: ha naponta 100000 látogató (session) van, akkor átlagosan $100000 \cdot 0.058 = 5800$
 - *Átlagos session hossz* (average session length): az állapotok átlagos előfordulásainak összege, itt 7.998 (**Exit** és **Entry** állapotok előfordulási gyakorisága mindig 1, itt nem számítanak)
 - mindezen adatok kiszámolhatóak más átmeneti valószínűségek esetén is (pl. ha megnő a keresés után vásárlók száma)

Customer Visit Model (CVM)

- CVM: különböző típusú felhasználók viselkedését jellemző vektorok (melyik állapotban hányszor járt)
- A felhasználók csoportosítása cluster technikákkal történik, ld. „Terhelés” ea.
- Nem jelzi az egyes állapotok közti átmenetek gyakoriságát, kevésbé alkalmazható előrejelzésre

	Session1	Session2	Session3
Home	1	2	3
Browse	4	8	4
Search	5	5	3
Login	0	1	1
Pay	0	0	1
Register	0	0	1
Add to Cart	0	2	1
Select	3	3	2

Session azonosítás

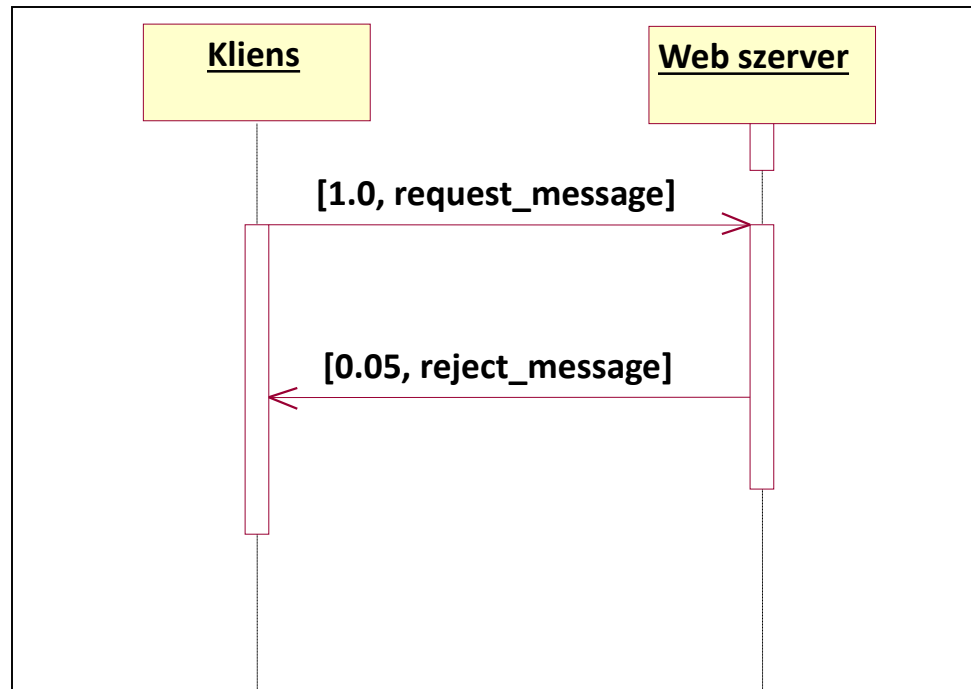
- **Cookie-k használatával**
 - szerver generál egy ID-t, amit a kliens minden kéréssel elküld, az kliens mellett az alkalmazás állapotát is tárolhatja (pl. bevásárlókocsi)
- **Autentikációs mechanizmusok, rejtett mezők HTML oldalak formjaiban, dinamikus URL-ek, stb.**
- **Szerver logok alapján, várakozási küszöbérték (threshold) használatával**
 - ha ennél hosszabb a szünet két kérés (request) elküldése közt, akkor két külön session

C/S Interaction Sequence Diagram (CSISD)

- Szekvenciadiagramok minden lehetséges esetre
- Objektumok: kliens és a különböző szerverek (erőforrások)
- Nyilak: üzenetküldés
- Üzenetek: $[p, m]$ párok, ahol p az üzenet küldésének valószínűsége, m a mérete (byte)
 - pl. $[0.05, \text{reject_message}]$: 5% valószínűséggel `reject_message` méretű üzenetet küldünk
- Minden lehetséges végrehajtási szekvencia kliensből indul ki és kliensben végződik
- CSID: C/S Interaction Diagram
 - a szekvenciák összessége

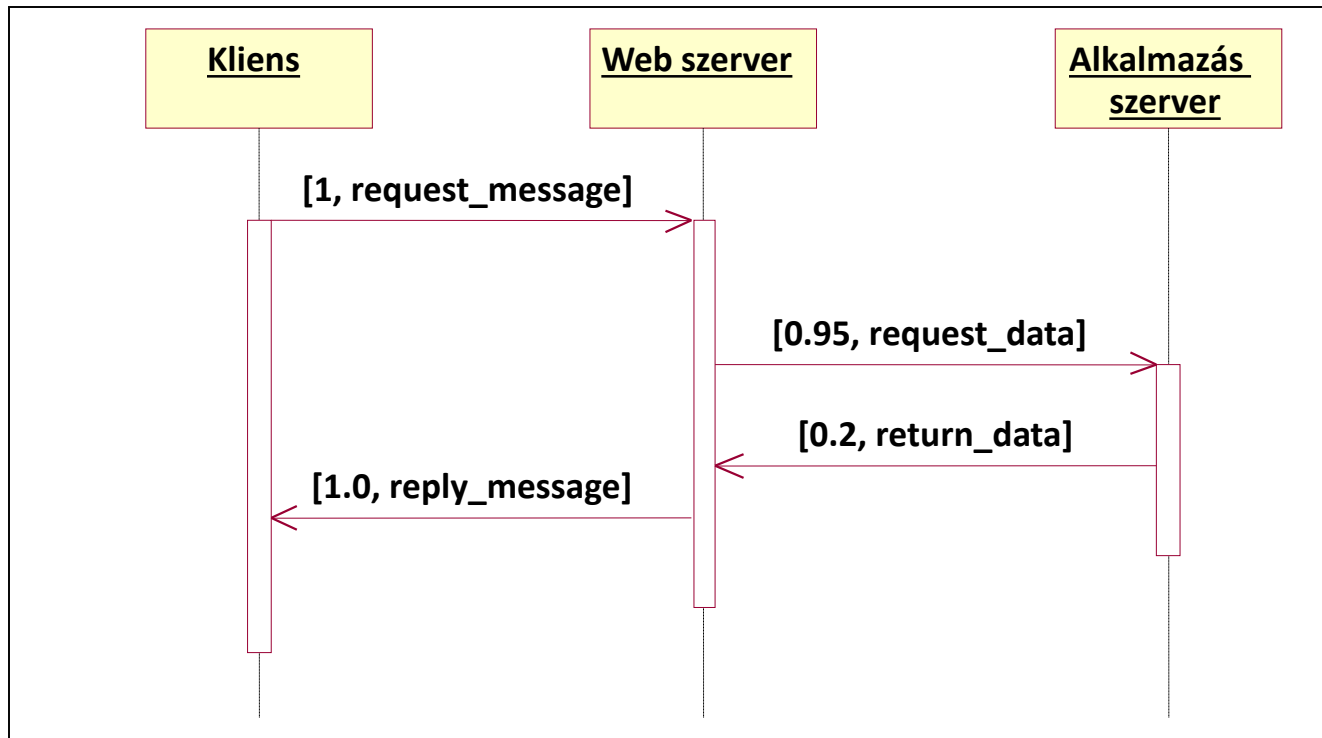
CSISD példa 1.

- Kliens kér valamilyen adatot a Web szervertől, 3 lefutási lehetőség
- 1. eset: A Web szerver túlterhelt: elutasítja a kérést



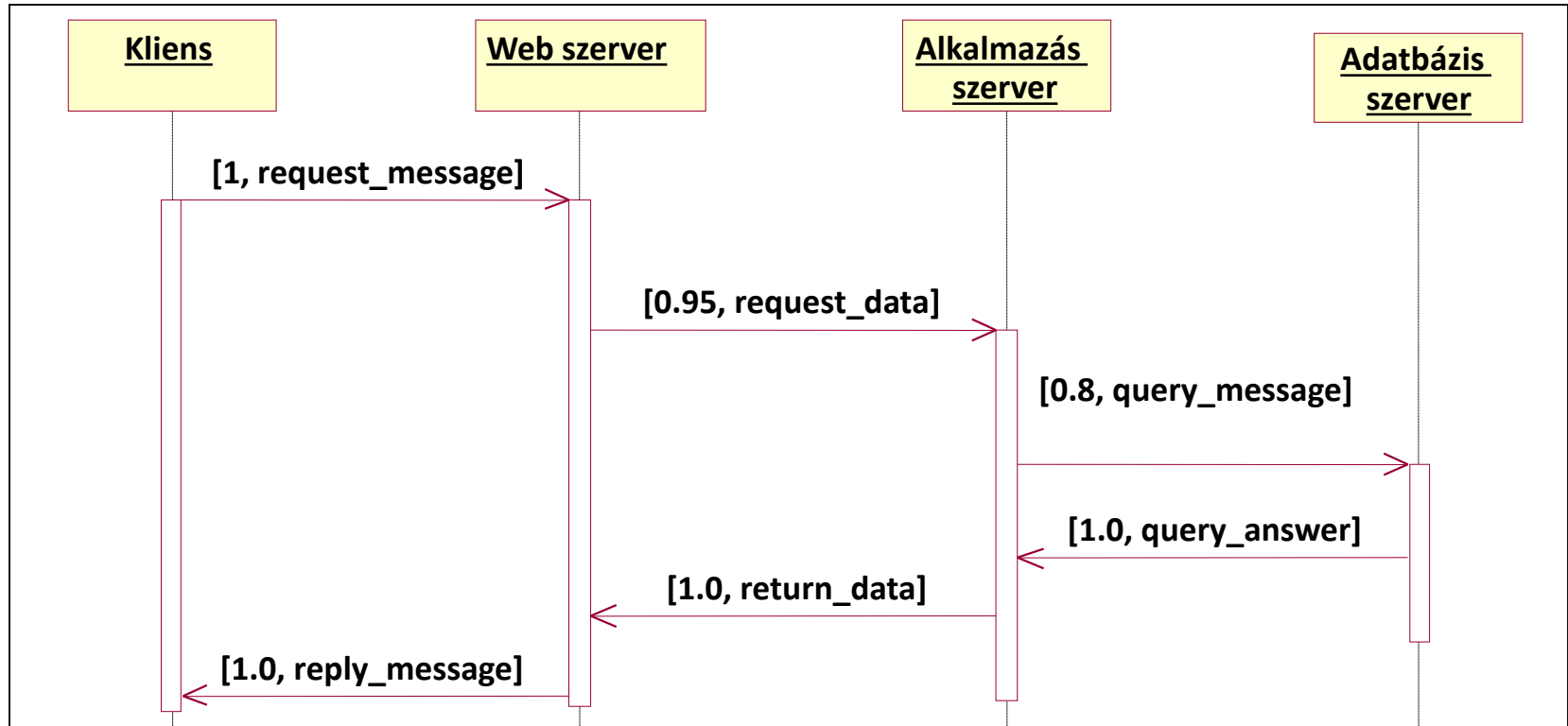
CSID példa 2.

- 2. eset: A Web szerver továbbküldi a kérést valamilyen alkalmazásnak (alk. szerver), az alkalmazás cache-ből visszaadja az adatot



CSID példa 3.

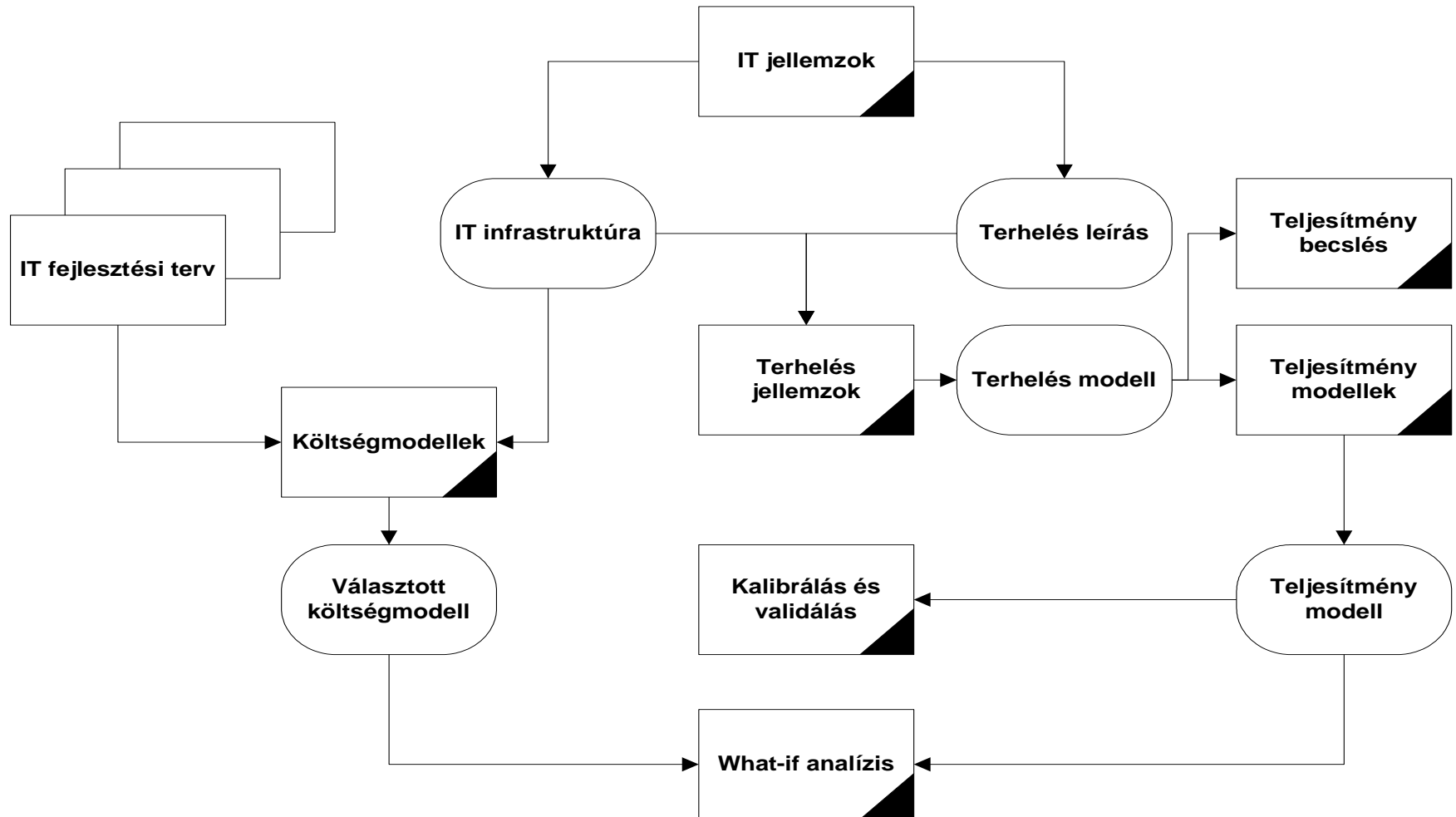
- 3. eset: A Web szerver továbbküldi a kérést, az alkalmazás lekérdezést hajt végre az adatbázisszerveren, majd visszaadja az adatot



CSISD elemzése

- mennyi a lokális hálózat forgalma, ha minden szerver ugyanazon a LAN-on van? $\Sigma (p*m)$ minden szerverek közti üzenetre
- Mi történik, ha a Web szervert leválasztjuk?
 - (Web szerver:LAN1, többi LAN2)
 - (Szerver oldali) hálózati késleltetés meghatározása sávszélesség és üzenetméret alapján
- Milyen lesz a teljesítmény, ha minden szerver ugyanazon a gépen fut?

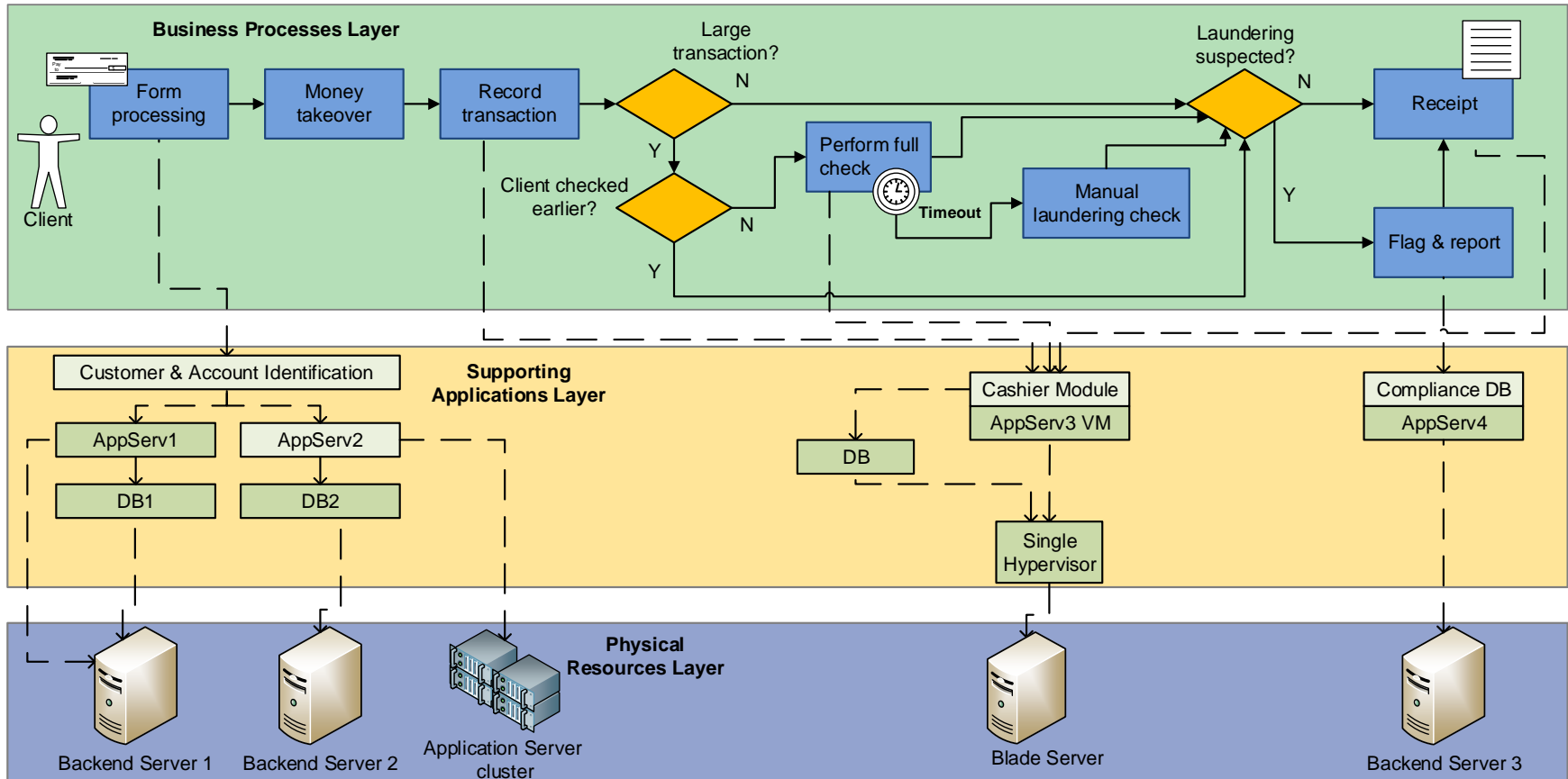
Erőforrás szintű kapacitástervezés lépései



Erőforrás szint

- Felhasznált IT erőforrások konkrét meghatározása az előző modellek alapján
- Informatikai környezet meghatározása
 - infrastruktúra és
 - terhelés leírása
 - felhasználói funkciókhoz tartozó programok meghatározása
- Infrastruktúra:
 - hardver (szerver gépek, diszk farmok, routerek, tűzfalak...)
 - szerverek (Web ~, alkalmazás ~, adatbázis ~, DNS...)
 - szoftverek (OS, middleware, adatbáziskezelő...)
 - Hálózati kapcsolat, hálózati protokoll
 - Fizetési szolgáltatás (Payment service)

Példa



Erőforrás szintű terhelés meghatározása

R: adott erőforrás

F: funkciók halmaza

$$E[\text{terhelés}_R] = \sum_{|F|} (\text{gyakoriság}_F * E[\text{terhelés}_{F,R}])$$

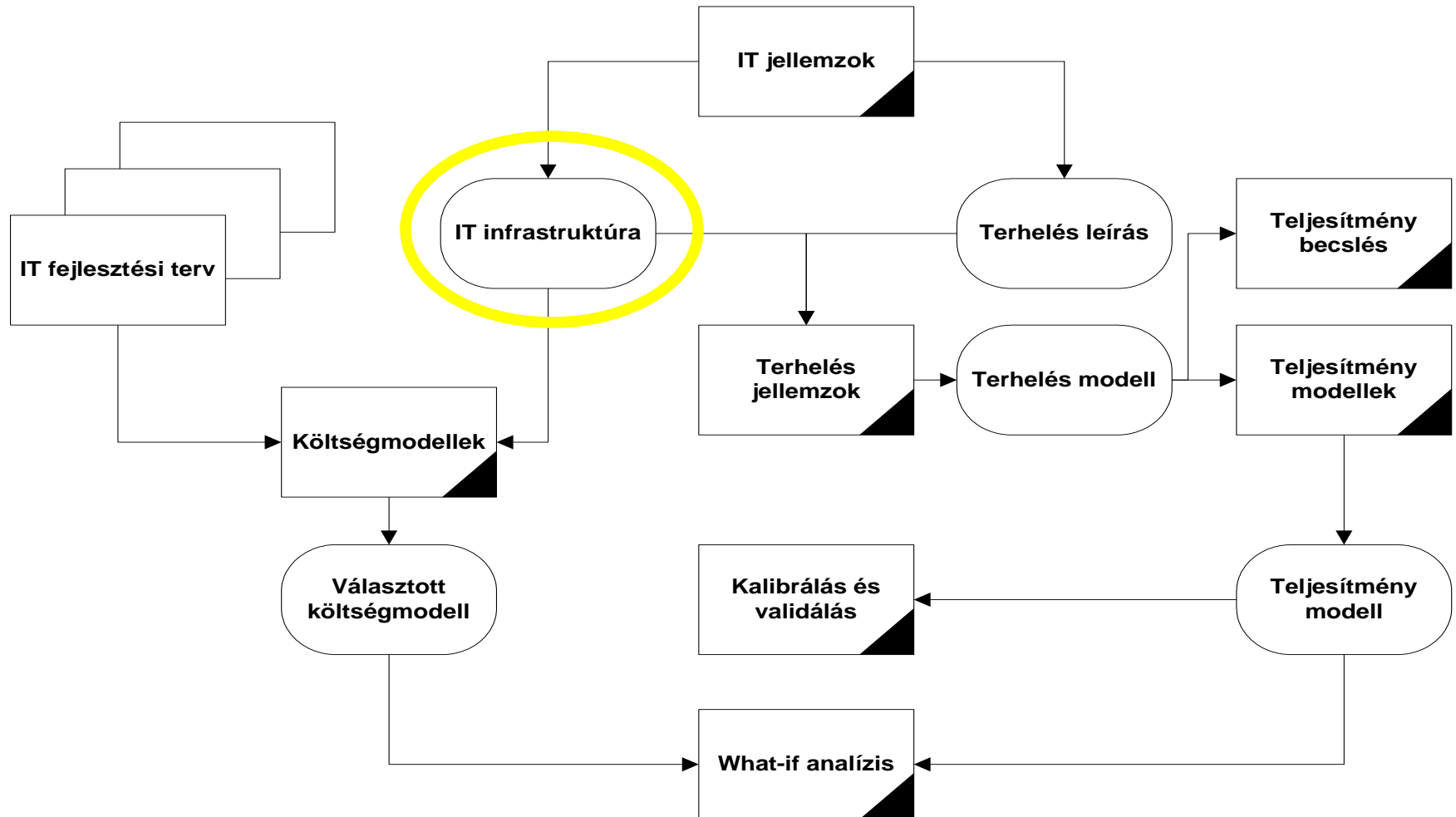
**felhasználói
(nem inf.) mérték**

... csal, mert

- nem additív a terhelés
 - Taszkváltás, cache frissítés, stb.
- lehetnek kiugró erőforrásigények

**informatikai
(műszaki) mérték**

Infrastruktúra leírása

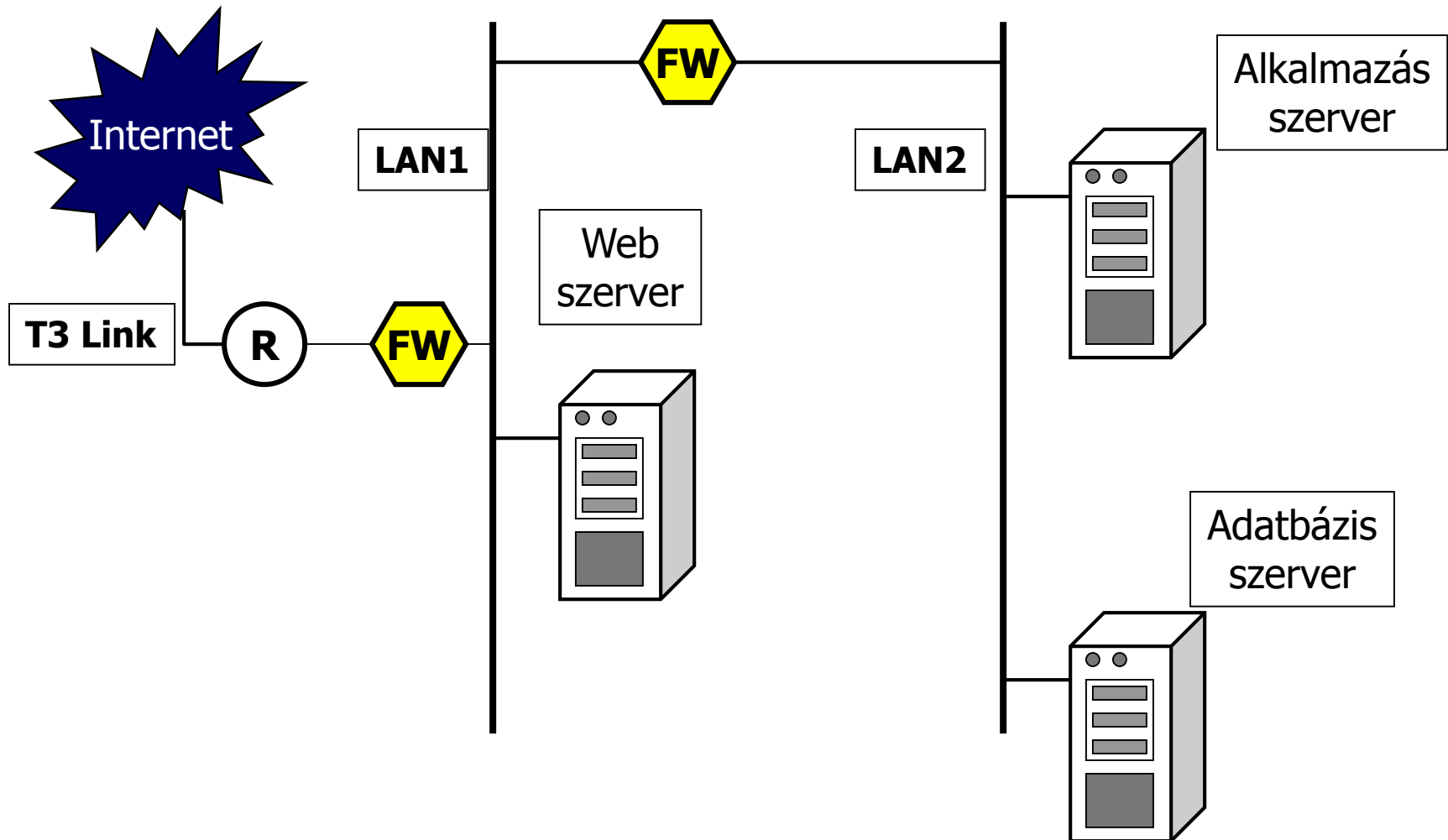


Informatikai környezet meghatározása

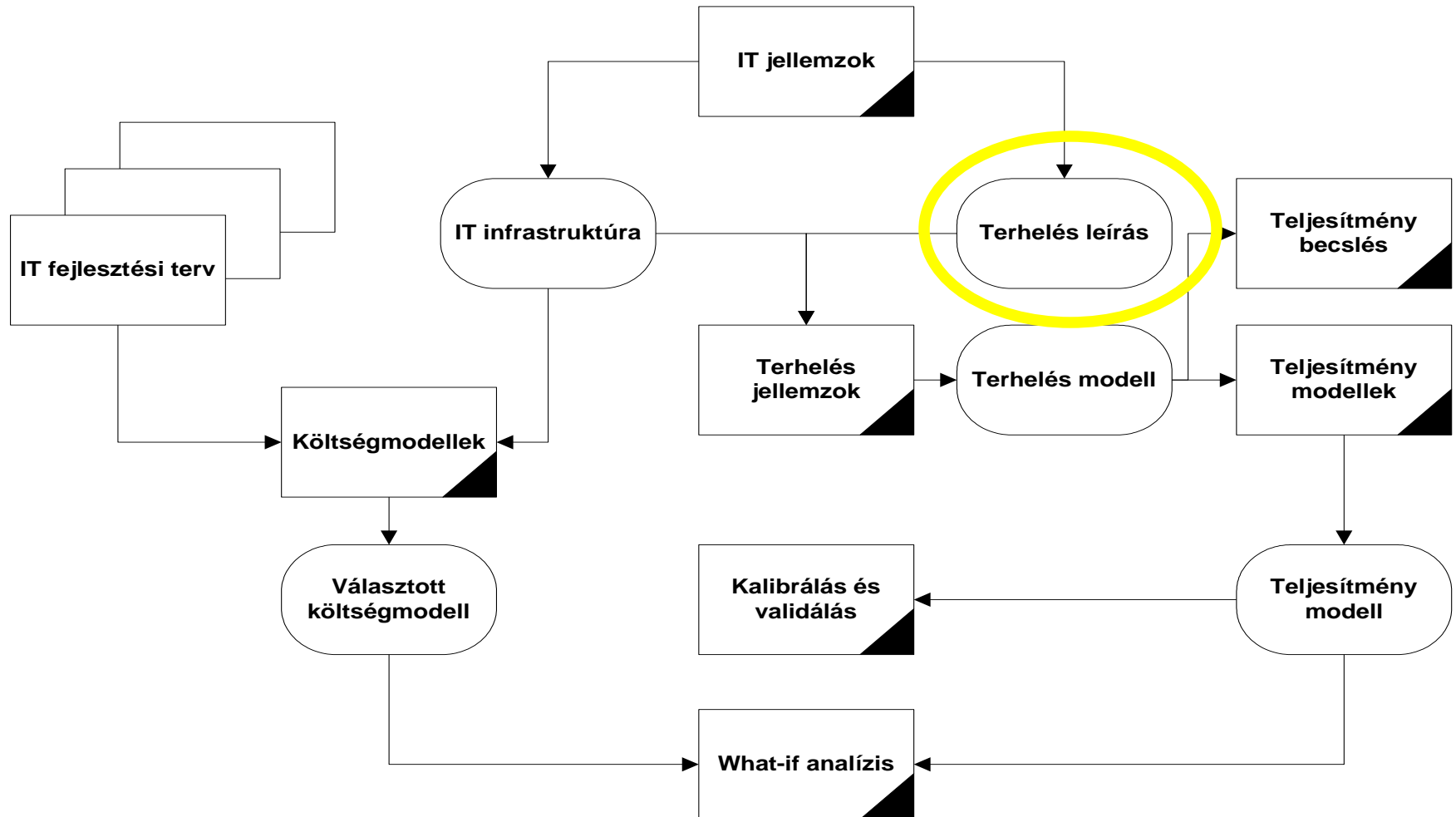
- Cél: meghatározni a funkciókhoz tartozó tranzakciókat (elemi lépéseket) és az ezek által használt erőforrásokat

E-Business szolgáltatás	Tranzakciók	Szerver
Könyv kiválasztás	ShowBooks	WS
	DisplayBooks	AS
	SearchBooks	DB
	LaunchShowBooks	WS
	DisplayBooksByAuthor	AS
	SearchBooksByAuthor	DB
	SendReply	WS
Option Selection	LaunchShowOptions	WS
	DisplayBookOptions	AS
	SearchBookOptions	DB
	SendReply	AS

Példa: a kereskedés informatikai infrastruktúrája



Terhelés leírása



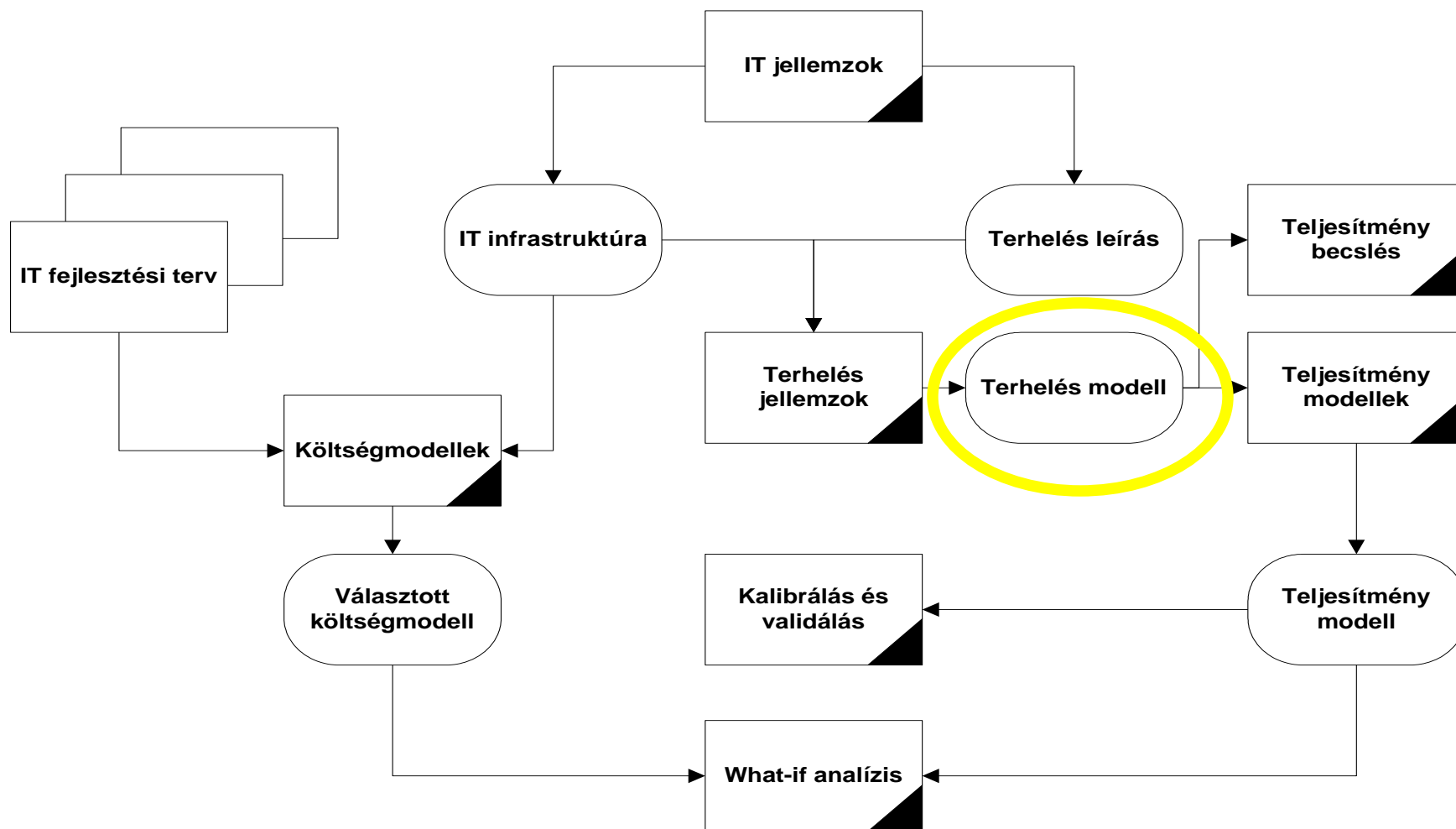
Terhelés leírása

- Az előző lépésben meghatározott modellt veszi alapul
 - melyik szolgáltatás milyen erőforrásokat használ
- Alapvető komponensek: tranzakciók
- CSISD (szekvenciák) felírása, minden szerveroldali objektumhoz tranzakciónév
- Komponensekhez gyakoriság (érkezési ráta) és erőforrásigények meghatározása
- Cél: Szolgáltatások erőforrásigényeinek meghatározása

A komponensek jellemzése

Komponensek és paraméterek	Paraméter típusa
<i>"Eladás" tranzakció</i>	
Egy kliensre jutó tranzakciók száma	Intenzitás (I)
Kliensek száma	I
Adatbázis I/O műveletek száma	Szolgáltatás igény
CPU használat az adatbázis szerveren	Sz
Átlagos üzenetméret	Sz
<i>Multimédiás bemutató</i>	
Átl. Session szám/nap	I
Video fájlok átl. mérete	Sz
HTTP oldalak átl. mérete	Sz
Átl. letöltött képek / session	Sz
CPU használat a web szerveren	Sz

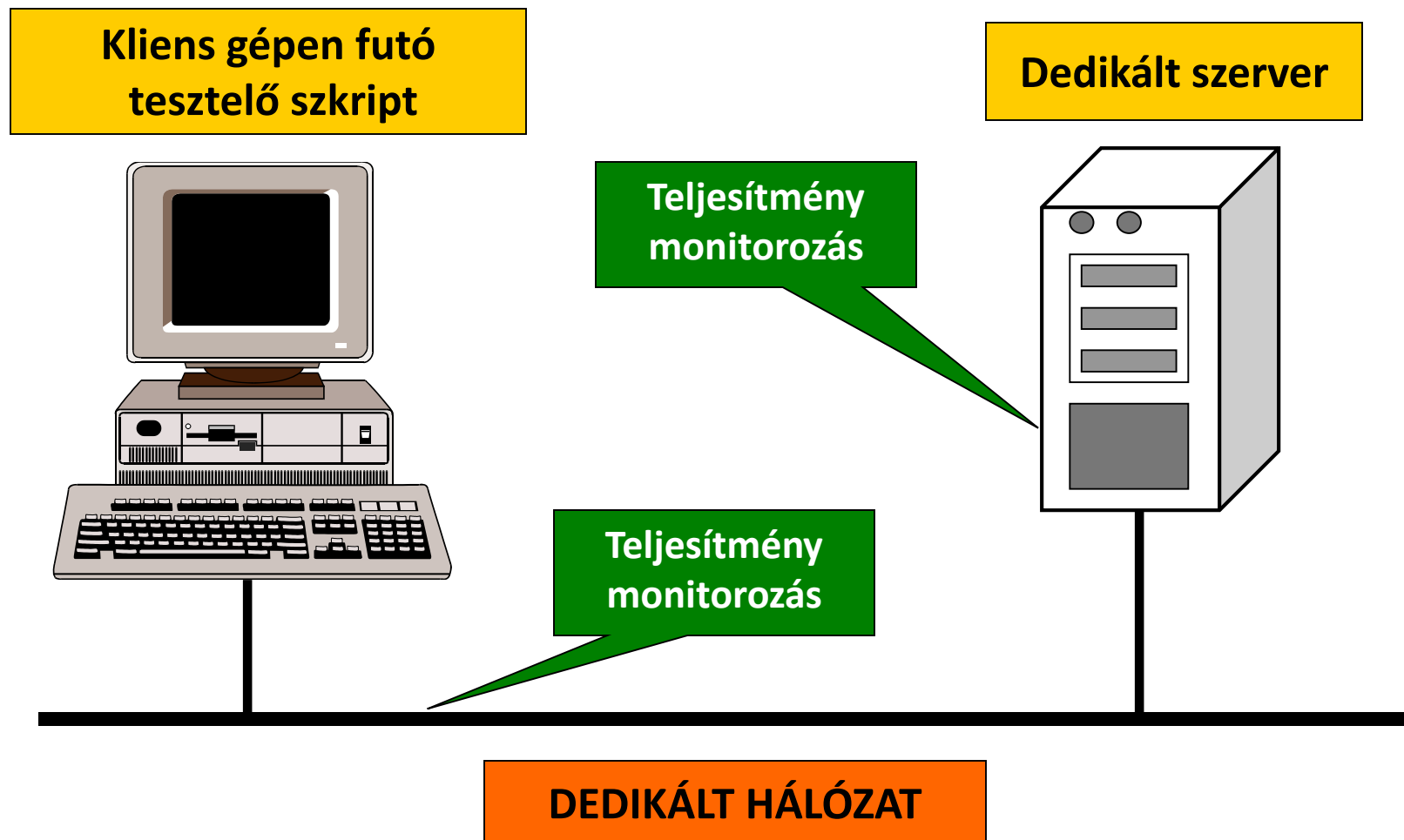
Terhelés modell



Honnan lesznek adataink?

- Hol mérünk?
 - Felhasználó szemszögéből
 - Üzemeltető szintjén
 - Alkalmazástól függően
 - Mérés/monitorozás
 - Többszintű architektúra
 - Virtualizált környezetek
 - Mintavételezés
 - Mérés többletköltsége, mérési hibák
 - Nagyszámú változó
 - Topológia változása
 - Sok mért érték kezelése (ld. virtualizált példa)
- Valós környezetben nehéz feladat

Terhelés mérése ellenőrzött környezetben



What-if analízis

- Mi történik, ha berakunk egy új Web szerveret?
 - teljesítmény nő 😊
 - költség is ☹️
- Megéri-e gyorsabb hálózatra váltani?
- Mi történik, ha replikáljuk az adatbázis szerveret (eddig 1 helyett 2) ?
- ...
- A hatást visszacsatoljuk az üzleti modellbe

Ökölszabályok („tradicionális”)

1. A memória tárhely minden 3 évben megnégyszereződik (Moore)
2. A processzor sebessége minden 3 évben megduplázódik (Moore)
3. A háttértár kapacitása 10 évenként megszázsorozódik
4. A hálózati sávszélesség minden 3 évben megnégyszereződik (Gilder)
5. A RAM MB/MIPS arány 1-ről 4-re növekszik (Amdahl)

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