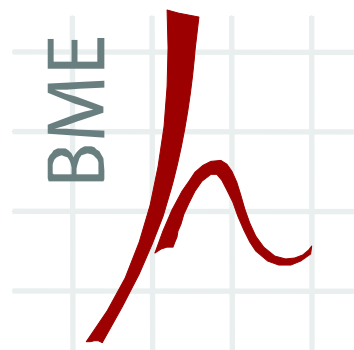


Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem
Villamosmérnöki és Informatikai Kar
Villamosmérnöki szak, mesterképzés - Újgenerációs hálózatok szakirány
Hálózatok fejlesztése és tervezése mellékszakirány, kötelezően választható tárgy



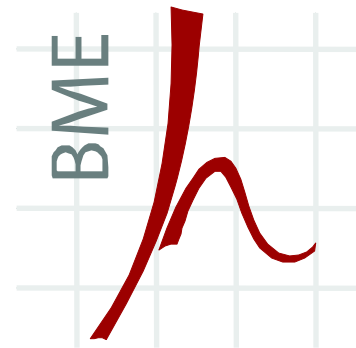
BMEVIHIM354 Hálózattervezés

3. Hálózattervezési folyamatok

*Fazekas Péter, Jakab Tivadar
Híradástechnikai tanszék*

Tartalom

- tervezés helye, szerepe
- alapfogalmak

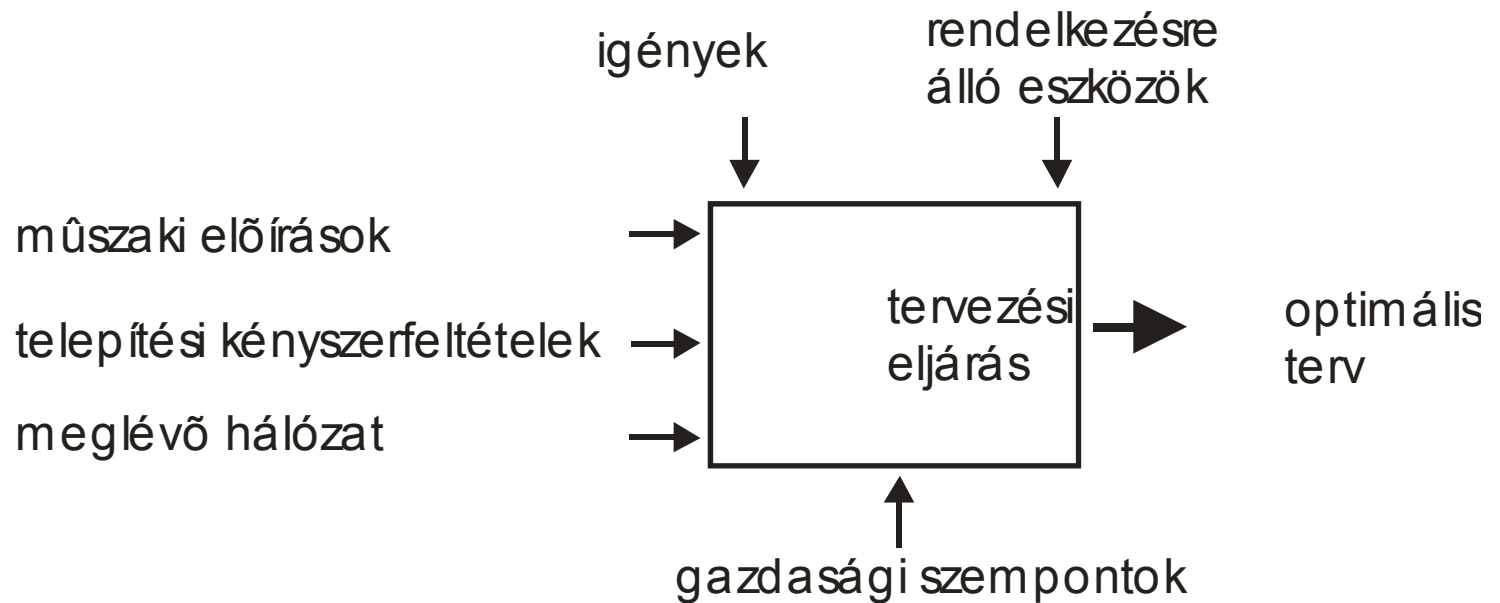


Klasszikus hálózattervezési megközelítések, főbb lépések, folyamatok áttekintése

Hálózatfejlesztési megközelítések

- technológiai orientált
- szolgáltatás (felhasználó) orientált
- tervezés versenykörnyezetben
 - verseny + együttműködés
 - tervezés hiányos információs modellek alapján

A hálózat tervezés feladata (5/1)



A hálózattervezés feladata (5/2)

- igények
 - beszéd, adat, kép, stb.átvitel alapján
- eszközök
 - technológia
 - együttműködési képesség
 - beszerezhetőség

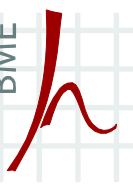
A hálózattervezés feladata (5/3)

- **műszaki előírások**
 - ajánlások
 - alapvető műszaki tervek
- **telepítési kényszerfeltételek**
 - földrajzi
 - infrastrukturális

A hálózattervezés feladata (5/4)

- meglévő hálózat
 - meglévő hálózatelemek
 - együttműködés
- gazdasági szempontok
 - beruházás, működtetés
 - jövedelmezőség
 - megtérülés

- **optimális terv**
 - igények meghatározott minőségű kielégítése
 - üzemeltethető
 - fejleszthető
 - gazdaságos

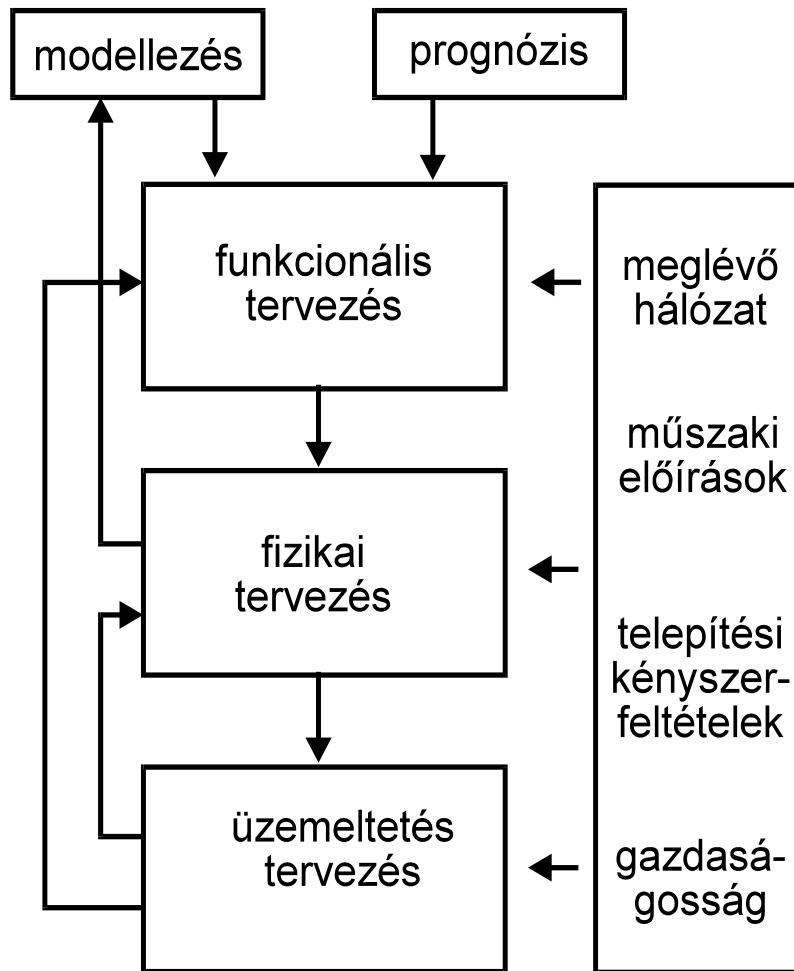


A hálózattervezés folyamata (2/1)

- nagyméretű, összetett feladat
- sok információ

- részfeladatokra bontás
- visszacsatolás
- iterációk

A hálózattervezés folyamata (2/2)



Modellezés

- **tervezési modell**
 - műszaki, telepítési, együttműködési, beszerezhetőségi szempontok
- **hálózatmodell**
- **költségmodellek**
- **rendszer technikai (funkcionális) modellek**
- **tervezési feladatra szabottan többszintű vagy eltérő modellek**

Költségmodell

- rendszerkapacitás, hatótávolság, bővíthetőség, beszerzési adatok, stb.
- biztonsági szempontok

A költségmodell felállításához részletes beruházási, árelőrejelzési adatok szükségesek.

Igényprognózis

- mennyiségi, ezen belül ez egyes szolgáltató-sokra irányuló igények becslése vagy felmérése
- gazdasági-demográfiai statisztikákra alapozottan
- mérési eredmények felhasználásával

- a hálózat logikai szerkezete
- elemei
 - forgalomkiszolgáló struktúra
 - tagolás (hálózati síkok, körzetek, forgalomkoncentrációs pontok száma, helye)
 - logikai topológia
 - forgalomirányítás
 - forgalmi méretezés

- az átviteli hálózat struktúrája és megvalósítása
 - hálózati struktúra
 - tagolás (hálózati síkok, jelkezelési pontok száma, helye)
 - hálózati topológia
 - átviteli utak
 - átviteli rendszerek
 - védelmi megoldások

- **működési terv**
 - forgalomvezérlés (túlterhelések esetén)
 - hálózatelmek kiesésének kezelése
 - dinamikus hálózatvédelem
 - Menedzselhetőségi vonatkozások (szolgáltatások aktív menedzselése végponttól végpontig)

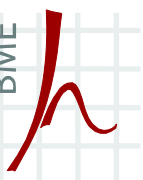
A hálózati állapotinformációk gyűjtése és feldolgozása külön tervezést igényel.

- időmodellek
 - statikus: egy adott időpontra vonatkozó követelmények alapján
 - dinamikus: időben változó követelmények alapján
 - kvázidinamikus: több egymást követő időpontra vonatkozó követelmények alapján
 - egymásra épülő statikus tervek sorozata
 - több időpontra együttesen optimalizálva (PWAC, NPV)

Módszerek

- operációkutatás, gráfelmélet, tömegkiszolgálás
- matematikai programozás (LP, ILP, MILP, ...)
- soft computing technikák (SA, neurális hálózatok, ...)
- heurisztikus módszerek egzakt részalgoritmusokkal
- részdöntések sorozatára épülő folyamatok
- változatok, iterációk
- szkenárióanalízis
- tolerancia-analízis

- hálózatméretezés
- topológia optimalizálás
- struktúra optimalizálás
- optimális hálózatbővítés



Stratégiai tervezés (4/1)

- hálózati koncepció egy hosszabb fejlesztési időszakra (célhálózat)
- lényegesen különböző hálózati megoldások összehasonlító elemzése
- hangsúly a hálózatot alapvetően meghatározó szempontokon (technológia, struktúra)

Stratégiai tervezés (4/2)

- nem teljes részletességgel kidolgozott
- globális jellemzők alapján kiértékelt (költség, szolgáltatásbiztonság, üzemel-tethetőség, fejlesztetőség)
- tipikusan technológiaváltásra, vagy nagy-mértékű fejlesztésre



Stratégiai tervezés (4/3)

- **példa: technológiaváltás**

Milyen bevezetési stratégia (sziget, lefedő, kombinált)?

Milyen bevezetési ütem?

Tisztán bővítő jelleg, vagy átrendezések is?

- **példa: hálózatfejlesztés**

Milyen jellegű hálózat: magán vagy nyilvános?

Mihez illeszkedjen a struktúra: szervezeti felépítéshez, előfizetői (szolgáltatási) szempontokhoz?

Milyen jellegű és ütemű hálózatfejlesztés prognosztizálható?

Milyen technológiai megoldások jöhetnek szóba?

Technológiaváltás

- beruházás előkészítés
- részletes hálózati terv
- összeegyeztetendő szempontok
 - meglévő hálózat
 - fejlesztési igény
 - technológiaváltási stratégia
 - célhálózati peremfeltételek

Optimális hálózatbővítés

- meglévő hálózat bővítése
- összeegyeztetendő szempontok
 - meglévő hálózat
 - fejlesztési igény
 - célhálózat peremfeltételek

- több technológiai réteg (IP, CET, SDH, WDM), optimális funkciómegosztás
- megközelítések
 - rétegenként függetlenül
 - funkciómegosztás?
 - több réteg együtt (fönről le, lentől föl)
 - bonyolult, tervezési szempontból eltérő rétegek
 - kompromisszum - iteráció

Tervezési folyamatok konzisztenciája

- távlati - középtávú eredmények nem illeszkednek
- különböző okok
- eltérő hatások
- megelőző és korrigáló ellenintézkedések

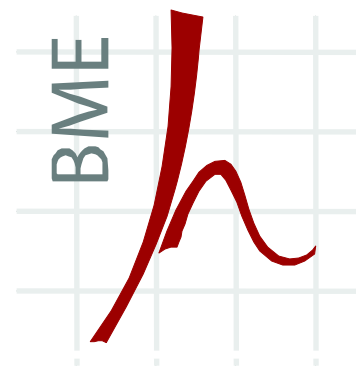


Inkonzisztencia okok

| Inkoherencia oka | Hol jelentkezik? |
|---|--|
| előrejelzések bizonytalansága | távlati – középtávú középtávú – rövidtávú |
| korlátozott költségvetés | távlati – középtávú |
| eltérő optimalizálási kritériumok | távlati – középtávú |
| eltérő erőforrás-felhasználási stratégiák | távlati – középtávú középtávú – rövidtávú |

Inkonzisztencia ellenintézkedések

| Inkoherencia oka | Megelőző intézkedés | Korrigáló intézkedés |
|---|--|------------------------------------|
| előrejelzések bizonytalansága | az előrejelzési módszerek javítása, az időtávlatok rövidítése | kockázati analízis |
| korlátozott költségvetés | a hálózatfejlesztési folyamatok tökéletesítése hálózatátrendezés | - |
| eltérő optimalizálási kritériumok | - | - |
| eltérő erőforrás-felhasználási stratégiák | a hálózatfejlesztési folyamatok tökéletesítése az időtávlatok rövidítése hálózatátrendezés egyszerűbb hálózati megoldások preferálása | dinamikus igénynövekedési modellek |



Tervezési vonatkozások áttekintése

A hálózatokkal kapcsolatos tevékenységi körök

- **Beruházás**
 - erőforrások létrehozása, konfigurálása (új, meglévő bővítése)
 - előkészítése többlépcsős tervezési folyamat
- **Szolgáltatások létrehozása**
 - felhasználói igények kielégítése (meglévő és új erőforrások, meglévő és új szolgáltatások)

A hálózatokkal kapcsolatos tevékenységi körök

- Üzemeltetés
 - erőforrások működtetése, szolgáltatások fenntartása, forgalmi túlterhelések és meghibásodások kezelése
 - együttműködés más üzemeltetőkkel, szolgáltatókkal, hálózatokkal
 - a szükséges feltétel biztosítását tervezés, beruházás szinten kell megalapozni

Az elvi hálózattervezési feladat

- **adott**
 - felhasználói igények (szolgáltatások és minőségi jellemzők)
 - lehetséges hálózatelemek és vezérlési megoldások (technológia)
 - költségjellemzők
- **meghatározandó**
 - a hálózati technológiák, a hálózati eszközök és összekapcsolásuk jellege, elhelyezése, kapacitása, konfigurálása és vezérlése
- **úgy, hogy**
 - a hálózat létrehozása (bővítése) hatékony legyen (pl. adott előírások minimális költséggel, maximális bevétel maximális bevétel/költség arány)

- **hálózat kell, mert**
 - a gazdaságos, üzemeltethető kommunikációs kapcsolatok hálózatba szervezeten biztosíthatók
 - rugalmas és dinamikusan alkalmazkodni képes megoldás kell a változó szolgáltatások és növekvő igények kezeléséhez

- **milyen az ideális hálózat felhasználói szempontból**
 - világméretű (együttműködési képesség), egységes hozzáférést biztosító, hatékony (szolgáltatások gazdaságossága, fejleszthetőség, üzemeltethetőség)

- **milyen az ideális hálózat üzemeltetői szempontból**
 - gazdaságosan kialakítható és üzemeltethető (koncentrált felhasználói forgalmak, nagy kihasználtságú erőforrások)
 - garantálható minőségű szolgáltatást tesz lehetővé (menedzselhetőség)
 - fejleszthető

- **illusztrációk**
 - forgalomkoncentráció: Erlang képlet
 - hatékony erőforrás kihasználás: multiplexálás
 - szolgáltatásminőségi kérdések: nagyobb koncentráció nagyobb sebezhetőség
- **gazdaságosság: optimális megoldások – minőség és költség összhangja (kompromisszumok)**

A tervezés alapjai

- a műszaki problémák és azok kapcsolatainak azonosítása, meghatározása
- modellezés (lényeges/lényegtelen elemek elkülönítése)
- a tervezés műszaki problémái alapján megoldható optimalizálási problémák formalizálása, megoldása

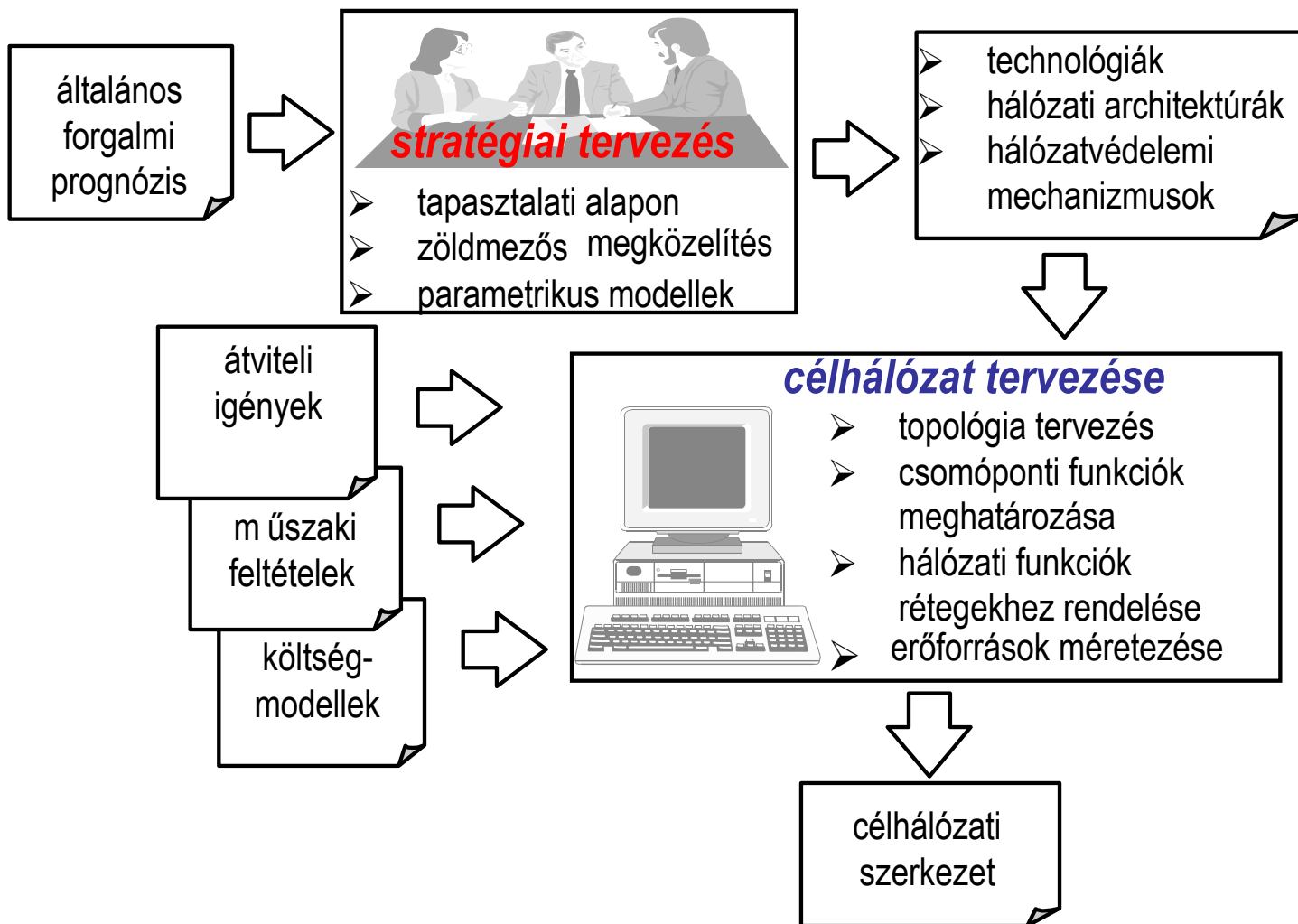
A tervezés eredménye

- optimális kompromisszum a műszaki és gazdasági szempontok alapján
- megfelelő részletességű műszaki információk
 - fejlesztési döntésekhez
 - megvalósításhoz
 - üzemeltetéshez

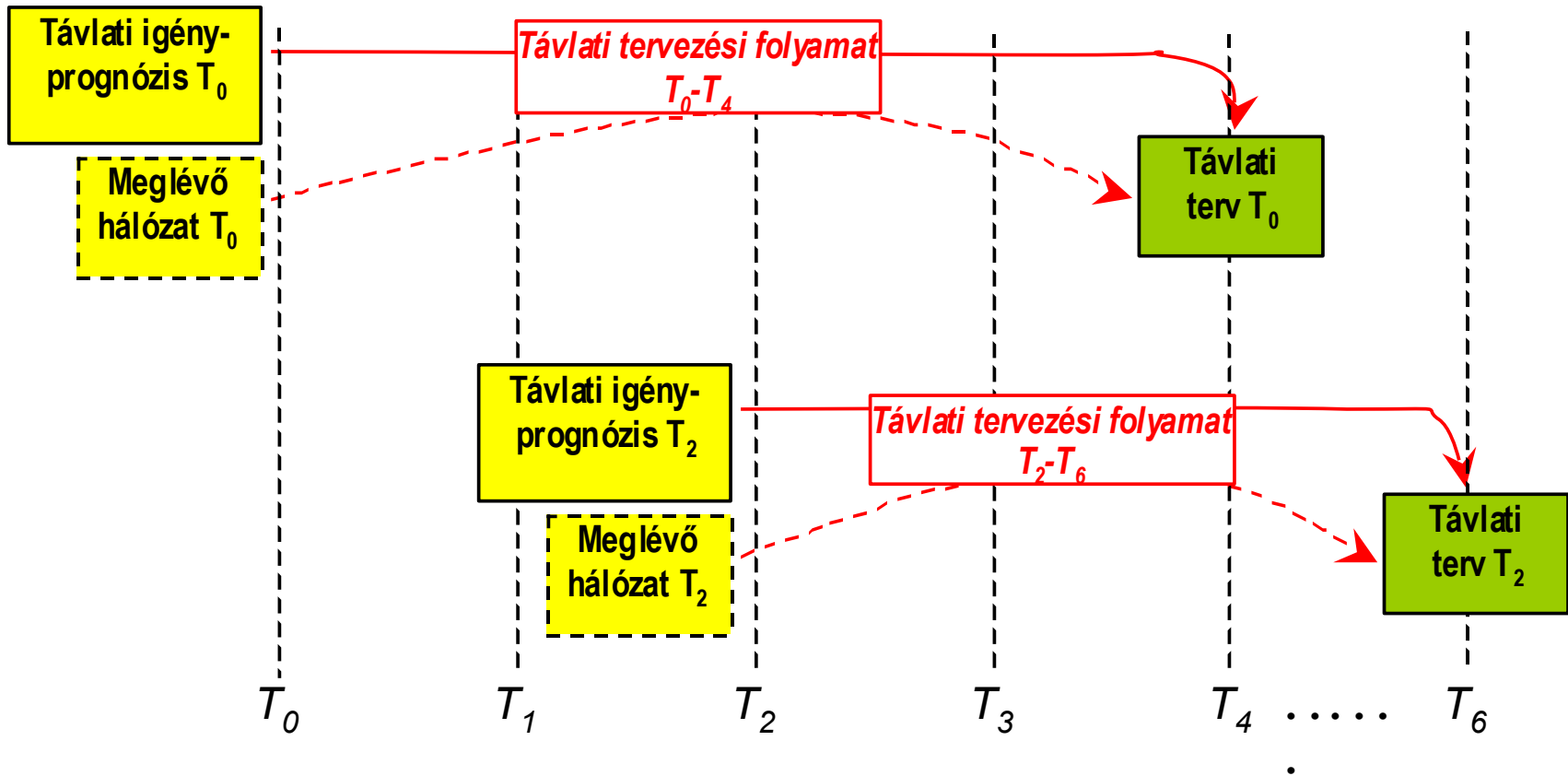
- **rövid távon**
 - alkalmazhatóság, adaptálhatóság elemzése és biztosítása
- **hosszabb távon**
 - technológiafüggetlen megközelítés
 - homogén modellek és tervezési megközelítések a számos technológiát tartalmazó hálózatokra (főként gerinchálózati vonatkozás)

- **tervezési távlatok**
 - távlati tervezés
 - stratégiai tervezés
 - célhálózati tervezés
 - középtávú tervezés
 - hálózatfejlesztés, hálózatbővítés
 - rövid távú
 - gyakorlatilag eltűnt (középtávúba olvadt)

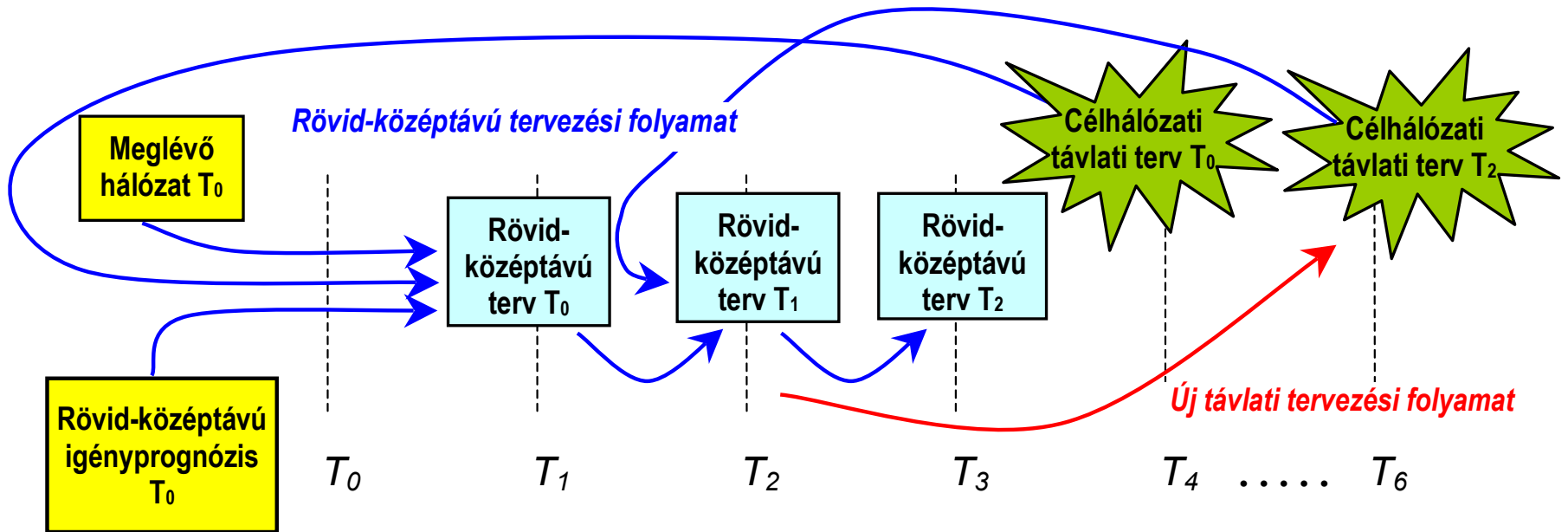
Stratégiai tervezés



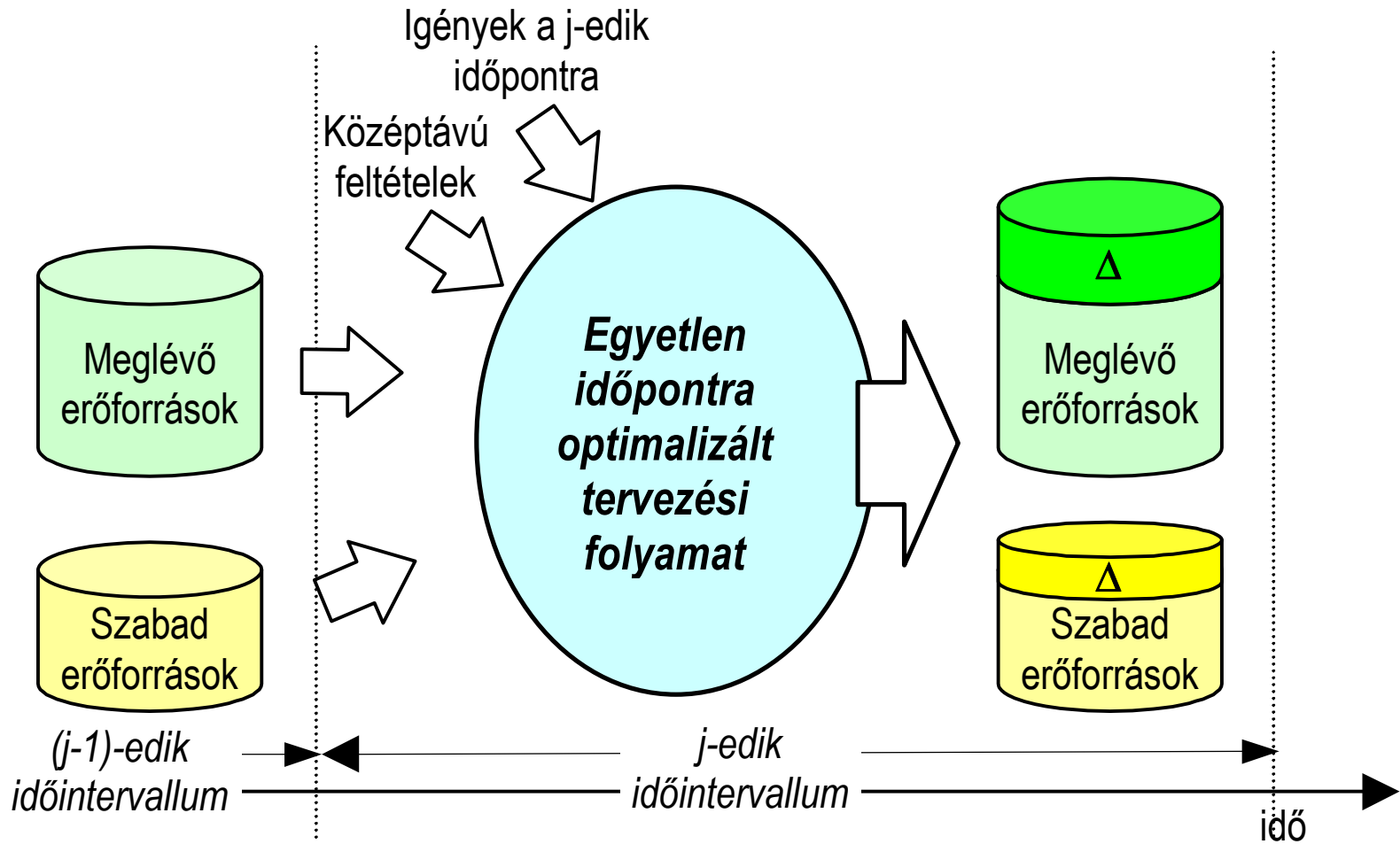
Távlati tervezés



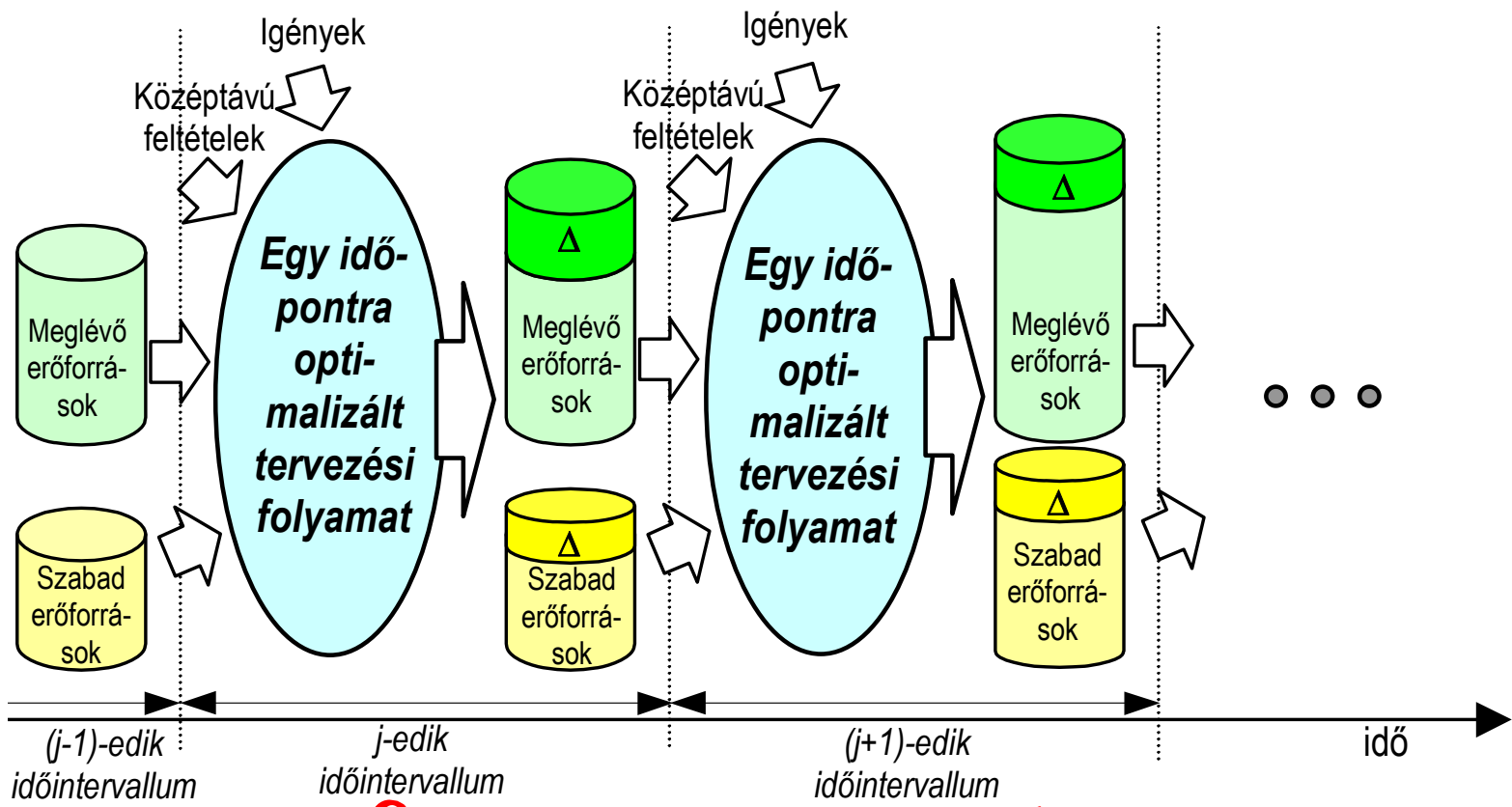
Rövid- középtávú tervezés



Középtávú tervezési megközelítések

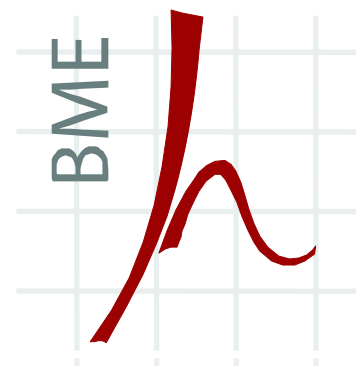


Középtávú tervezési megközelítések



Tervezési megközelítések

- **Klasszikus megközelítés:**
 - kapacitástervezés
- **Új paradigmák:**
 - mérés alapú tervezés és konfigurálás
 - dinamikus, elosztott szolgáltatás-konfigurálás és tervezett hálózat konszolidálás (átrendezés)
 - Infrastruktúra-tervezés



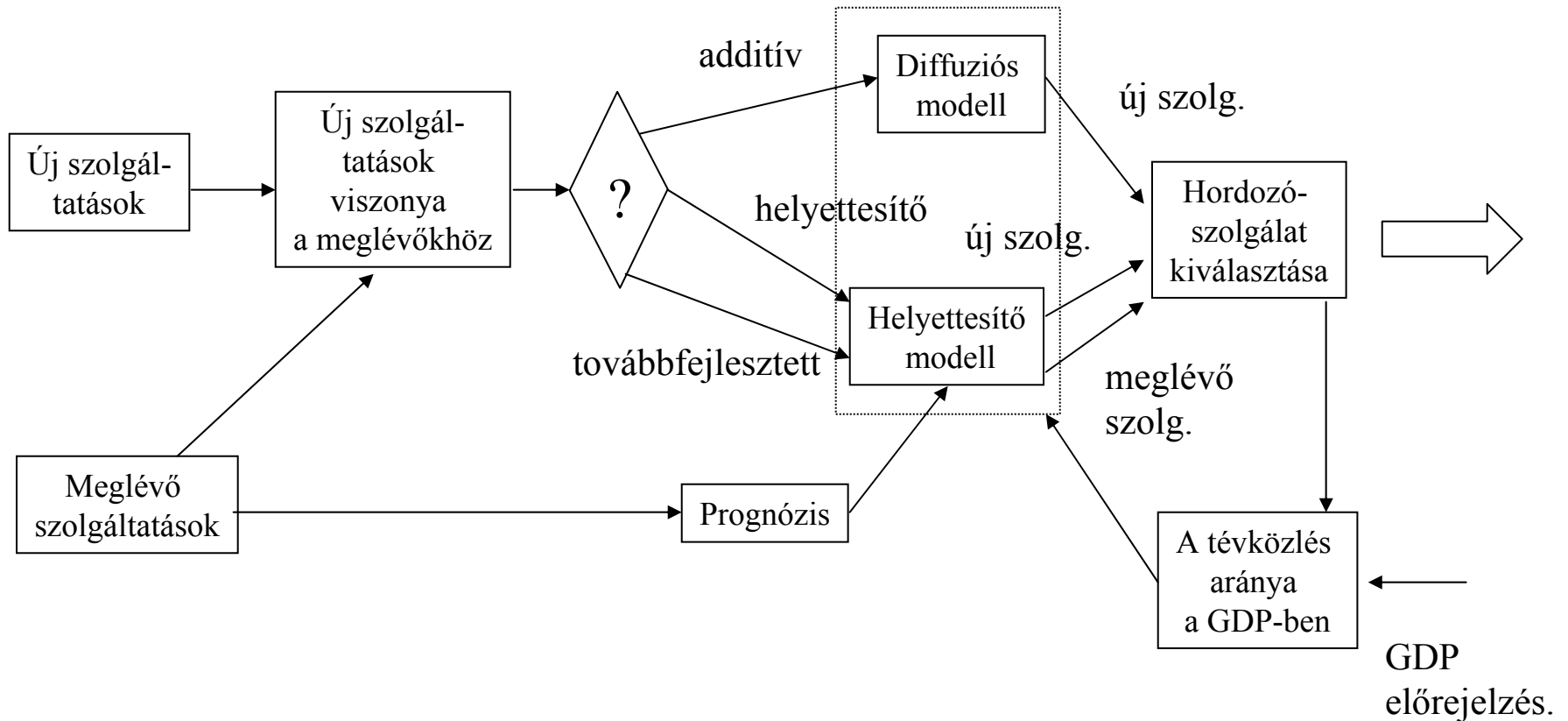
Igényprognózis

Igényprognózis

- Milyen mennyiségi és minőségi igényeket kell a hálózatnak kiszolgáltatnia?
- Alkalmazás + felhasználói viselkedés -> forgalom -> igény
- Időben változó felhasználói viselkedés: méretezés a kiszolgáltató csúcsterhelésre (pl. PSTN forgalmas óra)
 - alkalmazásonként, felhasználói csoportonként térben és időben eltérően jelentkező csúcsok (pl. PSTN DNHR)
 - domináns forgalmi komponensek (meghatározó hozzájárulás az összterheléshez)
- Időben változó alkalmazáskészlet, szolgáltatásigény

Szolgáltatások általános előrejelzési sémája

- Inkább piaci előrejelzéshez mint műszaki tervezéshez



Fisher-Pry görbe

$$n = \frac{M}{2} [1 + \tanh(R(y - Y_m))] = \frac{M}{1 + \exp(-2R(y - Y_m))}$$

- termékek, szolgáltatások elterjedésének időfüggvénye

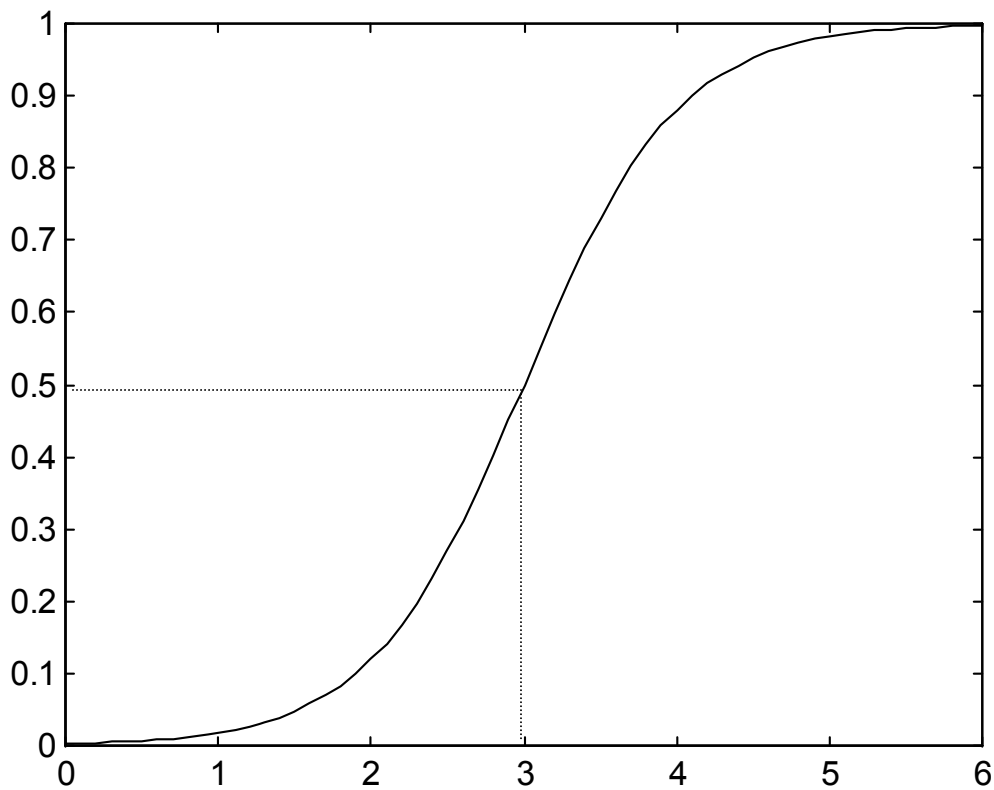
M - a várható maximum

Y_m - a közepes elterjedtség időpontja

R - a relatív elterjedési sebesség Y_m - ben

Fisher-Pry görbe

Relatív
elterjedtség
(n)



M

Y_m

Idő
(y)

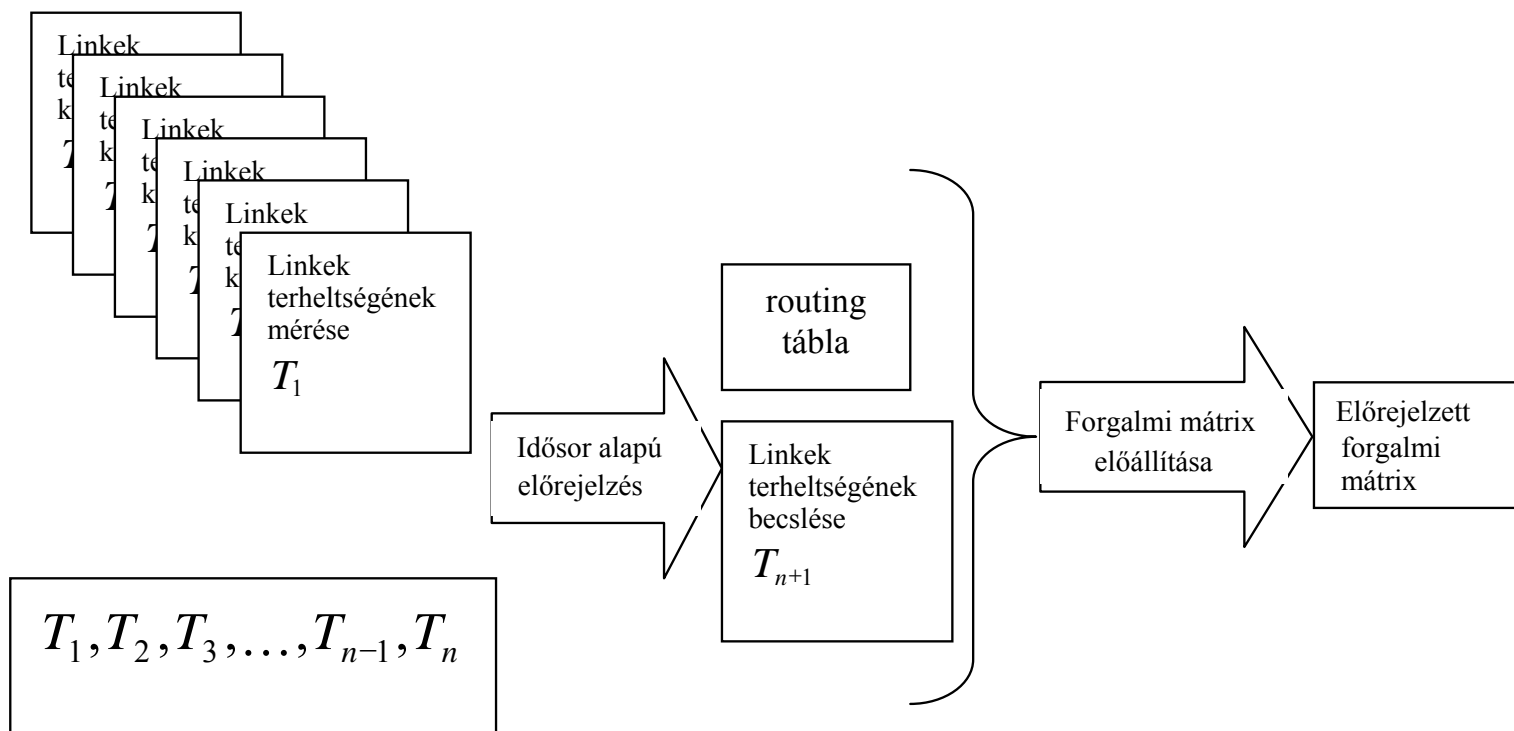
Forgalmi előrejelzés

- **Felhasználószám alapú**
 - felhasználói osztályok (viselkedés)
 - felhasználói viselkedés változásait külön kell kezelni
- **Idősor alapú**
 - univerzális modell
 - együttes hatások

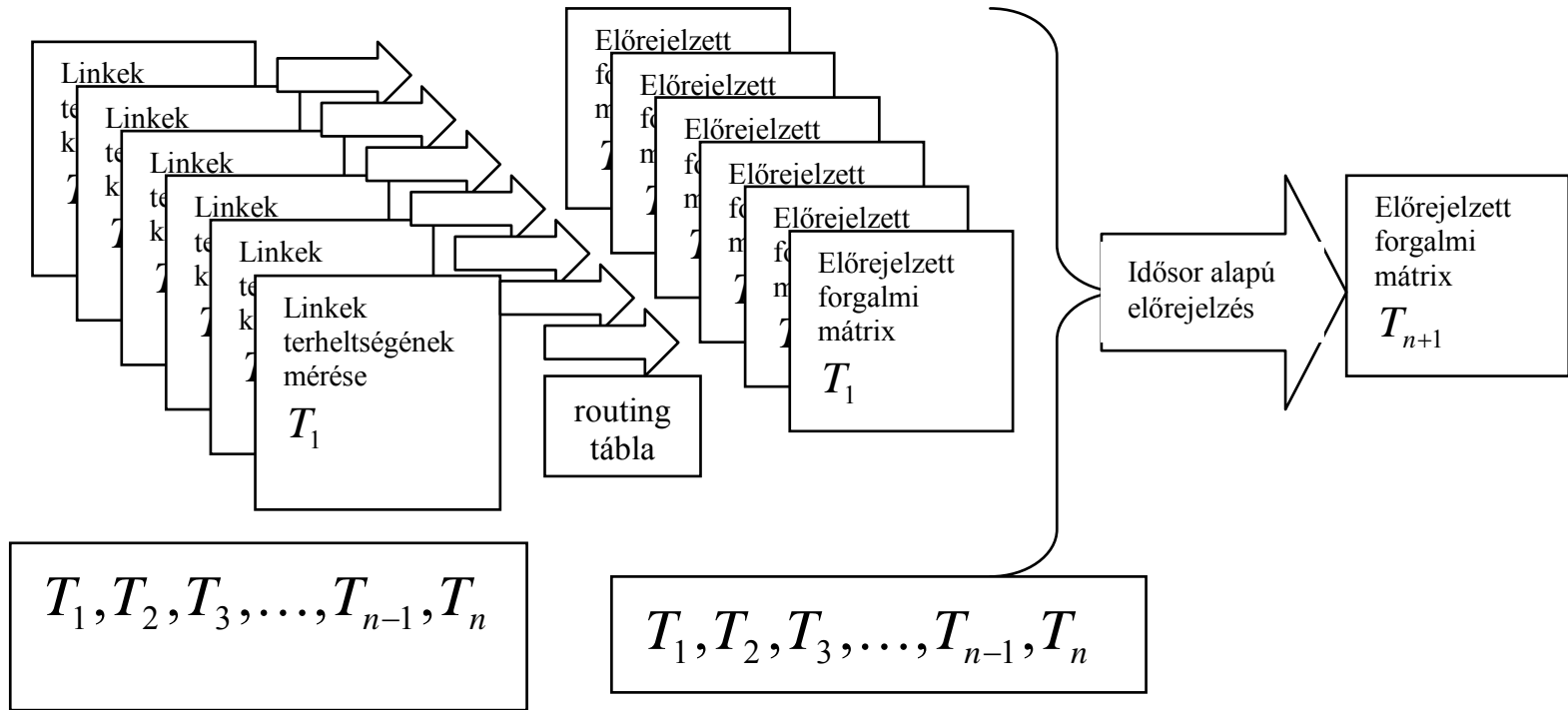
- **linkterheltségek**
 - erőforrások kihasználtsága
 - potenciális szűk keresztmetszetek
- **forgalmi mátrix**
 - tervezett konfigurációs változtatások hatásának előzetes vizsgálata
- **mérés: linkek forgalma**
- **feldolgozás: forgalmi mátrix ismert utak alapján**

$$terhelés_{link(i,j)} = \sum_{\substack{\forall igény(s,t) \\ link(i,j) \in igényút(s,t)}} igény_{(s,t)}$$

Forgalmi mátrix előrejelzése linkek terheltségének idősor alapú előrejelzéséből származtatva



Forgalmi mátrix előrejelzése a linkek terheltségéből származtatott forgalmi mátrixok idősora alapján



Az idősor alapú előrejelzés pontosítására kialakítható tanulórendszer vázlatja

