

# Közlekedési hálózattervezés

Ajánlott irodalom:

Koren-Prileszky-Horváth-Tóth:

Közlekedéstervezés

ISBN 978-963-9819-078

Tóth Zoltán:

A települések világa

ISBN 963-857584-0

# Közlekedési hálózat

- Meghatározott terület útvonalainak rendszere
- Feladata a közlekedési igények levezetése

Helyváltoztatásokban realizálódik

Közlekedési igény az emberi és gazdasági kapcsolatok térbeni, időbeni vetületei.

- Személyszállítási
- Áruszállítási
- Emberi tevékenységi helyek elkülönülése → közlekedési kereslet keletkezése
- Területi funkciómegosztás és társadalmi munkamegosztás ↔ Közlekedési kereslet

Vonzó közlekedési hálózat igényeket generál!

# Közlekedési hálózat

- A közlekedési igények kielégítésének elvárásai:
  - akadálytalanul (mozgásukban korlátozottak; minimális feltartóztatás);
  - teljesítőképesen;
  - biztonságosan;
  - környezetbe illően
  - erőforrás takarékosan (területfelhasználás, energiafelhasználás, költségek).

**Definíció:** A közlekedési hálózatok feladata a személy- és áruszállítási igények akadálytalan, teljesítőképes, biztonságos, környezetbe illő és erőforrás takarékos levezetése.

# Közlekedési hálózat

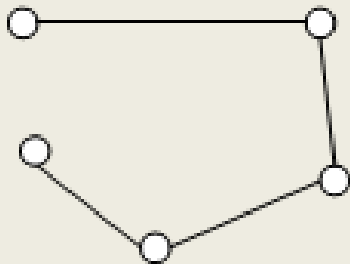
A közlekedési hálózat útvonalak rendszere.

Az útvonalak csomópontok és szakaszok rendezett halmaza

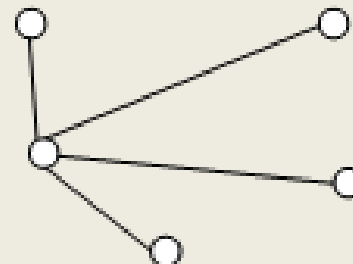
Igények és a hálózattal szembeni követelmények  $\rightarrow$  hálózat nagysága  $\rightarrow$  forgalom lebonyolódása

Minimális hálózat ( $n$  csomópont  $n-1$  szakasz)

- gyűrűs:

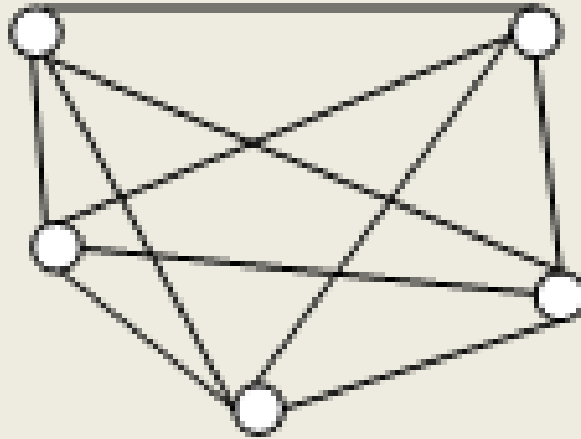


- sugaras:



# Közlekedési hálózat

Maximális hálózat ( $n$  csomópont,  $\frac{n*(n-1)}{2}$  szakasz)



# Közlekedési rendszer

Közlekedés rendszere (ember, pálya, jármű)

Rendszertipológia alapján:

- Egyszerű, **összetett**
- Statikus, **dinamikus**
- **Nyílt**, zárt
- Determinisztikus, **sztochasztikus**
- **Stabil**, instabil

# Közlekedési rendszer

**Összetett (bonyolult) rendszer** a rendszerelemek száma és kapcsolataik, valamint a jelentkező igények sokszínűsége miatt. Az igények csoportosíthatók (I.):

- *Szállítás tárgya* (személyszállítás – mobilitás és áruszállítás – gazdasági forgalom)
- *Szállítás eszköze* (ráfordítás igény, környezeti hatás, biztonsági paraméterek)
- *Pálya* (területigény, forgalomlebonyolódás költségvonzata). Eszköz és pálya gyakran egymást meghatározza.
- *Szükséges forgalomszervezés* (egyéni és közforgalmú)
- *Kapcsolódás egy adott forgalmi körzethez* (kiinduló, érkező, belső, átmenő, elkerülő)

# Közlekedési rendszer

Az igények csoportosíthatók (II.):

- *Motiváció* (személyszállítás: munka, iskola, bevásárlás, szórakozás stb.; áruszállítás: nyersanyag-feldolgozás, feldolgozás-raktár, raktár-bolt, bolt-fogyasztó), gyakran az időbeliséget is meghatározza
- *Időbeliség* (szezónális; hétköznapi-hétfégi; napon belül - csúcsidőszak, napközi időszak, illetve alacsony forgalmú időszak)  
Tervezés – MOF
- *Települési kapcsolat* (településen belül – helyi vagy települések között - helyközi),

A közlekedési hálózat rendszer elemei közötti kapcsolatot csak nemlineáris, többváltozós függvénykapcsolattal lehet leírni (akkor, ha matematikailag megfogalmazható közöttük kapcsolat).



# Közlekedési rendszer

**Dinamikus rendszer**, mivel a közlekedési igények idővel változó módon jelennek meg. Hálózattervezés időszakaszai (sorrend, területfejlesztés):

- nagytávú (kb. 30 év),
- hosszú távú (kb. 15 év),
- középtávú (kb. 5 év) és
- rövidtávú (kb. 1 év)

# Közlekedési rendszer

## **Nyílt rendszer, mivel**

- igényeket nem saját maga állítja elő,
- a települési rendszerrel szoros kapcsolatban van (a közlekedési igények ott generálódnak és ezek jelennek meg a közlekedési hálózat rendszerében).

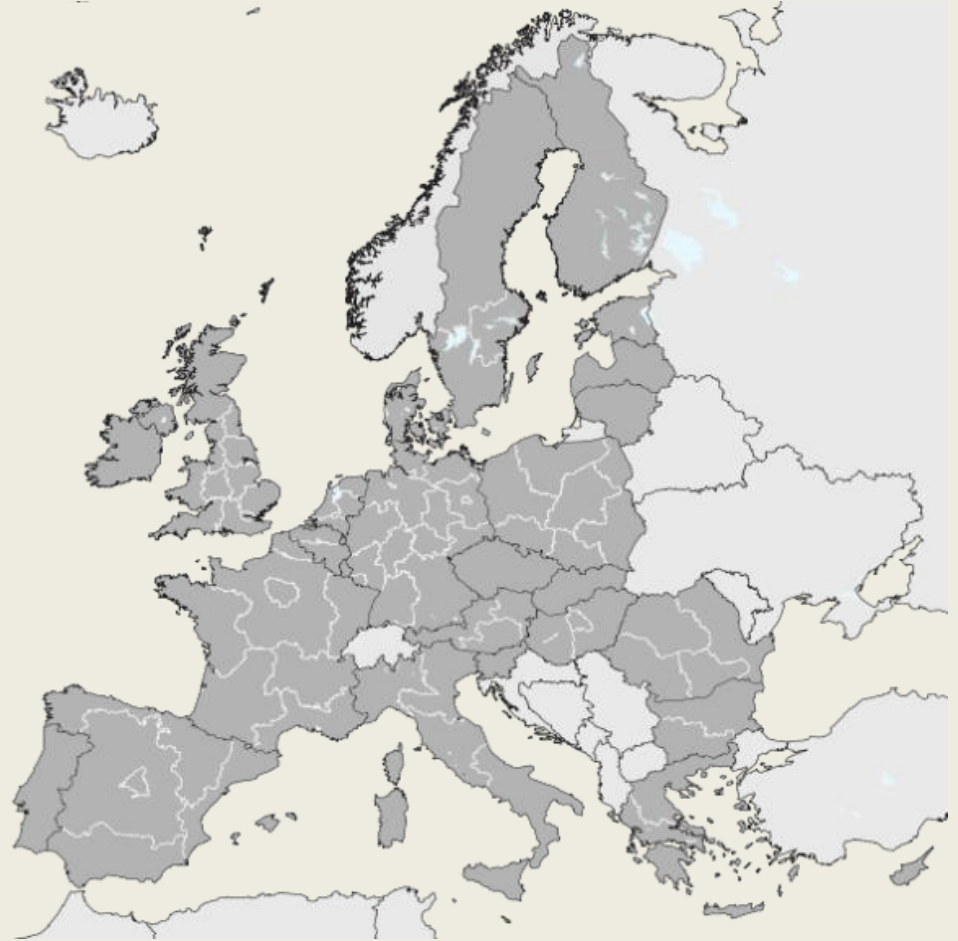
Igények nagysága → statisztikai jellemzőkből (népesség szám, munkahely szám, demográfiai jellemzők, nemzeti jövedelem termelő képesség stb.)

Nemzetközi statisztikák – NUTS (Nomenclature of Territorial Units for Statistics – Statisztikai célú területi egységek nomenklatúrája) – EU által készített földrajzi kódolási rendszer (Az Európai Parlament és a Tanács 1059/2003/EK Rendelete, 2003. május 26.)

Ezekre a meghatározott terület egységekre beazonosíthatók az eltérő fejlettségi szintek és így a támogatások alapját szolgálják.

# NUTS szintek

- NUTS 1: *Országos vagy országrész szint.*  
Népességszám szerint min. 3, max. 7 millió fő.  
Magyarországon **Dunántúl** (3 Dunántúli régió), **Közép-Magyarország**, **Alföld** (3 Dunától Keletre fekvő régió)



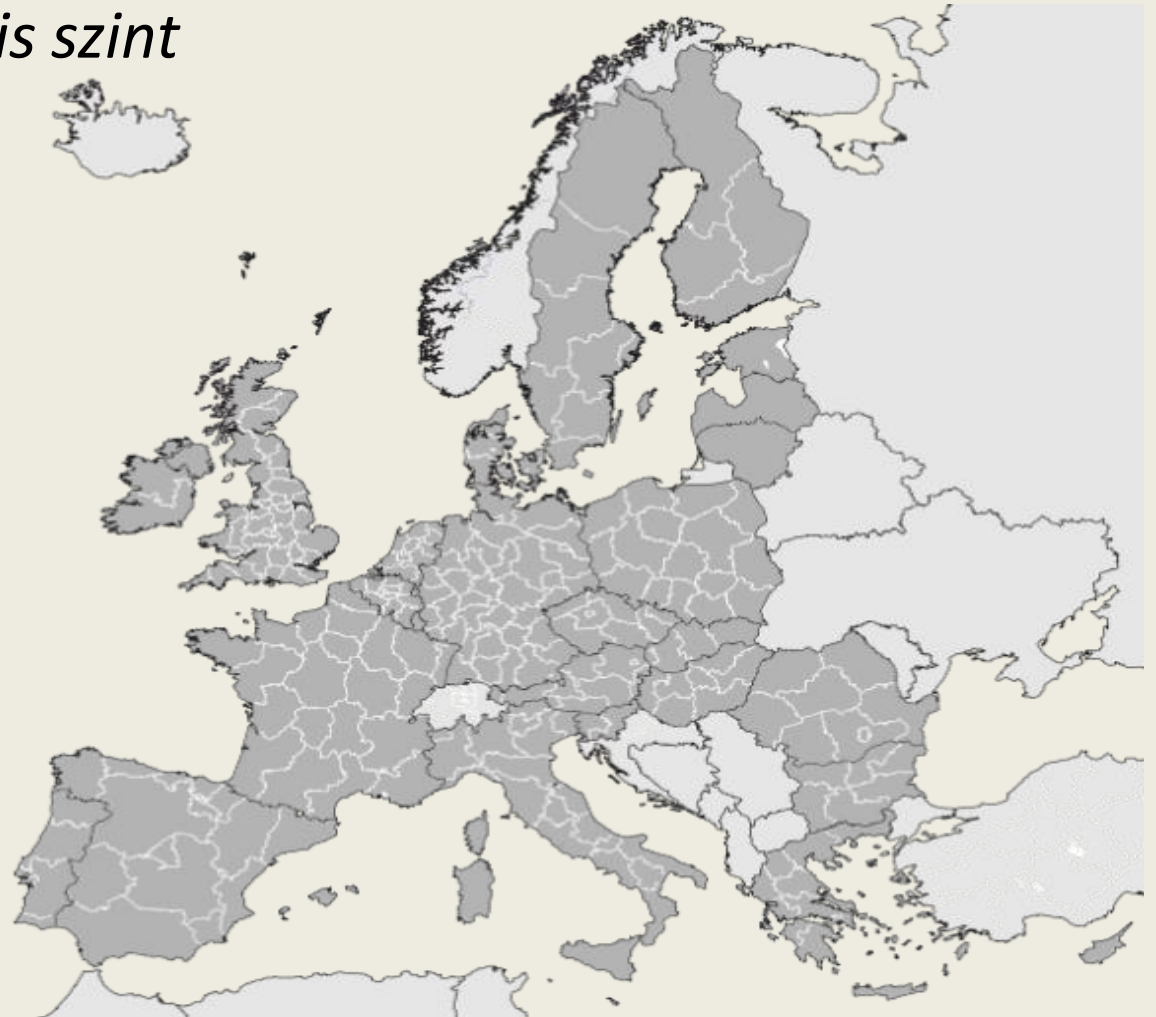
# NUTS szintek

- NUTS 2: Népeség szám alapján min. 800e, max. 3 millió fő. *Regionális szintet* jelent (Magyarországon 7 régió – **Közép-Dunántúl, Dél-Dunántúl, Nyugat-Dunántúl, Közép-Magyarország, Észak-Magyarország, Észak-Alföld, Dél-Alföld**). Mindegyik régió 3-3 megyéből áll, kivéve Közép-Magyarország.



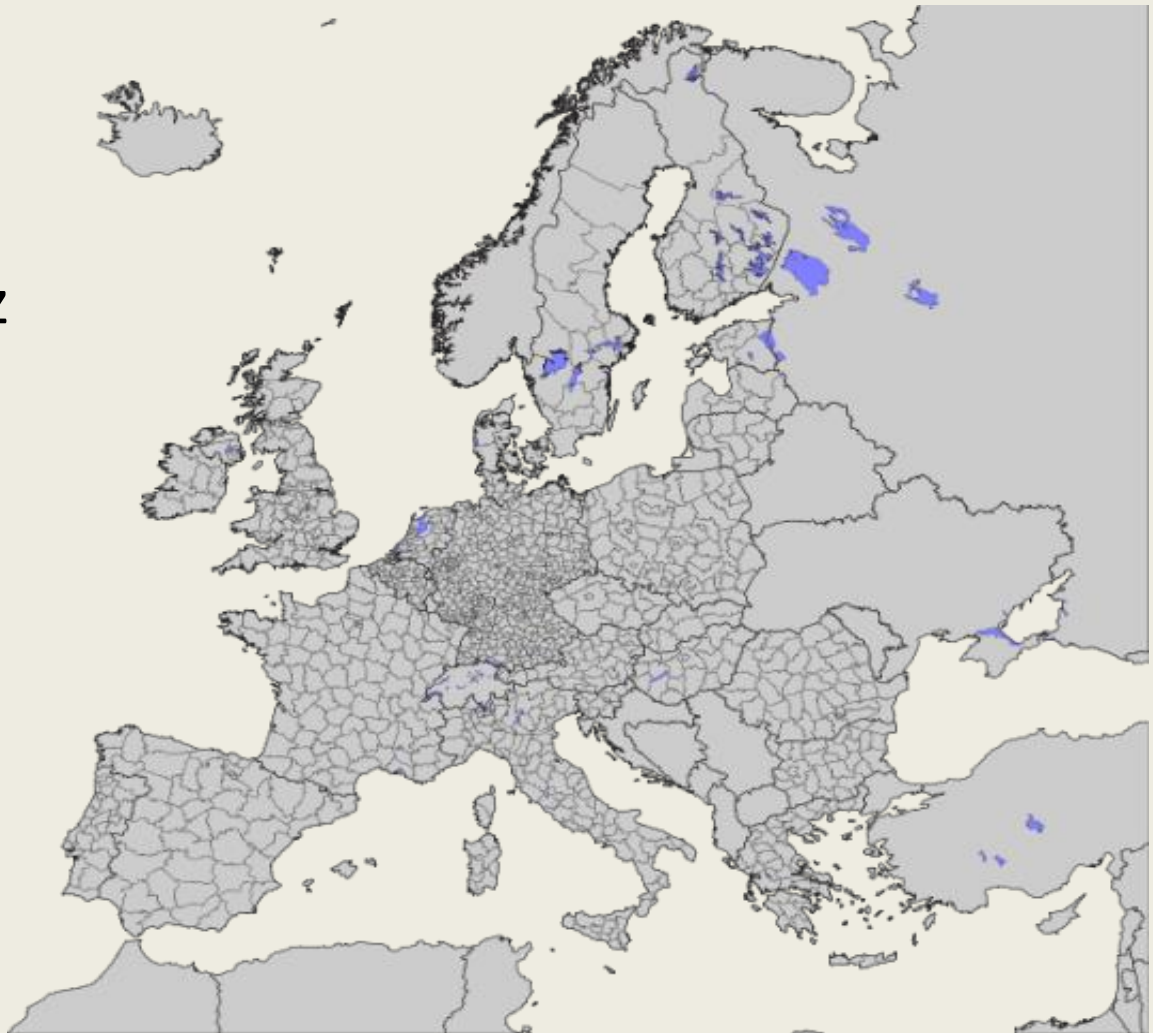
# NUTS szintek

- NUTS 2: *Regionális szint*



# NUTS szintek

- NUTS 3: Néesség szerint min. 150e, max. 800e fő.  
Magyarországon ez *megyei szintet* jelent.



# NUTS szintek

A statisztikai területi egységek kódolása során az első két számjegy az országra utal (Magyarország – HU). Jelenleg 3 szintet definiáltak, melyet a helyi adminisztratív egységek (local administrative units – LAUs) két szintje egészít ki. Az utóbbiak korábban a NUTS rendszer részei voltak, a NUTS 4, valamint a NUTS 5 szintet jelentették.

# NUTS szintek

- Korábban a NUTS 4-be tartoztak a települési együttműködésből fakadó **kistérségi társulások** (pl. közös projektek végrehajtása, közös indulás pályázatokon). Kezdetben 168 kistérség, majd a 174 elemből álló, új rendszert a települési önkormányzatok többcélú kistérségi társulásáról szóló 2004. évi CVII. törvény 2007-ben módosított melléklete tette közzé.

2010-es iszapkatasztrófa → érintett települések új kistérsége, így lett 175 db



# NUTS szintek

- NUTS 4 – korábban kistérségek



# NUTS szintek

- NUTS 4: A kistérségeket államigazgatási feladatokat ellátó úgynevezett járási rendszer váltotta fel 2013. január 1-től. A **járások kialakításáról** és az ehhez kapcsolódó jogszabályok módosításáról, a helyi államigazgatási rendszer megújításáról a 2012. július 7-étől hatályos, 2012. évi XCIII. törvény rendelkezik. A **járási hivatalok feladatait, illetékességi szabályait, szakigazgatási szerveit, szakmai irányításukat, valamint a járási hivatalok székhelyét és illetékességi területét** a 218/2012. (VIII. 13.) Kormányrendelet szabályozza. A Kormányrendelet összesen 197 járás kialakításáról rendelkezik, melyből 23 járás a fővárosban (a kerületeknek megfelelő területi beosztásban) található.  
(Polgárdi járás megszűnt)



# NUTS szintek

- NUTS 5-be tartoznak a települések.

2018. Január 1-én 3155 település volt Magyarországon, ebből 346 város (2018. január 1-én). Ez utóbbiak közül a nagyobbak a főváros, illetve 23 megyei jogú város. (Eltérő területfelhasználás, közigazgatási egységek száma, megléte)

A közlekedési igények a településekben keletkeznek.

# Közlekedési rendszer

**Sztochasztikus rendszer**, mivel a közlekedés jellemző paramétereit, mérési eredményeit nem adhatók meg egyetlen számértékkel, hanem ezeknek van *átlaga*, *szórása* és *a legtöbb esetben valószínűségi eloszlása*.

- a forgalom lebonyolódás legtöbb jellemzője *normális eloszlású*;
- de a helyváltoztatási idők, az utazási idők vagy a jármű érkezési idők *negatív exponenciális eloszlást* mutatnak és
- az érkező járművek száma *Poisson eloszlással* jellemezhetőek.

A hálózatok minősítésekor nemcsak az átlag, a szórás nagysága, a valószínűségi eloszlás típusa lényeges, hanem ezek viszonya egymáshoz is (pl. forgalomlebonylódás jellemzése).

# Közlekedési rendszer

## **Stabil és instabil rendszer.**

Ugyanazon a hálózati elemen az idő függvényében mindkét forgalmi állapot megfigyelhető. Alacsony forgalmú időszakban (pl. éjszaka) stabil, csúcsidőszakban instabil forgalmi állapottal jellemezhető.

# Közlekedési hálózat rendszertulajdonságai

A rendszertulajdonságok jellemzik a rendszert (alrendszer – pl. alágazatot, időszakhoz kapcsolt forgalomlebonylódást). A rendszerben bekövetkezett (tervezett vagy nem tervezett) változtatás leképezésére, számszerúsítésére alkalmasak. (hálózat feladata)

- Teljesítőképesség (teljesítőképesen)
- Sebesség (akadálytalanul)
- Területfelhasználás (erőforrás takarékosan)
- Energiaigény (erőforrás takarékosan)
- Károsanyag kibocsátás (környezetbe illően)
- Biztonság (biztonságosan)
- Költség (erőforrás takarékosan)



# Közlekedési hálózat rendszertulajdonságai

## Teljesítőkéesség

A hálózat meghatározott keresztmetszetén időegység alatt (általában 1 óra) átbocsátható járművek, utasok, áru, gyalogosok, kerékpárok száma. Keresztmetszet:

- egy szakaszon kiválasztott,
- egy csomópontba belépő,
- egy csomópontból kilépő.

Mértékegységek

Átbocsátókéesség

Befogadókéesség

Hálózattervezésnél: igények

	2 sávós autópálya	Elővárosi vasút
Átbocsátókéesség	2.900 jármű/h	30 jármű/h (2 percenként)
Befogadókéesség	5 fő/jármű (1,1-1,3)	1.350 férőhely/szerelvény
Hálózattervezésnél: igények	14.500 férőhely/h	40.500 férőhely/h

nagysága milyen pálya-jármű kombináció mellett elégíthető ki.



# Közlekedési hálózat rendszertulajdonságai

## Sebesség (I.)

Távolság megtételéhez szükséges idő.

- *Menetsebesség* (km/h), járműparaméter (szabályok figyelembe vételével), gyorsvasút-villamos
- *Helyváltoztatási sebesség* (km/h), a helyváltoztatás kiinduló és célpontja közötti távolság és a megtételhez szükséges idő hányadosa:  $v_h = \frac{\Delta l}{\Delta t}$ . Fontos feladat a forgalom szervezésénél az egyes időelemek lerövidítése (átszállás, átrakás, rágyaloglás stb.)

# Közlekedési hálózat rendszertulajdonságai

## Sebesség (II.)

A helyváltoztatási sebesség pl. a helyi közforgalmú közlekedés esetében

- Rágyaloglás – hálózati paraméter, terület jellege, laksűrűsége, beépítettsége ill. közlekedési eszköz is befolyásol,
- Várakozás
- Járműre felszállás, utascsere
- Járművön utazás
- Átszállás (ha van) – átgyaloglás, várakozás, utascsere, járművön utazás
- Járműről leszállás, utascsere
- Elgyaloglás

$\Delta t$

$$= t_{\text{rágyaloglás}} + t_{\text{megállóhelyi várakozás}} + t_{\text{menetidő}(k)} + t_{\text{átszállási idő}(k)} + t_{\text{elgyaloglás ideje}}$$

Helyváltoztatási láncok összehasonlítása (vasúti és légi közlekedés, egyéni és közforgalmú közlekedés). Cél a feltartóztatások idejének csökkentése! Akadálytalan forgalomlebonnyolódás biztosítása.

# Közlekedési hálózat rendszertulajdonságai

## Területfelhasználás (I.)

A közlekedés hálózat rendszere rendkívül terület igényes.

- Pálya által elfoglalt terület
- Pályán mozgó járművek hatásai miatt (pályatartozék) miatt nem használható fel más célra
- Közlekedési üzem fenntartásához szükséges (pl. parkoló, telephely, áramellátó, logisztikai központ, pályaudvar)

Alágazatok összehasonlításánál fajlagos értékek képzése. Pl. **egy jármű területigénye = a követési távolság (követési időköz \* sebesség) \* pálya szélessége**. 1 főre vetítés, áruszállításnál áru tömegére vagy az áru térfogatára vetítés.

# Közlekedési hálózat rendszertulajdonságai

## Területfelhasználás (II.)

Egyéni és közforgalmú közlekedés összehasonlítása (50 km/h-s sebesség esetén):

- a villamos 7,7 m<sup>2</sup>/fő
- az autóbusz 10,8 m<sup>2</sup>/fő (1,4 szerese a villamosénak)
- a személygépkocsi 84,5 m<sup>2</sup>/fő (11 szerese a villamosénak)

Cél a minél kisebb területfelhasználás (erőforrástakarékosság).

A közlekedési területek helyének kiválasztása (pl. P+R parkolók ne a városközpontban).

# Közlekedési hálózat rendszertulajdonságai

## Energiaigény

A mozgás fenntartásához, a kiszolgáló létesítmények, eszközök működtetéséhez szükséges energia.

Fajtája (fosszilis, megújuló), mennyisége, minősége

Fajlagosítás 1 járműre (Joule/km), 1 főre (Joule/férőhelykm),  
árura (Joule/árutonnakm)

A közlekedési hálózatok különböző rendszerei összevethetők.

Cél: minél nagyobb teljesítőképesség, minél kisebb energiafelhasználás:

- Járműtechnikai fejlesztések
- Új energiaforrások (megújuló) kutatása

# Közlekedési hálózat rendszertulajdonságai

## Károsanyag kibocsátás (I.)

A közlekedési hálózatok rendszerének feladata a környezetbe illően biztosítani forgalomlebonylódást → minimalizálni a károsanyag kibocsátást.

Függvénye az energia fajtájának, mennyiségének, de pl. a forgalomlebonylódás paramétereinek (sebesség stb.)

– **Közvetlenül a mozgási folyamatból** származó károsanyag (**direkt** károsanyag megjelenése).

- Levegőszennyezés (üzemanyag és jármű függvényében), CO<sub>2</sub>, CO, CH-ek, NO<sub>x</sub>-k (tonna/év, egészségügyi határérték %-a)
- Zaj, alapzajhoz viszonyítva (járműben, járművön kívül – dB)
- Szilárd anyag szennyezés (por fékekből, gumikopásból), esőmentes időszak
- Cseppfolyós anyag szennyezés a járműből az útra, majd a csatornába

A közvetlen károsanyag a mozgási folyamattal együtt vonalasan terjed.

# Közlekedési hálózat rendszertulajdonságai

## **Károsanyag kibocsátás (II.)**

- **Közvetett (indirekt)** károsanyag, amely mozgási folyamatot szolgáló tevékenységek során jelentkezik (pályák építése, járművek előállítása, energiahordozó előállítása).

Nem vonalas módon terjednek, mint a járművek által kibocsátott károsanyagok, hanem meghatározott helyen koncentráltan jelennek meg (pl. javító műhely). Ugyanazok a szennyezések jelennek meg, mint a közvetlen károsanyag szennyezés esetében.

Emisszió (mennyiség) – imisszió (koncentráció)

Transzmisszió – a károsanyagoknak az érzékelési pontig történő szétterülését jelenti.

# Közlekedési hálózat rendszertulajdonságai

## **Károsanyag kibocsátás (III.)**

Védekezés:

- Direkt hatásnál azoknak kell védekezni, akik elszenvedik (költiségek)
- Indirekt hatásnál a megadott helyen lehet védekezni (általában lakott területtől távolabb)

Káros hatás:

**Közlekedési hálózatok szétválasztó hatása** (élő természetre gyakorolt befolyást minimalizálni kell – nehéz mérni és számszerűsíteni).



# Közlekedési hálózat rendszertulajdonságai

## **Biztonság (I.)**

A közlekedési áramlat levezetését biztonságosan kell megvalósítani.

Kockázat – biztonság

A **kockázat** valamely káresemény bekövetkezésének a valószínűsége (P) megszorozva a káresemény nagyságával (K) pl. forintban kifejezve.

Káresemény

- anyagi kárral járó esemény, amikor a jármű vagy az infrastruktúra sérül
- személy sérüléssel járó esemény

# Közlekedési hálózat rendszertulajdonságai

## **Biztonság (II.)**

Súlyosság összehasonlítására súlytényezők

- Könnyű személysérüléssel járó esemény (8 napon belül gyógyuló): 1-es szorzó
- Súlyos személysérüléssel járó esemény (8 napon túl gyógyuló): 14-es szorzó
- Halálos kimenetelű esemény (1 hónapon belül halálhoz vezet) 103-as szorzó

# Közlekedési hálózat rendszertulajdonságai

## Biztonság (III.)

Balesetek száma és súlyossági foka változhat az intézkedések hatására.

Összehasonlításra (hálózat egy részére vagy egészére; intézkedés előtt és után):

- **Baleseti ráta** – összes baleset száma/teljesítmény (járműkm-re, férőhelykm-re, tonnakm-re)
- **Baleseti súlyossági ráta** – összesítve a baleseti kategóriánkénti db szám \* súlytényezőt / összes baleset száma

# Közlekedési hálózat rendszertulajdonságai

## **Költség (I.)**

Jelentős erőforrásként jelenik meg a közlekedési hálózat kialakításakor (helyváltoztatási folyamat lebonyolításához szükséges) – Ft/km, Ft/férőhelykm, Ft/árutonnakm.

A költséget téríti (I.):

- Felhasználó (eszköz, útvonal választás több preferencia alapján)
  - Egyéni közlekedés (üzemanyag; fenntartás – adók, díjak, biztosítás, karbantartás; amortizáció)
  - Közforgalmú közlekedés (menetdíj, reptéri illeték stb.)
- Szolgáltató/üzemeltető (minél nagyobb bevétel, minél kisebb ráfordítás – kis hálózat, kevés jármű) – amortizáció, üzemanyag, bérköltség

# Közlekedési hálózat rendszertulajdonságai

## **Költség (II.)**

A költséget téríti (II.):

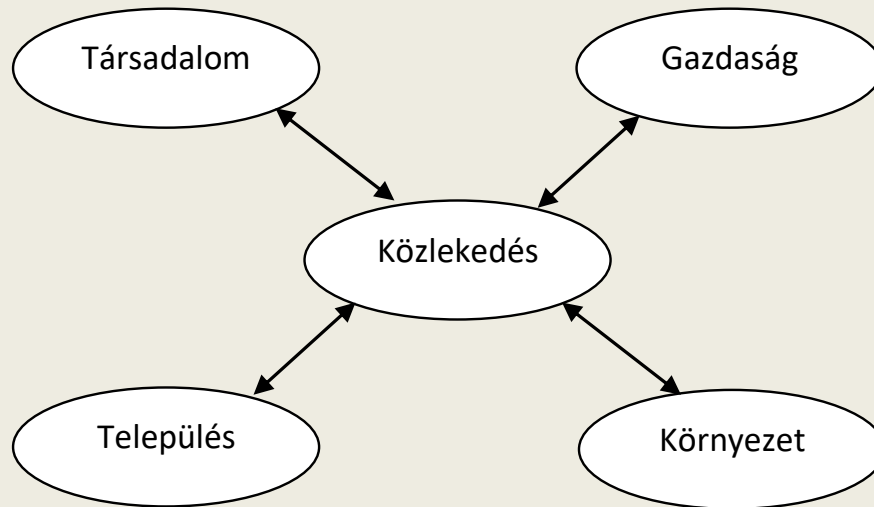
- Társadalom (önkormányzat – mikro szinten, állam – makró szinten)
  - Közlekedési hálózat fenntartása, üzemeltetése
  - Baleseti költség (az egyén csak kisebb részt fizet)
  - Környezetvédelem (a védekezés költségei, illetve a nem megfelelő védekezésből adódó költségek)
  - Közforgalmú közlekedés bevételekkel nem fedezett költségeinek kiegyenlítése (kedvezmények, juttatások ellentételezése)

# Közlekedési hálózat

A közlekedési hálózat tervezése, fejlesztése, fenntartása során a tevékenységet mindig három helyen ítélnék meg (eltérő paraméterek és érdekek mentén): az igénybevevő oldaláról, az üzemeltető oldaláról és az ellátásért felelős (állam, önkormányzat), azaz a társadalom oldaláról.

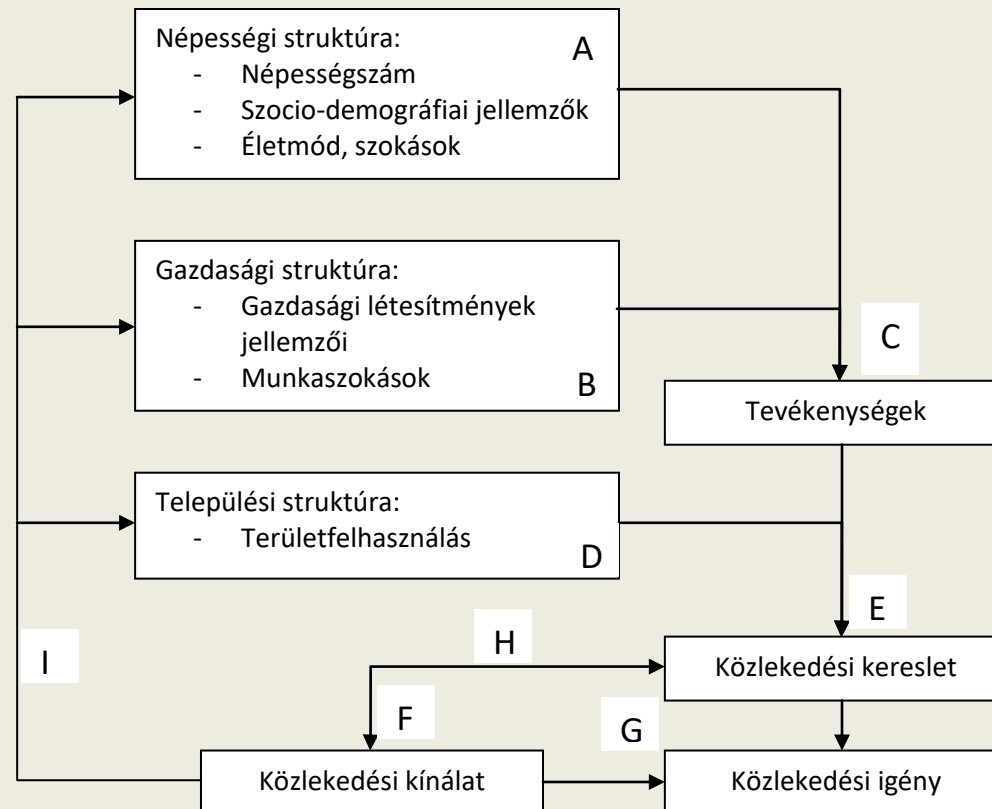
# Közlekedési hálózat rendszerkapcsolatok

A közlekedés, szoros kapcsolatban van a gazdasági és társadalmi struktúrával, a terület felhasználással, település struktúrával és a környezeti feltételekkel (előírások, paraméterek). „Közlekedési pók” (kereslet-kínálat kapcsolata):



# Közlekedési hálózat rendszerkapcsolatok

A közlekedési kereslet részleteiben befolyásoló paraméterek:

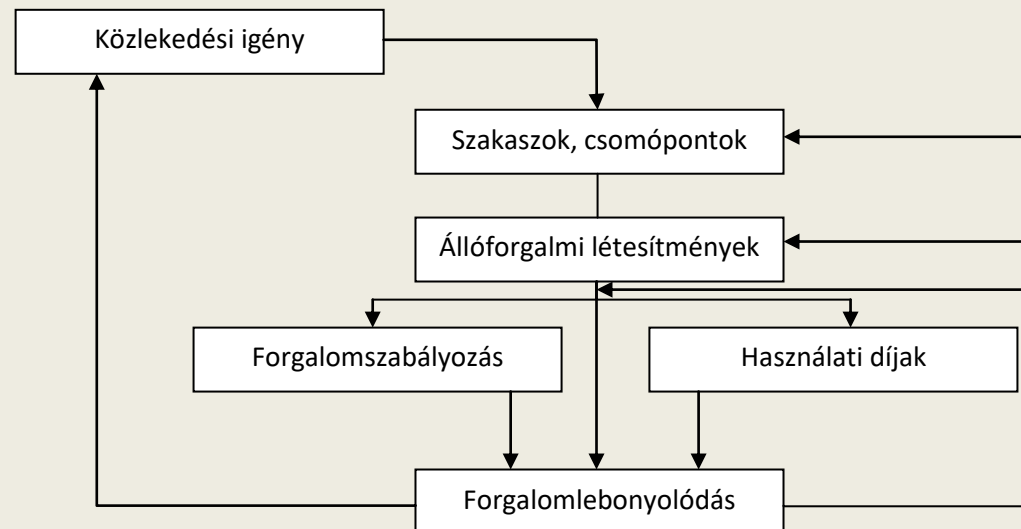




# Közlekedési kínálat és kereslet kapcsolatrendszer

A közlekedési kínálat része a közlekedési hálózat, amely egyéni vagy közforgalmú közlekedést bonyolít le.

Egyéni közlekedés:



# Közlekedési kínálat és kereslet kapcsolatrendszer

Forgalomlebonyolódás minősítése mutatószámokkal, kategóriákba sorolással történik. Pl. a közúti forgalomban:

- Makró szintű (szabad; részben kötött; kötött; telített forgalom)

Stabil

Instabil

- Mikroszkopikus (csoportviselkedés alapján: alacsony, közepes, nagy és igen nagy sűrűségű)

Instabil

Stabil

A csoportok részaránya és nagysága a makroszkopikus szinten belül a komplex forgalom lebonyolódási mutató szempontjából meghatározó.

# Közlekedési kínálat és kereslet kapcsolatrendszer

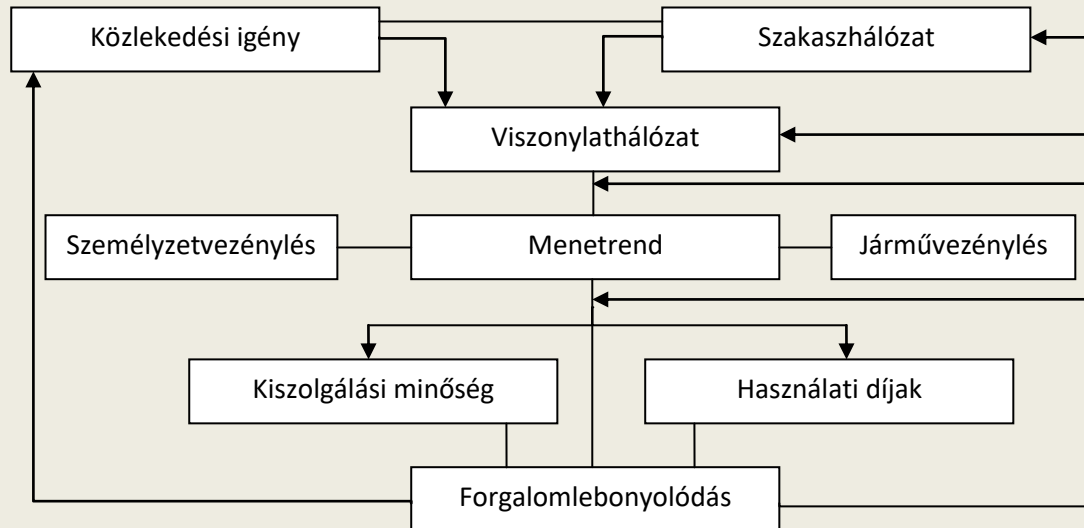
Kedvezőtlen forgalomlebonylódás a közlekedési igényeket is jelentős mértékben megváltoztathatja (hatással van az igényekre – visszacsatolás).

A forgalomlebonylódás javítása érdekében tennivalók vannak a szakaszok és az állóforgalmi létesítmények esetében, illetve a forgalom szabályozás és a használati díjak területén is (visszacsatolás). Javul a forgalomlebonylódás → növekszenek az igények.

A kínálat jelentős mértékben befolyásolja a keresletet.

# Közlekedési kínálat és kereslet kapcsolatrendszere

Közforgalmú  
közlekedés:



- **Merev kínálat:** meghatározott pontokon (megállóhelyek, vasúti pályaudvarok, repülőterek, kikötők), meghatározott időben (menetrend által előírt), meghatározott díj ellenében történik a szolgáltatás biztosítása
- **Rugalmas kínálat:** térbeli rugalmasság (útvonalak változása), igénykövető menetrendi rugalmasság (időbeni rugalmasság), vagy különböző rugalmas díjrendszerek. → Egyéni közlekedés

# Közlekedési kínálat és kereslet kapcsolatrendszer

*Szakaszhálózat* (lehetséges és/vagy az igények alapján célszerű)

A *viszonylathálózat* a végpontjával és a köztes utas csere pontjaival meghatározott szakaszok és csomópontok rendezett halmazaként jön létre. (térbeliség)

Erre a viszonylathálózatra épül rá az időbeliség, azaz a *menetrend*.

Járművezénylés → járműfajták → kényelmi szint

A közszolgáltatás definíciója alapján egy alapellátás alakítható ki (térbeli és időbeli szolgáltatás) a közlekedési igények alapján.

A *kiszolgálás minősége* források függvénye.

Térbeli kiszolgálás függvényében menetdíjak v. menetdíjak rendszere.

# Közlekedési kínálat és kereslet kapcsolatrendszere

A viszonylathálózat, a menetrend, a kiszolgálási minőség és a díjrendszer együttesen a *forgalomlebonyolódást* határozza meg.

A forgalom lebonyolódásnak hatása van a közlekedési igényekre, esetleg csökkentik a közlekedési igényeket, vagy a közlekedési igényeket átterelik az egyéni közlekedés oldalára. → Közlekedési spirál

Modal split (közlekedéspolitikai mutatószám)

**Az egyéni közlekedés rendszertulajdonságai összehasonlíthatatlanul kedvezőtlenebbek, mint a közforgalmú közlekedésé, a paraméterek többsége esetében.**

# Közlekedési kínálat és kereslet kapcsolatrendszer

Ha a forgalom lebonyolódással problémák vannak, akkor a szakaszhálózatot, a viszonylathálózatot, a menetrendet, a kiszolgálási minőséget és a díjrendszert külön és együttesen kell vizsgálni és intézkedéseket fogantatosítani:

- *Szakaszhálózat bővítése* (rágyaloglás, elgyaloglás, átszállási idő csökkentése)
- *Viszonylathálózat változtatása* (átszállások min.; kötöttpályás közlekedés előtérbe helyezés – biztonság, energia felhasználás, környezeti károk, költség ráfordítás)

Budapesten →

# Közlekedési kínálat és kereslet kapcsolatrendszer

## Villamos hálózat bővítési program:

- az észak-budai hálózati elemek bővítése, fonódó hálózat
- a Bajcsy Zsilinszky úttól a Nyugati pályaudvarnál lévő felüljáróig való bővítés,
- az 1-es villamos útvonalának Etele térig történő meghosszabbítása,
- a szentendrei HÉV összekötése a csepeli és Ráckevei HÉV-vel

Kötöttpályás szakaszhálózat bővítés, majd viszonylatok kialakítása.

Átszállások számának minimalizálása → hosszú viszonylatok kialakítása.

- *Menetrendi változtatás* (sűrítés, ritkítás hatása járműigényre, személyzetvezénylésre)



# Közlekedési kínálat és kereslet kapcsolatrendszer

- *Kiszolgálási minőség változtatás* társadalmi elvárások alapján, de nagyon forrásigényes (bevételekkiegészítés)
- *Díjak változtatása* hat az igényekre (árrugalmasság), egyes utazói csoportoknál merev, mert nincs más utazási lehetőség

Az intézkedések előtt vizsgálatok szükségesek ahhoz, hogy értékelni lehessen az **utascere adatokat**, a **járműkihasználtságot**, az **igényelt járművek számát**, a **szükséges férőhelyek számát**, az **időráfordítások változását**.

Hosszú viszonylatok esetében különösen fontos, az eltérő kihasználtságú szakaszok mértéke és hossza.

# Közlekedési kínálat és kereslet kapcsolatrendszer

A keresleti – kínálati viszony a hálózat fejlesztés oldaláról nagyon sok szervezési, üzemi, pénzügyi intézkedéssel párosul.

A keresleti – kínálati viszony számszerűsítése (idő, költség, távolság alapján)

# A helyváltoztatások jellemzése

A közlekedési igény realizációja a helyváltoztatás (a kínálat határozza meg, hogy mi tud realizálódni).

A *helyváltoztatás* egy kiinduló és célpont közötti elmozdulás.

Egyedi helyváltoztatás jellemzői (mutatószámok) → átlag, szórás, valószínűségi eloszlás → hálózat kialakítás megalapozása. A (realizálódni képes) igényeket szemléltetik a mutatószámok, de a kínálat – pl. hálózati kapcsolatok – függvényében (visszatükrözik a kínálatot).

# A helyváltoztatások jellemzése

Helyváltoztatási jellemzők (I.):

- Térbeli
  - Kiinduló és végpont helye
  - Távolság
    - Légvonalbeli
    - Valós

Új hálózat tervezésénél mindkettő fontos. 1,2-1,3 szorzó kedvező. 2-3 szoros értéknél javasolt a hálózatbővítés.

# A helyváltoztatások jellemzése

Helyváltoztatási jellemzők (II.):

- Időbeliség

Különböző időszakokban mások az időráfordítások (mások a forgalomlebonylódás körülményei) – helyváltoztatás időtartama → intézkedések a csökkentésre (rágyaloglás, elgyaloglás, átszállás ideje)

- Eszköz

Befogadóképesség (férőhely, tonna), keresztmetszet átboocsátóképesség → útvonalszakasz kapacitása → ténylegesen áthaladt személy és áru → kihasználtság

# A helyváltoztatások jellemzése

## Helyváltoztatási jellemzők (III.):

- Motiváció
  - Gazdasági forgalom (áruszállítás)
  - Személyforgalom (mobilitás) – munkával, tanulással, ügyintézéssel, szabadidővel, stb.
- Sebesség  
(A rendszer tulajdonságok egyike)  
Térbeliség és időbeliség összekapcsolása, a közlekedési rendszer fontos mutatószáma
- Menetdíj  
Ft/helyváltoztatás

# A helyváltoztatások jellemzése

A helyváltoztatási jellemzők megismerése kikérdezéssel történik. Ezek átlagolása → intézkedések a mutatószámok javítására. Pl.:

- Egyes időszakok motivációi (munkahely kezdési időpontok)
- Egyes időszakok időráfordításai
- Egyes időszakok eszközhhasználása

**A helyváltoztatási jellemzők mindig egy adott kínálat mellett érvényesek. Az átlagolt mutatószámokkal a közlekedési hálózat rendszerét lehet minősíteni.**

# A helyváltogatások jellemzése (ráfordítási mátrixok)

Ráfordítási mátrixok használatosak a keresleti-kínálatti viszonyok minősítéséhez (az egyes intézkedések megalapozói).

Helyváltogatási jellemzők közül kell kiválasztani a ráfordítási jellemzőt – idő-, út-, költségráf fordítás (hálózati modelleknél ez ellenállás) vagy ezek kombinációja (lineáris kombináció, multiplikatív kombináció)

Mátrixok többféle bontása lehetséges (időszak, alágazat, motiváció stb.)



# A helyváltogatások jellemzése (ráfordítási mátrixok)

Ráfordítási mátrix:

i-j: körzet, település  
megállóhely (feladattól, tervezőtől  
függ)

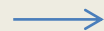
hová honnan	1		j		n	
1						
i			$A_{ij}$			$A_i$
n						
			$A_j$			

$A_{ij}$ : ráfordítási érték – vagy a távolság vagy az idő vagy a költség vagy ezeknek lineáris vagy multiplikatív kombinációja

$A_i, A_j$ : Induló- és célkörzet ráfordítása, minősítése

$$A_i = \frac{\sum_j A_{ij}}{n}$$

$$A_j = \frac{\sum_i A_{ij}}{n}$$



# A helyváltogatások jellemzése (ráfordítási mátrixok)

Körzet minősítése a ráfordítások alapján (összehasonlítás).

Pl. átlagtól való eltérés alapján javaslatok tehetők különböző intézkedésekre (hálózat módosítás) → meg kell vizsgálni, hogy a ráfordítás mátrixra milyen hatással van.

Pl. villamos vonal meghosszabbítás, vagy metróviszonylat létrehozása, viszonylatok összekapcsolása, módosítása.

# A helyváltoztatások jellemzése (ráfordítási mátrixok)

Az összehasonlító érték vegye figyelembe a keresletet befolyásoló paramétereket (pl. népességszám változása, gazdasági létesítmények száma, nagysága, jövedelemtermelő képessége). Célszerű egy súlyozott átlaggal jellemezni az induló és a célkörzetet, a struktúra jellemzők figyelembe vételével:

$$A_i = \frac{\frac{\sum_j SZ_j * A_{ij}}{\sum_j SZ_j}}{n}$$

$$A_j = \frac{\frac{\sum_i SQ_i * A_{ij}}{\sum_i SQ_i}}{n}$$

$SZ_j$ : A célkörzet struktúra jellemzője, pl. a munkahelyek, iskolai helyek száma, kórházak ágyszáma, színházak befogadóképessége.

$SQ_i$ : Az induló körzet struktúra jellemzője, pl. lehet a lakosok száma.

# A helyváltatások jellemzése (ráfordítási mátrixok)

**Egy adott, meghatározott helyzetet rögzítő mátrix a kínálathoz keresleti értékekből helyváltatási ráfordításokat mutat.**

Intézkedések hatására változik a mátrix, előtte-utána helyzet bemutatására, összehasonlítására alkalmas.

# Fejlesztési vagy közlekedési tervek – a közlekedéstervezés módszertana

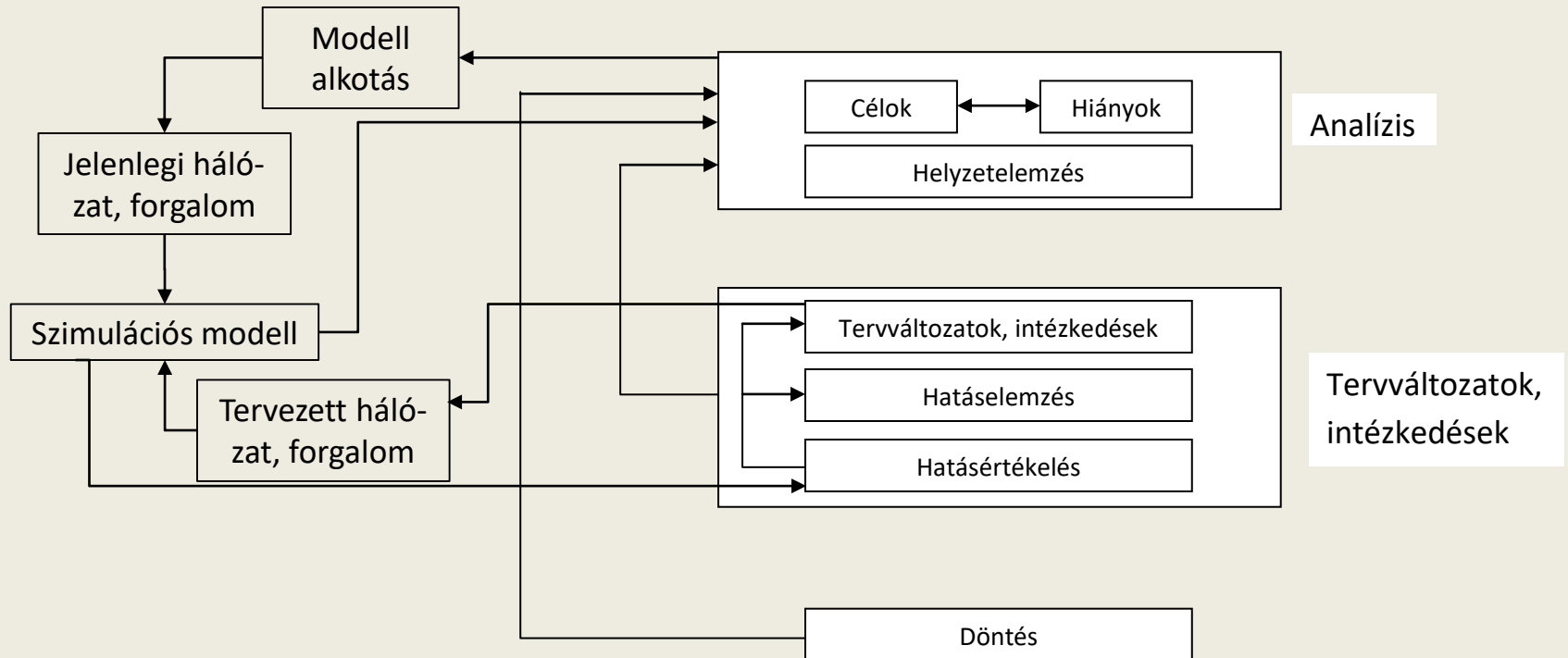
A fejlesztési terv két legfontosabb összetevője a terv *időtávlata* és a *területi kiterjedése*. A tér-idő kapcsolat az egész hálózattervezést és fejlesztést átszövi.

Időtávlat (nagy, hosszú, közép, rövidtávú) – Egymásba ékelődés!

Térbeliség (országos, regionális, megyei, járási, települési, település rész), további bontás lehet pl. alágazatonként – egy területen belül egy alágazathoz tartozó csomópont fejlesztése.

# Fejlesztési vagy közlekedési tervek – a közlekedéstervezés módszertana

A tervezés szakaszai:



# Fejlesztési vagy közlekedési tervek – a közlekedéstervezés módszertana

A tervezés szakaszai:

- **Analízis (I.):**
  - *Célok meghatározása* (pl. a kötöttpályás közlekedés fejlesztése – kedvező rendszertulajdonságok miatt)
  - *Hiánykatalógus készítése* (hazai vasúthálózat sűrűsége – területegységre vagy főre vetítve – alapján Európa első harmadában vagyunk, de kétvágányú, villamosított pályák részarányát tekintve utolsó harmadban)
  - *Helyzetelemzés*

Minden fejlesztési tervnek a jelenlegi életminőség, színvonal megőrzése és javítása a célja.

# Fejlesztési vagy közlekedési tervek – a közlekedéstervezés módszertana

- Analízis (II.):

A **célok** időtáv és vonatkozó terület függvényében különbözőek (helyi, lokális vagy helyközi, regionális)

A különböző települési szintrendszerben mások a közlekedési hálózat feladatai:

- *Országos*: az ország bekapcsolódásának biztosítása a nemzetközi kereskedelembe illetve együttműködésbe
- *Térségi (regionális, megyei, járási szint)*: a térségi szereplők közötti kapcsolat biztosítása
- *Helyi*: a helyi életminőség javítása, a gazdasági erő biztosítása, a jelentkező igényeket kielégítő, de a környezetvédelmet elsődlegesnek tekintő módon



# Fejlesztési vagy közlekedési tervek – a közlekedéstervezés módszertana

- Analízis (III.):

A különböző szinteken meglévő célokat különböző fejlesztési tervek tartalmazzák.

- *Állami*: Nemzeti Fejlesztési Terv (része a közlekedéspolitikai koncepció - NKS) – EU terveihez illeszkedés (Fehér Könyv)
- *Önkormányzati*: a helyi lokális hálózat fejlesztése során az igényeknek és az igénybefolyásolásnak megfelelően határozza meg a prioritásokat, az áruszállítási, a személyközlekedési, az egyéni- és közforgalmú közlekedés infrastruktúra fejlesztése területén

# Fejlesztési vagy közlekedési tervek – a közlekedéstervezés módszertana

- Tervváltozatok, intézkedések:

A célok elérése, hiányok csökkentése érdekében több tervváltozat, intézkedés megfogalmazása (különböző költségkihatás, eredmény → ráfordítási mátrix – értékelés).

- *Hatáselemzés:* azt mutatja meg, hogy az egyes változatoknak milyen hatása van, mely paraméterek szempontjából javul, vagy romlik a közlekedési rendszer (pl. ráfordítási mátrix, többkritériumos elemzés, a multivariációs analízis, forgalmi modellezés)
- *Hatásértékelés:* A hatáselemzés számszerűsített értékei alapján. Visszacsatolás (a tervváltozatokhoz, módosulhatnak; analízishez – megvalósul-e a cél, csökken-e a hiánykatalógus → új helyzetelemzés készül)

# Fejlesztési vagy közlekedési tervek – a közlekedéstervezés módszertana

- **Döntés:**

A hatásértékelés során a legjobb mutatószámokkal rendelkező kiválasztása.

A döntés során is visszacsatolás történik az analízis szakaszhoz, a kiválasztott változat esetében a meghatározott célok hogyan jelennek meg és a hiányok milyen mértékben csökkennek.

# Fejlesztési vagy közlekedési tervek – a közlekedéstervezés módszertana

Ma már a tervezés az alágazati szintről átkerült a teljes közlekedési rendszerre (modális fejlesztés helyett összközlekedési szemléletmód).

OVK-NKS

Igényekből kiindulni, a legkedvezőbb rendszertulajdonságokkal rendelkező hálózatot ehhez rendelni.

A személyszállításban ne egymással versenyezzenek a szolgáltatók.

Személy- és áruszállításban is intermodális vagy multimodális közlekedésfejlesztés gondolata.

# Helyváltoztatási igények kielégítése

## Cél:

- az életminőség megőrzése, javítása;
- a személy és áruszállítási igények kielégítése, de nem feltétlenül az igénybevevő kívánsága szerint;
- kedvező forgalom lebonyolódás biztosítása.

# Helyváltóztatási igények kielégítése

Feladat - igénybefolyásolás(I.):

- A **közlekedési igények csökkentése** pl. ésszerűbb terület felhasználással, a közlekedési hálózat és a területi egységek együtt tervezésével. Jelenlegi világjelenség ezzel ellentétes, mert:
  - a társadalmi munkamegosztás, a területi funkciómegosztás fokozódik;
  - a települések diszperziója tapasztalható;
  - bevásárló- és kulturális központok jöttek létre, amelyekhez jelentős közlekedési igények és távolságok, és kedvezőtlen eszközhasználat párosul;
  - a háztartások létszámának csökkenése tapasztalható stb.

A demográfiai és gazdasági mutatószámok az igénycsökkentéssel ellentétesen alakulnak.

# Helyváltóztatási igények kielégítése

## Feladat - igénybefolyásolás (II.):

- Az igények kedvezőbb módon történő elosztása, az **igények áthelyezése**
  - *Eszközre* (pl. helyközi személyszállításban közút-vasút verseny megszüntetése, vasút preferálása – intercity gyors autóbusz helyett);
  - *Időben* (a csúcsidejű igényeket meg lehet próbálni átrakni napközi igényekre pl. a lépcsőzetes munkakezdés kialakításával);
  - *Útvonalra* (adott időszakban a kedvezőbb ráfordítás igényű útvonalra helyezni a forgalmat).

**Ráfordítások csökkentése** (idő, távolság, költség): alternatívák keresése pl. kedvezőbb üzemanyag felhasználású vagy hosszabb élettartamú járművek használata.

**Kedvezőtlen környezeti hatások csökkentése** (zaj-, levegő szennyezés, balesetek csökkentése)

# Forgalomfelvételek

A közlekedési hálózatok tervezésének analízis és intézkedés szakaszait támogatja:

- az összetett és bonyolult rendszer kapcsolatainak megismerése
- a jelenlegi igények feltárása, a várható közlekedési igények megbecslése.

A forgalomfelvételek a *közlekedésstatisztika* integráns részét képezik és különböző **céloknak** kell, hogy eleget tegyenek.

A célok határozzák meg a forgalomfelvétel **fajtáját** (előkészítését, lebonyolítását, kiértékelését).



# Forgalomfelvételek célja

A forgalomfelvételek céljai (az igények – elsősorban jelenlegi, de lehet jövőbeni – feltérképezése) (I.):

- Hosszú távú intézkedések támogatása
  - hálózatok tervezése (nagy, hosszú, középtávon);
  - infrastruktúra működtetésével, fejlesztésével kapcsolatos feladatok támogatása (nem alágazatonként, hanem integráltan  
→ optimális forgalomlebonylódás)

(Közlekedéspolitikai célokkal összhangban.)

Helyváltoztatási jellemzők feltárása:

Ki?; vagy Mi?; Miért?; Mennyit?; Mikor?; Honnan-Hová?;  
Milyen eszközzel?; Milyen útvonalon közlekedik?

# Forgalomfelvételek célja

## A forgalomfelvételek céljai (II.):

- Rövid távú intézkedések támogatása
  - **üzemi** (a forgalomlebonnyolódáshoz szükséges üzemviteli feladatok);
  - **szervezési** (pl. település és környékének közlekedését megismerni tarifaközösség, közlekedési szövetség kialakításához);
  - **irányítási** (az adott infrastruktúrán másfajta irányítás kialakítása);
  - **informatikai** (helyváltoztatást segítve pl. az utazók tájékoztatása);
  - **jogi**;
  - **pénzügyi** (díjrendszerek).

# Forgalomfelvételek célja

A forgalomfelvételek céljai (III.):

- Modell paraméterek meghatározása

Modellek a forgalom várható alakulását forgalomelőrebecsléssel határozzák meg, a modellek validálásához forgalomfelvételre van szükség.

A forgalomfelvételek az intézkedések előtt és után is végrehajthatók → a hatások elemzése, értékelése elvégezhető. Pl. jelzőlámpás csomópontban a felálló járművek száma, csomópont kihasználtsága.

# Forgalomfelvételek lehatárolása

A forgalomfelvétellel kapcsolatos lehatárolások:

- **Térbeni**
- **Forgalom fajta szerinti**
- **Gyakoriság**
- **Forgalomfelvétel kiterjedtsége**
- **Időbeni**
- **Lebonyolítás módja**

# Forgalomfelvételek lehatárolása

A forgalomfelvétel lebonyolítása épül a célokra, valamint bizonyos lehatárolásokra van szükség, hogy a forgalomfelvétel nagy biztonsággal végrehajtható legyen (I.):

- **Térbeni (I.)**
  - Országos – pl. évente országos közúti forgalomszámlálás ugyanazokon a helyeken, ugyanazzal a módszertannal;
  - Regionális;
  - Megyei;
  - Járási;
  - Települési;
  - Kisebb egység (pl. település rész, kerület, csomópont, közösségi közlekedési eszköz megállóhelye).

# Forgalomfelvételek lehatárolása

A forgalomfelvétellel kapcsolatos lehatárolások (II.):

- **Térbeni (II.)**

Területegységre rendelkezésre álljanak adatok (keresletet meghatározó adatok: népességi, gazdasági, települési jellemzők) → terület(egység) lehatárolás. Előrebecsléshez ezen adatok jövőbeni értékeire is szükség lesz.

# Forgalomfelvételek lehatárolása

A forgalomfelvétellel kapcsolatos lehatárolások (III.):

- **Forgalom fajta** szerint
  - Járműfajta szerinti;
  - Pályához kötöttség alapján történő megkülönböztetés (alágazat);
  - Álló-mozgó forgalom;
  - Szállítás tárgya szerint (személy vagy áruszállítás);
  - Egyéni vagy közforgalmú közlekedés;
  - Település (forgalmi körzet) oldaláról lehatárolva induló vagy érkező vagy belső vagy átmenő vagy települést elkerülő forgalom;

# Forgalomfelvételek lehatárolása

A forgalomfelvétellel kapcsolatos lehatárolások (IV.):

- **Gyakoriság** szerint

- *egyszeri* (egy meghatározott jelenség vizsgálatára);
- *aperiodikus* (változó időközönként történik a forgalomfelvétel – legtöbbször az anyagi lehetőségek miatt);
- *periodikus* (szabályos időközönként történik a forgalomfelvétel);
- *folyamatos* (központba bekötött jelzőlámpák, elektronikus kártyarendszer), jellemzően automatizált.

A legköltségesebb – célforgalmi – forgalomfelvételt 5-10 évente végzik. Forrás hiányában aperiodikus. A módszertan és az eredmények azonosak.



# Forgalomfelvételek lehatárolása

A forgalomfelvétellel kapcsolatos lehatárolások (V.):

- **Forgalomfelvételek kiterjedtsége**

Közlekedési hálózat rendszere sztochasztikus → gyakran valószínűség számítás segítségével mintavételes forgalomfelvétel

- *teljeskörű* (kicsi alapsokaság esetén);
- *mintavételes* (véges, vagy végtelen alapsokaságból) A mintavétel lehet:
  - véletlenszerű;
  - rétegezett;
  - szisztematikus.

Fontos feladat a mintanagyság meghatározása az alapsokaság jellemzői és azok kapcsolatai alapján.

# Forgalomfelvételek lehatárolása

A forgalomfelvétellel kapcsolatos lehatárolások (VI.):

- **Időbeni**

- *adott éven belül* mikor (jellemzően 04-06, illetve 09-11). A forgalomfelvétel célja szerint kerülendő olyan időszak, amikor bizonyos forgalomfajták nem, vagy csak kis mértékben jelennek meg;
- *héten belül* (jellemzően kedd-csütörtök, szombat és vasárnap egyéb ünnep és munkaszüneti nap is eltér);
- *napon belül*
  - egész napos (jellemzően 14-16 óra hosszban);
  - óracsoportos (pl. közúti jelzőlámpás csomópontok programjainak meghatározásához – 2-4 óra hosszban);

# Forgalomfelvételek lehatárolása

A forgalomfelvétellel kapcsolatos lehatárolások (VII.):

- **Lebonyolítás módja (I.)**

- *Keresztmetszeti* (forgalomnagyság, forgalom összetétele, forgalom időbeni lebonyolódása, keresztmetszeti sebesség érték, követési időköz az eredménye), több keresztmetszet kiválasztása a leggyengébb láncszem meghatározásához (szűk keresztmetszet), melynek fejlesztése hálózatfejlesztés (sávszám), irányítási változtatás (jelzőtábla helyett jelzőlámpa);

# Forgalomfelvételek lehatárolása

A forgalomfelvétellel kapcsolatos lehatárolások (VIII.):

- **Lebonyolítás módja (II.)**

- *Forgalomáramlási* (honnan-hová történik a helyváltoztatás).  
Eredménye áramlat nagyság, áramlási sebesség, áramlat útvonala, áramlási időráfordítás, áramlat közlekedési eszköze. Speciális esete a közlekedési szokásjellemzőkre vonatkozó felvétel → kikérdezés alapján, lehet közlekedési tértől elválasztottan: háztartás – személyszállítás, gazdasági terület – áruszállítás (idő és anyagi ráfordítás igényes);

A célok és lehatárolások összekapcsolásával nagy számú forgalomfelvételre kerülhet sor. A forgalomfelvételek eredményeit a forgalom előrebecslés során lehet felhasználni.

# Mintavételes forgalomfelvételek

Alapsokaságból kiválasztva a minta, azok jellemzőiből következtetve a teljes alapsokaság jellemzőire.

Az alapsokaság ( $N$ ) *véges vagy végtelen*.

Mi az alapsokaság?

Pl. országos közúti forgalomszámlálás esetén a teljes járműállomány db száma? (hazai és külföldi). Lehet csak bizonyos járműfajtákra vonatkozó (szgk., közforgalmú közlekedés stb.).

A minta elemszáma  $n$ , amelynek kiválasztása véletlenszerű, rétegezett, szisztematikus.

# Mintavételes forgalomfelvételek

- Véletlenszerű minta

Nincs koncepció a minta elemeinek kiválasztására (pl. az utcán megkérdezzük, aki éppen arra jár).

Az alapsokaság lehet *véges*, vagy *végtelen*.

- Rétegzett mintavétel

Homogénnek tekinthető rétegek alkotása (pl. utazók neme, életkora). Az  $N$  alapsokaságon belül ismert az egyes rétegek alapsokasága  $N_i$ .  $N = \sum_{i=1}^k N_i$ . Az egyes rétegekhez statisztikai jellemzők rendelése. A minta az egyes rétegekből kerül kiválasztásra ( $n_i$ ). Csak *véges* alapsokaság esetén alkalmazható.

# Mintavételes forgalomfelvételek

- Szisztematikus minta

Az alapsokaság *véges*.

A meghatározott minta nagysága és az alapsokaság nagysága ismeretében meg lehet határozni a  $m = \frac{N}{n}$  számot, azaz minden  $m$ -edik elem lett bevonva.

# Minta nagyságának meghatározása

- Véletlenszerű mintavételnél (I.)
  - végtelen alapsokaság esetében szükség van
    - arra a *megbízhatósági szintre*, amivel a felvételt végre kívánják hajtani, illetve a hozzá tartozó ( $t$ ) értékre;
    - a lebonyolódás *szabályszerűségére*, amit a relatív szórással ( $s_r$ ) lehet figyelembe venni;
    - arra a *pontosságra* ( $d_r$ ), amelyet az adatok felhasználásához előírnak.

$$n = \frac{t^2 * s_r^2}{d_r^2}$$

- véges alapsokaság esetében szükség van
  - az alapsokaság nagyságára ( $N$ );
  - a végtelen alapsokaságnál említett értékekre

$$n = \frac{N * t^2 * s_r^2}{t^2 * s_r^2 + (N - 1) * d_r^2}$$



# Minta nagyságának meghatározása

- Véletlenszerű mintavételnél (II.)

*Normális eloszlás* esetén a megbízhatósági szintet a két szigma szabály biztosítja (a 95%-os megbízhatósági szintnél a minta 95%-a a kétszeres szórásstartományon belül helyezkedik el). Ekkor a normális eloszlás táblázatából lehet a  $t$  értéket kiolvasni. A közlekedési forgalomfelvételeknél: 95%-os megbízhatósághoz  $t=1,96$  tartozik.

# Minta nagyságának meghatározása

- Véletlenszerű mintavételnél (III.)

A felvétel pontossága azt jelenti, hogy kijelölésre kerül az átlaghoz tartozó tartomány szélessége, az a sáv, amelyen belül a kapott érték várható (amire a felvétel vonatkozik).

A  $d_r$  nem más, mint a relatív hiba, ami a hibának és az átlagnak a hányadosa. A hiba az átlagtól való eltérések abszolút értékének az átlaga (számláló), relatív hiba:

$$d_r = \frac{(\sum |x_i - \bar{x}_i|) / n}{\bar{x}_i}.$$

Az alapsokaság nagysága és a megválasztandó pontosság szoros kapcsolatban van.

Alapsokaság	Pontosság
0-20	0,4
20-50	0,3
50-100	0,2
100-500	0,1
>500	0,05

# Minta nagyságának meghatározása

- Véletlenszerű mintavételnél (IV.)

Általában a közlekedési forgalomfelvételeknél 5-10%-os pontossággal szokás számolni.

A forgalomfelvétel végrehajtása után a pontosságot újra kell számolni (a relatív szórás a kapott eredményekből pontosan meghatározható) és akkor derül ki, hogy elegendő volt-e a minta nagysága. Ha nem: pótfelvétel.

# Minta nagyságának meghatározása

- Véletlenszerű mintavételnél (V.)

A relatív szórás a jelenség *stabilitására* utal. Relatív érték dimenzió és nagyságrend nélkül összehasonlíthatóvá teszi a jelenségeket statisztikailag.

Pl. munkamotivált utazások esetében 0,2 körüli a relatív szórás (a jelenség stabilnak tekinthető). Hétvégi utazásoknál 0,5 körüli (instabil jelenség).

Általában 0,2-0,5 között mozog a relatív szórás.

# Minta nagyságának meghatározása

- Rétegzett mintavételnél

Az egyes rétegeknél a minta nagyságának kiválasztása a véletlenszerű mintavételnél ismertettek szerint történik az egyes rétegek alapsokaságának megfelelően.

Rétegenkénti pontossággal és stabilitással kell számolni.

- Szisztematikus mintavételnél

Minden  $m$ -edik elem kerül a forgalomfelvételbe (az elemek közötti távolság meghatározása). Ez akár rétegenként is

történhet:  $n_i = \frac{N_i}{m_i}$

# Forgalomfelvételek fajtái

- Forgalomnagyság meghatározása
- Követési időköz
- Sebesség
- Áramlati jellemző mennyiségek
- Állóforgalom
- Helyváltoztatás jellemzői
- Közforgalmú közlekedés

# Forgalomfelvételek fajtái

- **Forgalomnagyság** meghatározását célzó felvétel (keresztmetszeti forgalomfelvétellel) (I.)

Meghatározott keresztmetszetben időegység alatt áthaladó egyedek száma (járművek – jármű/h, utasok – utas/h, áru tömege – tonna/h). Honnan-hová, motiváció nem ismert.

- *járműfajták szerint* – forgalom összetétele (forgalom struktúrája)
- forgalom lefolyás *időbenisége* (pl. közútnál negyedórás bontásban egész napos lefolyás látható, gyalogos forgalomnál 5 perces), akár járműfajtánként. (heti, havi, éves forgalomlefolyás). Közútnál gördített negyedórás forgalmak alapján csúcsóra meghatározása.

# Forgalomfelvételek fajtái

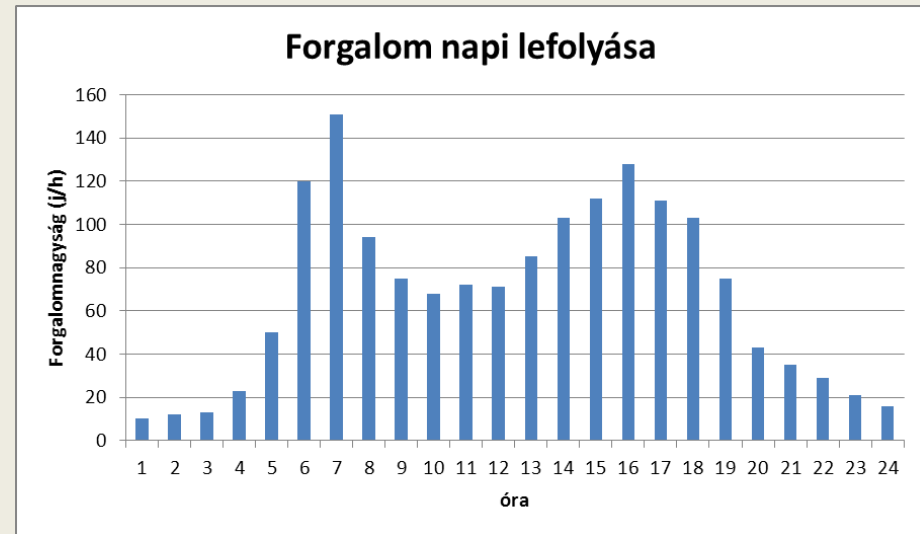
- **Forgalomnagyság** meghatározását célzó felvétel (II.)

Ábrázolás *oszlopdigrammmal*.

(alacsony forgalmú, napközbeni – átlagos forgalmú, csúcsidőszak).

Színekkel járműfajták, felismerhető a kedvezőtlen összetétel (lakóterületen magas a nehéz gépjárművek aránya).

Az infrastruktúra átbocsátóképessége (teljesítőképessége) alapján kiszámolható a kihasználtság. Áthaladó – áthaladni akaró járművek!





# Forgalomfelvételek fajtái

- **Forgalomnagyság** meghatározását célzó felvétel (III.)

A rendszeresen elvégzett felvételek a tendenciára is utalnak, kedvezőtlen folyamat esetén beavatkozás (újabb felvétellel ellenőrizhető).

A forgalomnagyság ábrázolása történhet *kördiagramok* felhasználásával is, amikor minden órára külön készül el a diagram és a körcikkek a járműfajták részarányára utalnak.

# Forgalomfelvételek fajtái

- A **követési időköz** felvétele is keresztmetszeti forgalomfelvétellel történik. (I.)

Az óránkénti járműszám reciproka az átlagos követési időközt adja ( $3600 / (\text{jármű/óra})$  [s]).

*A szabad szakaszokon* a követési időköz eloszlás az áramlat stabil vagy instabil voltára utal.

# Forgalomfelvételek fajtái

- A **követési időköz** felvétele (II.)

A *csomópontok* esetében azok irányításától függően fontos szerepe van a követési időköznek.

- *Jelzőtáblával szabályozott* csomópontban az alárendelt irányból történő behajtás lehetősége, vagy körforgalom.
- *Forgalomtól függő jelzőlámpás irányításnál*, ha a követési időköz egy értéknél nagyobb, nincs szabad jelzés hosszabbítás.
- *Összehangolt csomóponti irányításnál* összetartozó járműcsoportok megállapításához.

A követési időköz a csomópontok forgalomlebonyolító képességének meghatározásához szükséges.

# Forgalomfelvételek fajtái

- A **sebesség** mérése
  - *Keresztmetszeti sebesség* (pillanatnyi sebesség) – radar, hurokdetektor. Adott keresztmetszet sebesség eloszlása. Több keresztmetszetben egyszerre → következtetés a forgalomlebonylódásra.  
Közlekedésbiztonság növelése érdekében változtatható jelzéképű táblán is megjelenítik.
  - *Áramlati sebesség* (forgalomáramlási felvétellel), hálózati jellemző. Autópályán rendszámleolvasással, menetírókészülékkel, műholdas helymeghatározással.

A keresztmetszeti sebesség összekapcsolása a keresztmetszeti forgalomnagysággal nagyon lényeges függvénykapcsolatokhoz vezet, ezért is fontos ezek egyidejű mérése.

# Forgalomfelvételek fajtái

- **Áramlati jellemző mennyiségek meghatározása I.**

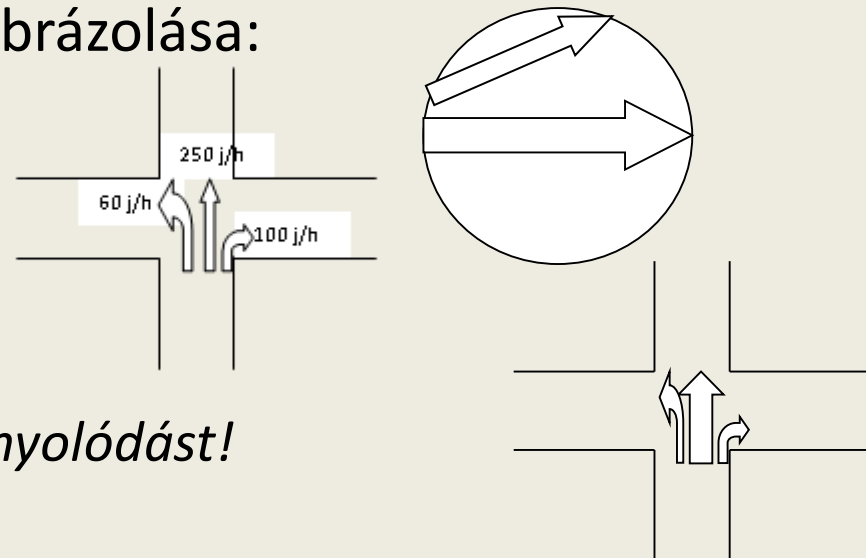
Ide tartozik minden olyan mérés, ami kiinduló és célpontok között valamilyen forgalmi jellemző meghatározását szolgálják (forgalomnagyság, időfelhasználás a hálózat két pontja között).

hová honnan	1		j		n
1					
i					
n					

Forgalomfelvételi eredmények ábrázolása:

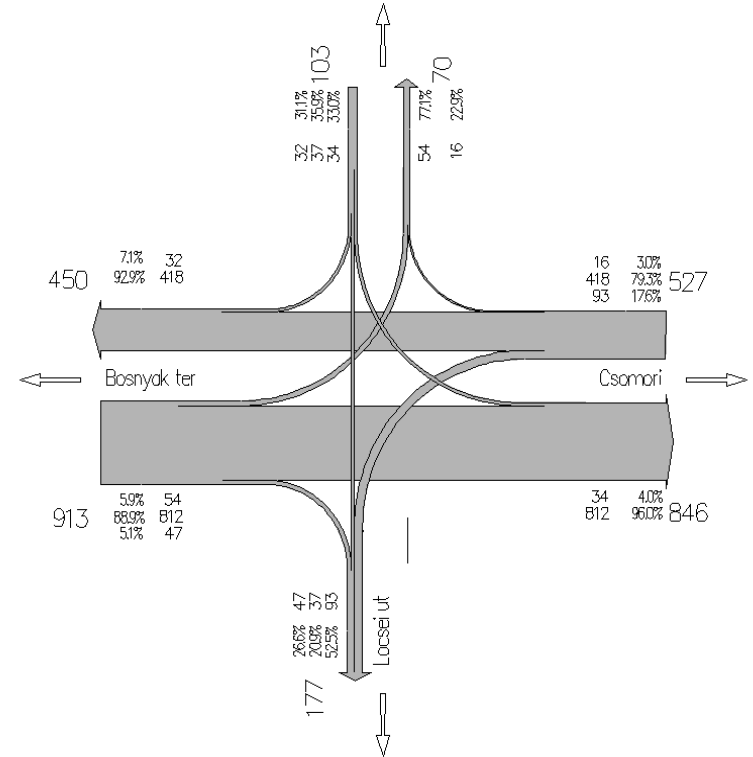
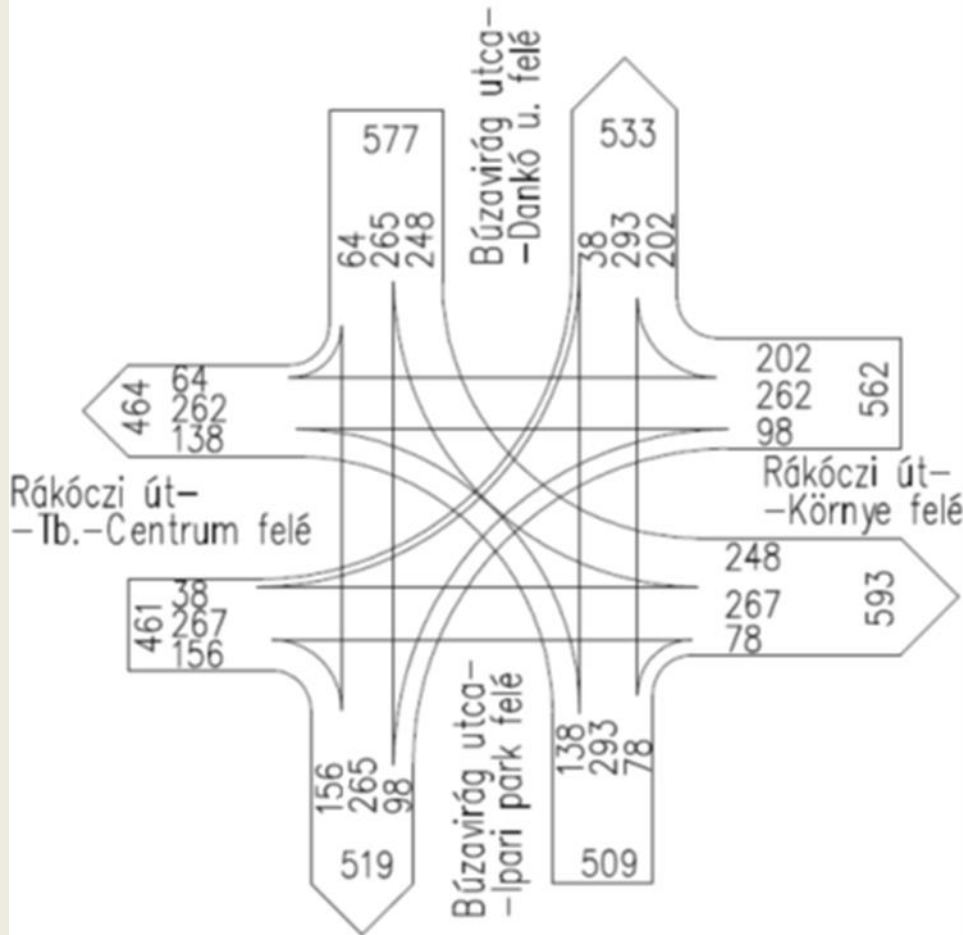
- Légvonalas
- Vonalas (csomópontoknál)
- Sávos

*Forgalomnagyság és időráfordítás együtt szemlélteti a forgalomlebonylódást!*



# Forgalomfelvételek fajtái

- Áramlati jellemző mennyiségek meghatározása II.



# Forgalomfelvételek fajtái

- **Állóforgalom** mérése

Állóforgalmi létesítmények (útfelületen, útfelülettől elválasztott) kihasználtságának meghatározása. Ismert a teljesítőkéesség, mérés alapján az igénybevétel (szabálytalan parkoló járművekkel együtt).

Zárt létesítménynél a legegyszerűbb a mérés.

Parkolási időtartam (rendszámleolvasással 15-30 percenként)

Dinamikus parkolásirányításhoz jelenléti detektorok.

A parkolás okának megismerése (munkahely, lakóhely, bevásárlóhely stb. közelében) csak kikérdezéses felvétellel határozható meg (otthon, vagy a forgalomban).

# Forgalomfelvételek fajtái

- **Helyváltoztatás jellemzőinek** mérése

Utazási szokások kikérdezése (szokásjellemzők – gyakoriság, ok, időtartam, utazási láncok; **utazói rétegek képzéséhez is**)

- **Közforgalmú közlekedés** mérése

- Járművek

Keresztmetszeti felvételek kihasználtságra (folthatás), menetrendszerúségre

- Utasok

Utazási szokásjellemzők kikérdezéssel, megállóhelyek terhelése keresztmetszetekben



# Forgalomelőrebecslés

Forgalomfelvételekre és statisztikai adatokra épülnek.

A forgalomelőrebecslés módszerét a vizsgált terület nagysága és a vizsgálat időtávlata határozza meg.

Az előrebecslését forgalom fajtánként is végre lehet hajtani:

- járműfajta szerint,
- pályahasználat szerint (alágazatok szerint),
- álló vagy mozgó forgalom bontásban,
- személy vagy áruszállítás bontásban,
- egyéni közlekedés, közforgalmú közlekedés bontásban
- település oldaláról induló-érkező-belső-átmenő-elkerülő forgalom bontásban,

# Forgalomelőrebecslés

- Makró szintű előrebecslés

Nagy területre, hosszabb időtávra vonatkozóan a közlekedést *befolyásoló tényezők* (a társadalmi fejlődés, gazdasági és környezeti politikák, területfelhasználás – közlekedési pók) statisztikai vizsgálatából

- Regressziószámítás
- Trendsámítás

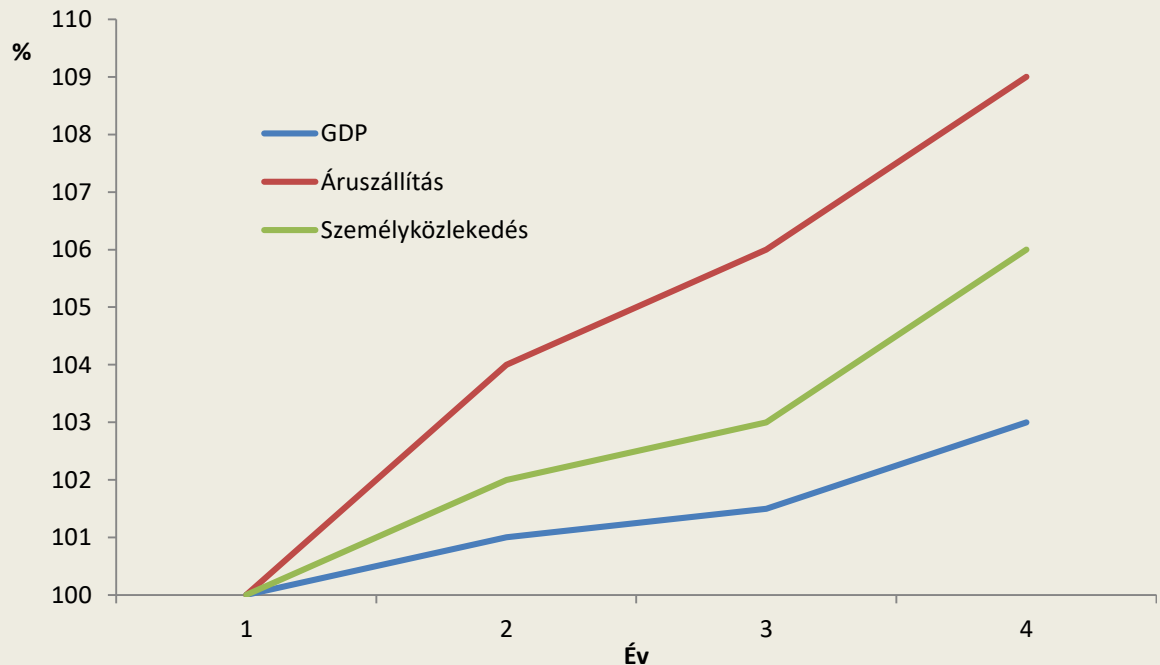
- Mikró szintű előrebecslés

Különböző forgalomfelvételek alapján.

# Makró szintű forgalomelőrebecslés

- Regressziószámítás (I.)

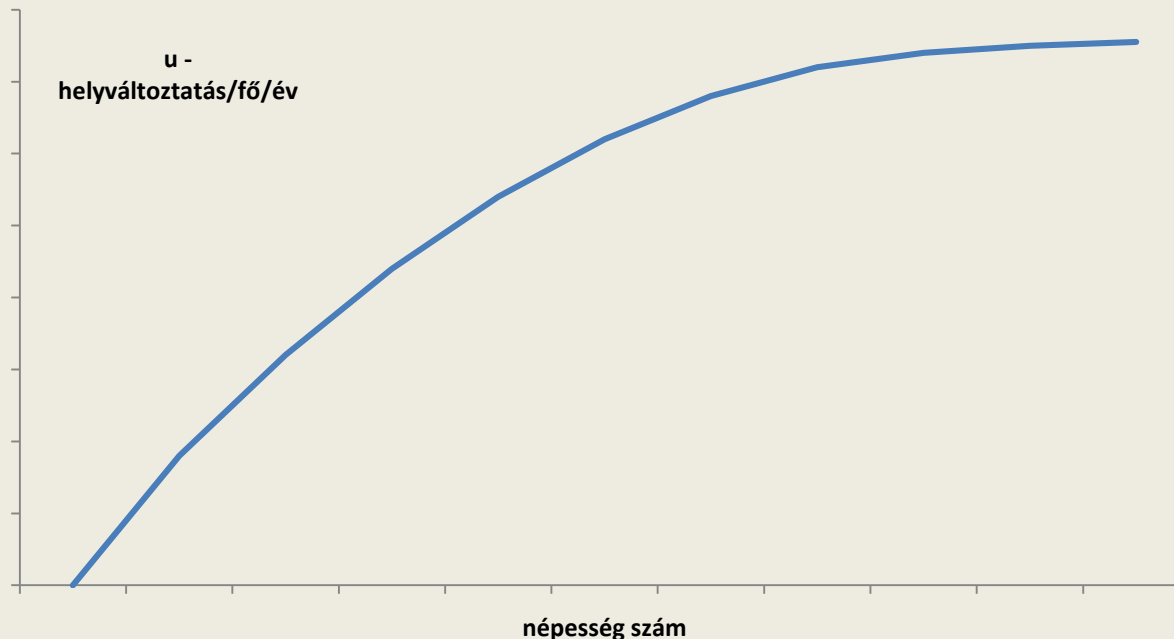
A gazdasági tényezők közül a legfontosabb a *nemzeti jövedelem* alakulása (hatása a személyközlekedésre – utaskm/év és áruszállítási igényekre – tonnakm/év). Bázisértékhez képesti változás szemléltetése, akár külön alágazatokra, egyéni-közforgalmú közlekedésre.



# Makró szintű forgalomelőrebecslés

- Regressziószámítás (II.)

A társadalmi fejlődés jellemző mutatója a *népességszám*. A fajlagos helyváltoztatási igény  $u$  – helyváltoztatás/fő/nap) változása a népesség szám növekedésével degresszív emelkedést mutat egy telítettségi szint eléréséig.



# Makró szintű forgalomelőrebecslés

A **közlekedéspolitiká** részben befolyásolja a közlekedési alágazatok közötti *munkamegosztást*, részben kiindul abból, megfogalmaz elvárásokat, hogy milyen szint lenne a kedvező.

Közút-vasút      útdíj-pályahasználati díj

# Makró szintű forgalomelőrebecslés

- Trendszámítás (I.)

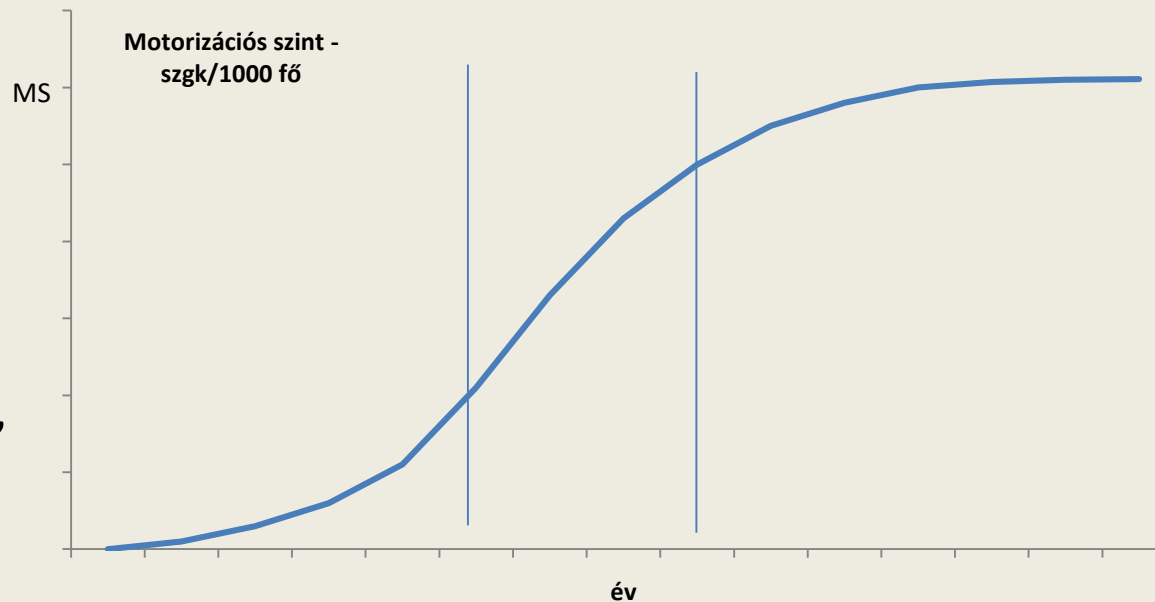
Legjobb példája, amely a közlekedési munkamegosztást is befolyásolja, a motorizációs fok ( $M$  – személygépkocsi/1000 fő a vizsgált területen). Logisztikus trend:

$$M = \frac{MS}{1 + e^{a-b*t}}$$

MS: telítettségi szint

a, b: trendszámítás  
együtthatói

3 szakasz: progresszív,  
lineáris, degresszív



# Makró szintű forgalomelőrebecslés

- Trendszámítás (II.)

A telítettségi szint országonként nagyon különböző, amely *gazdasági* (egy főre jutó nemzeti jövedelem) és *társadalmi* (népességi adatok – népességi korfa; foglalkoztatottság) okokra vezethető vissza. (Előrejelzések túllépése)

Közlekedéspolitikai koncepciók egy feltételezett telítettségi szint alapján készülnek. Hazánkban 350-450 szgk/1000 lakos.

Régiónként, megyénként, településenkénti (kerületenkénti) eltérés. Fővárosban 450 körüli érték és 200 alatti érték is van.

Közúti közlekedési tervekhez, álló és mozgó infrastruktúra fejlesztésekhez alapinformáció.

# Makró szintű forgalomelőrebecslés

- Trendszámítás (III.)

Nem csak személygépkocsi figyelembe vétele az előrejelzéseknél. Az *autóbusz és tehergépjármű* értékeknél *lineáris* közelítést alkalmaznak az állomány nagyságrendi alakulásában.

Mennyiség mellett fontos az átlagos *futásteljesítmény* alakulása (dinamikus adat). A motorizáció növekedésével általában csökken (egy háztartásban több jármű), összességében többet futnak, de az átlag csökken (lineárisan - rövidebb periódusonként az egyenes meredeksége változik).

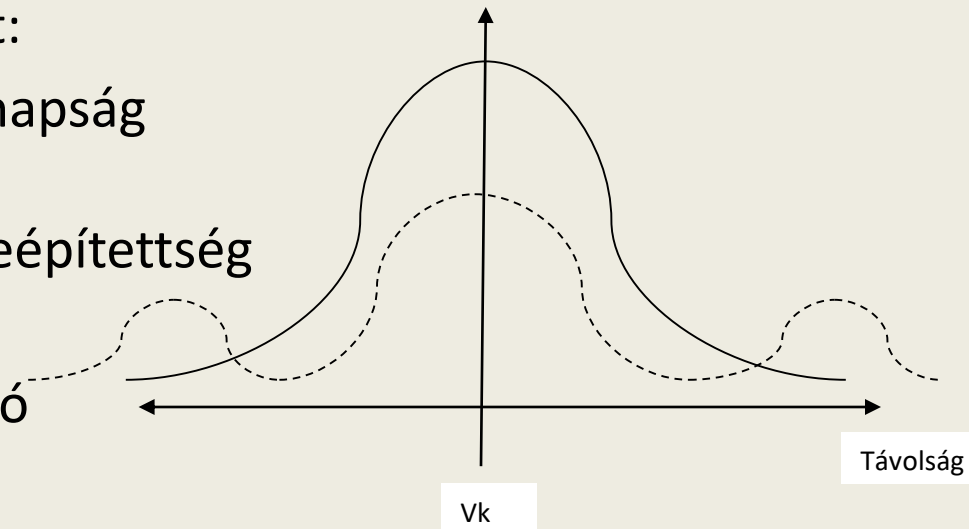


# Makró szintű forgalomelőrebecslés

- Trendszámítás (IV.)

Az utazók *átlagos helyváltoztatási távolsága* – függetlenül az eszköztől – növekvő tendenciát mutat. Ennek oka a települések diszperziója (területfelhasználás, településszerkezet), kihat a közlekedési igényekre, a helyváltoztatási távolságokra. Korábban városközpont jelentős szerepe (nagy részarányú rövid utazási távolságú helyváltoztatások a központban, távolabb kisebb részarányú hosszabb utazási távolság volt jellemző). Mára ez megváltozott:

- Korábban lakótelepek, manapság lakóparkok létesültek (magas-alacsony-magas) beépítettség
- Városból a környékre kiköltözés – szuburbanizáció



# Makró szintű forgalomelőrebecslés

A befolyásoló tényezők számbavétele kulcsfontosságú.

A közlekedési hálózat minősítésének egyik legfontosabb paramétere: 1 főnek, 1 nap alatt a helyváltoztatásokra fordított ideje:

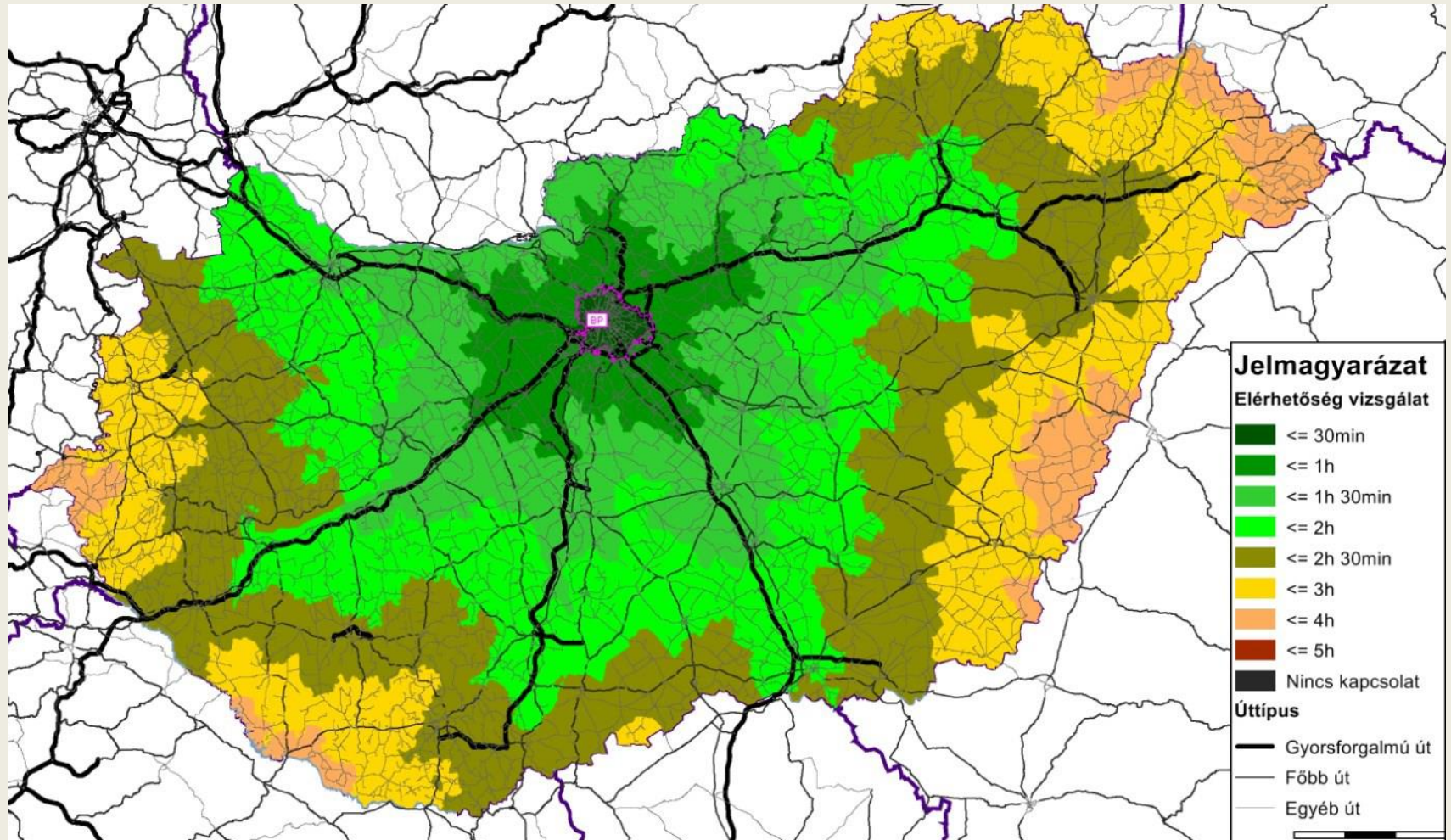
$$t = \frac{u * l}{v}$$

$u$ ,  $l$  és  $v$  forgalomfelvételekkel meghatározható, amelyek prognosztizálhatók.

Elérhetőségi ábrák. Infrastruktúra fejlesztések hatásai!

# Makró szintű forgalomelőrebecslés

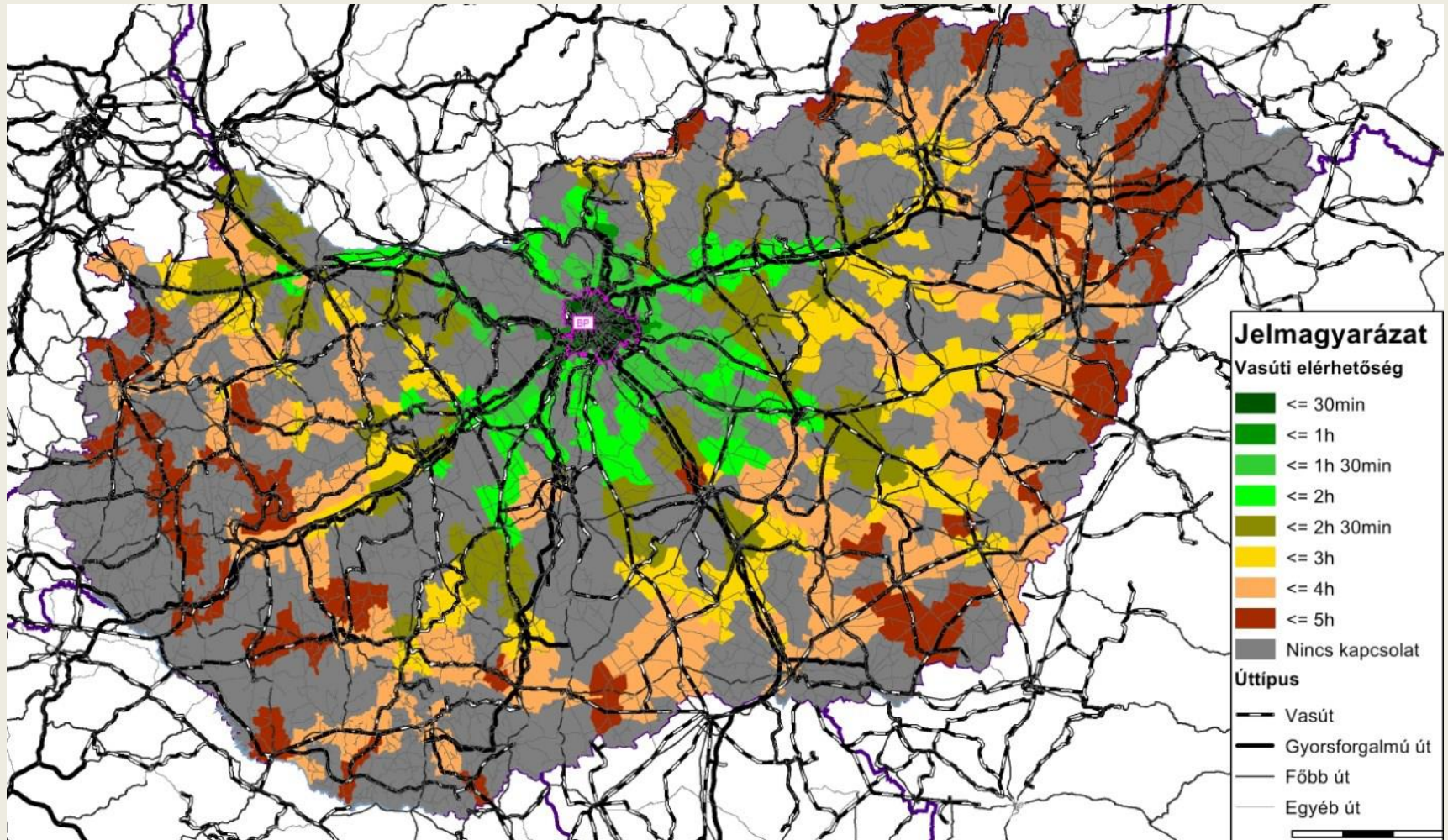
Elérhetőség személygépkocsival (NKS)





# Makró szintű forgalomelőrebecslés

Elérhetőség vasúttal (NKS)



# Mikró szintű forgalomelőrebecslés

A mikró szintű forgalomelőrebecslések megalapozásához forgalomfelvételekre van szükség:

- Keresztmetszeti forgalomfelvétel
- Forgalomáramlási felvétel
- Közlekedési szokásjellemzőkre vonatkozó felvétel

# Mikró szintű forgalomelőrebecslés

- *Keresztmetszeti forgalomfelvétel alapján*

A forgalom nagyságát, összetételét, időbeli lefolyását mutatja. Egy adott keresztmetszetre előrejelzés makró szintű információk alapján, forgalomfejlődési szorzó (népesség szám, a motorizációs fok, a járművek futásteljesítményének alakulása) segítségével.

$$t = \text{népességszám}(\%) * \text{motorizációs fok}(\%) * \text{futásteljesítmény}(\%)$$

Ez a módszer olyan hálózati elemeknél hajtható végre relatíve nagy pontossággal, amelyeken a forgalom más meghatározó tényezői (pl. motiváció) nem jellemzőek – pl. hidak forgalmának előrebecslése.

# Mikró szintű forgalomelőrebecslés

- *Forgalomáramlási felvétel alapján*

Forgalomáramlási mátrix elemei rendelkezésre állnak. Két körzet ( $i$  és  $j$ ) kapcsolatában a bázisérték  $f_{ij}$ , a prognózis pedig  $f_{ij}^P$  jelölésű. Itt is makró információk alapján, de az adott területre (körzetre) jellemző paraméterek (népességszám, motorizációs fok, futásteljesítmény) figyelembe vételével történik az előrebecslés.

Csak akkor alkalmazható, ha a körzetekben nincs struktúraváltozás (forgalmi körzetek megszűnése, létrejötte, funkcióváltozás) – pl. új lakópark épülése.

Körzetek eltérő fejlődése!

# Mikró szintű forgalomelőrebecslés

- *Közlekedési szokásjellemzőkre vonatkozó felvétel alapján (I.)*

A hálózatfejlesztés és részben az infrastruktúra fejlesztés alapja. (Kikérdezés a forgalmi térben, vagy attól elválasztottan.)

A közlekedési igények és a tényleges forgalom részletes elemzésén alapul.

Az alapkérdésekre adja meg a választ (ki, mi, mikor, honnan, hová, milyen eszközzel, milyen útvonalon, miért közlekedik) és az alapját képezi az **analitikus forgalom előrebecslésnek** (klasszikus formája a négylépcsős eljárás – kiegészül időbeliség vizsgálattal – hálózati kapacitások elemzése)



# Mikró szintű forgalomelőrebecslés

- *Analitikus forgalomelőrebecslés (I.)*

A négylépcsős eljárás elemei:

- Forgalomkeltés
- Forgalomszétosztás
- Forgalmegosztás
- Forgalom ráterhelés

# Mikró szintű forgalomelőrebecslés

- *Analitikus forgalomelőrebecslés (II.)*

- **Forgalomkeltés** (keletkező igények és vonzás)

A lehatárolt terület különböző statisztikai jellemzői (motorizációs fok, népesség szám, egy főre jutó jövedelem, az átlagos futásteljesítmény) alapján határozható meg a körzetből kiinduló és érkező forgalom:

$$f_i = f(X_{i,1}, \dots, X_{i,m})$$

$X_{i,m}$  az i-edik körzet m-edik statisztikai jellemzője

# Mikró szintű forgalomelőrebecslés

- *Analitikus forgalomelőrebecslés (III.)*
  - **Forgalomszétosztás** (körzetek közötti forgalom meghatározása)

A keletkezett forgalmak térbeni szétosztása:

$$f_{ij} = g(f_i; f_j)$$

A körzetek kiinduló-érkező forgalma alapján a körzetek közötti kapcsolatok figyelembevételével történik ezen érték meghatározása.

- **Forgalommegosztás** (a forgalmak egyes eszközfajtákra történő szétosztása)

A módváltást jelenti.

# Mikró szintű forgalomelőrebecslés

- *Analitikus forgalomelőrebecslés (IV.)*

- **Forgalomráterhelés** (a helyváltoztatás útvonalának a meghatározása + forgalom hálózatra helyezése)

A szakaszok és csomópontok kapcsolati rendszere biztosítja az útvonalválasztás lehetőségét. Az útvonalak jellemzői (ellenállásuk) határozzák meg, hogy helyváltoztatási igények hol bonyolódnak le. A forgalomráterhelés két lépésből áll:

- *Útkeresés*: az adott hálózaton a ráfordítások függvényében, milyen szakasz és csomópont kapcsolatokat lehet létrehozni a kiinduló és célkörzet között úgy, hogy a ráfordítások minimálisak legyenek. az 1., 2., 3., k-adik legrövidebb út is a számítás során meghatározandó.
- *Rátevés*: a szakaszok és csomópontok forgalomnagyságának a meghatározása.

# Mikró szintű forgalomelőrebecslés

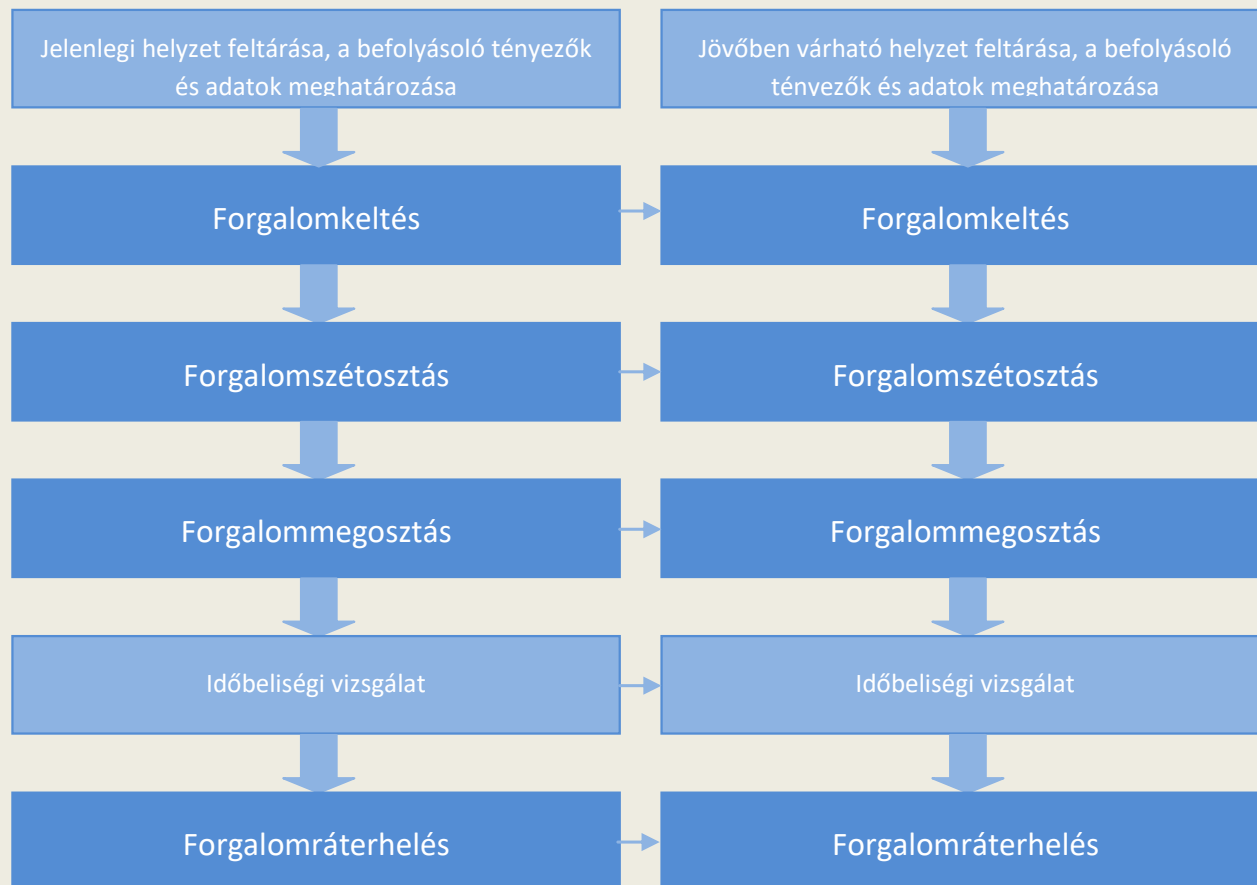
- *Analitikus forgalomelőrebecslés (V.)*

A jelenlegi hálózaton:

- a jelenlegi népességi, gazdasági, területfelhasználási adatok alapján határozható meg a *körzetek kiinduló és érkező forgalma*
- a körzetek kapcsolatrendszerére alapján a *körzetek közötti forgalom*
- az adott terület közlekedési eszközhasználatának ismeretében a *módonkénti forgalom*
  - időbeliségi vizsgálat illeszthető az eljárásba, amely a mértékadó órai forgalmak meghatározását szolgálja (miután a forgalom térbeli és eszközbeli megoszlása ismert)
- a hálózati elemek paramétereire alapján az egyes szakaszok és csomópontok terhelési adatai

# Mikró szintű forgalomelőrebecslés

- *Analitikus forgalomelőrebecslés (VI.)*



# Mikró szintű forgalomelőrebecslés

- *Analitikus forgalomelőrebecslés (VII.)*

Az első rész (forgalomkeltés, -szétosztás, -megosztás) az *áramlati jellemzők* feltárásával, a második rész (időbeliségi vizsgálat, forgalomráterhelés) a *keresztmetszeti felvételekkel* ellenőrizhetők le (verifikálhatók).

Lépésenkénti modellek, modellcsoportok. A modellek eredményeit a forgalomfelvételekkel összevetve kalibrálhatók a modellek (jelenlegi helyzetet mennyire írják le jól).

A modell jóságát a legkisebb négyzetek elve alapján lehet megállapítani. Pl. a forgalomszétosztási modelleknél:

$$\sum (f_{ij,számított} - f_{ij,mért})^2 = \min.$$

# Mikró szintű forgalomelőrebecslés

- *Analitikus forgalomelőrebecslés (VIII.)*

Az *előrebecslés* során ugyanazokat a lépéseket kell végrehajtani, mint a jelenlegi időszakra vonatkozó vizsgálatoknál. A jövőbeni adatokkal kell a modelleket feltölteni és így meghatározni a jövőben várható forgalmakat.

A területlehatárolás fontos, hogy jövőben várható adatok rendelkezésre álljanak (regresszió számítás, trendszámítás).

*Feltevés: a jelenlegi helyzetre legjobb modell a jövőben is jó.*

A személyközlekedésre az analitikus forgalomelőrebecslés részletesebben kidolgozott, mint az áruszállításra (adathiány, körülményesebb forgalomfelvétel – üzleti titok)



# Mikró szintű forgalomelőrebecslés

- *Analitikus forgalomelőrebecslés (IX.)*

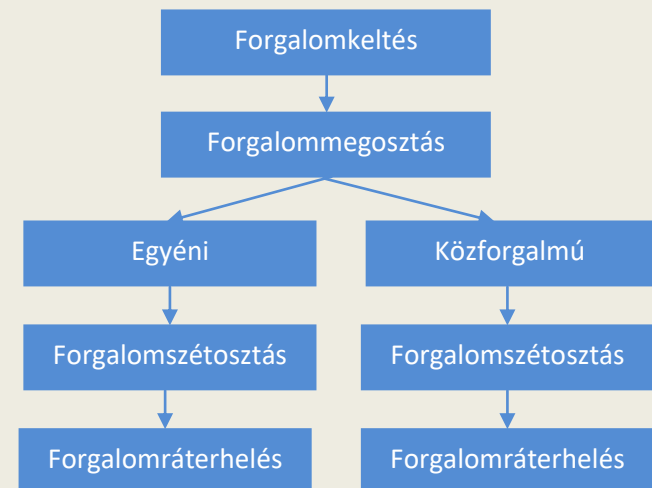
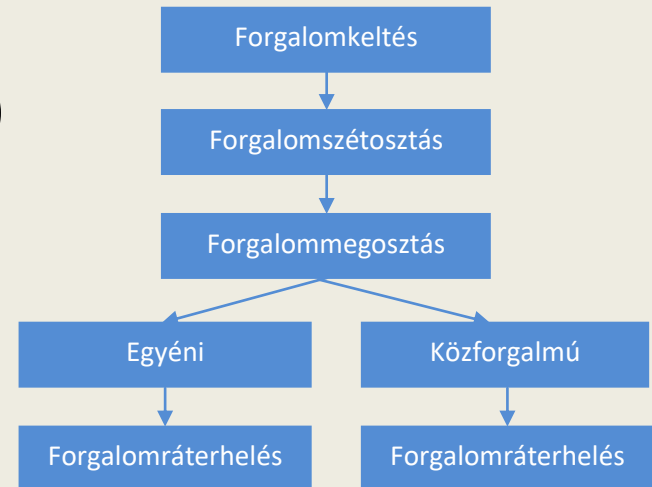
Személyközlekedésnél alkalmazott analitikus forgalomelőrebecslés:

- Utazásközbeni modell

Utazás közben történik a szétosztás

- Utazásvégződési modell

A közlekedési eszközök függvényében történik a szétosztás, majd ezt követően a hálózatra ráterhelés.



# Mikró szintű forgalomelőrebecslés

- *Analitikus forgalomelőrebecslés (X.)*

Az utazásközbeni modelleket célszerű előnyben részesíteni, mivel nagyon sok szubjektív tényező befolyásolja az eszközválasztást.

Ha előbb történik az eszközök szerinti megosztás, akkor egy merev megosztási arány jön létre függetlenül a szubjektív tényezőktől, de függetlenül a körzetkapcsolatoktól. (Lehet, hogy két körzet között nem lehet valamely módon utazni, mégis a megosztásnál kerül rá forgalom.)

# Mikró szintű forgalomelőrebecslés

- *Analitikus forgalomelőrebecslés (XI.)*

A személyközlekedésben megkülönböztethetők közvetlen és közvetett modellek:

- A **közvetlen modellek** esetében *elmarad a forgalomkeltés* lépése, közvetlenül a szétosztással indul az eljárás.

Alapgondolat: a körzetekhez rendelhetők olyan jellemzők, amelyek visszatükrözik a közlekedési igények nagyságát.

Lill féle vasúti tv. (1891, Bécs, nagyvasúti hálózatra):

$$f_{ij} = \frac{L_i * L_j}{l_{ij}^x} * c$$

Manapság gravitációs modell (Newton, Coulomb).

Rögtön megadja a potenciálok nagyságának ismeretében két körzet között a forgalom nagyságát.

# Mikró szintű forgalomelőrebecslés

- *Analitikus forgalomelőrebecslés (XII.)*
  - A **közvetett modellek** esetében a forgalomkeltés végrehajtásra kerül, melynek során a körzetből kiinduló forgalom ( $Q_i$ ) és a körzetbe érkező ( $Z_j$ ) forgalom is meghatározásra kerül.  
(Forgalomszétosztás közvetett módon a forgalomkeltésből.)

$$f_{ij} = c * Q_i * Z_j * f(w_{ij})$$

ahol  $f(w_{ij})$  a körzetek közötti ellenállás függvénye, amelyben a ráfordítások vehetők figyelembe.

# Mikró szintű forgalomelőrebecslés

- *Analitikus forgalomelőrebecslés (XIII.)*

Az analitikus forgalomelőrebecslés a közlekedéstervezési folyamat (analízis-intézkedés-tervváltozat-döntés) során nem csak előrebecslésre használható fel, hanem az *intézkedések hatásának* a vizsgálatára.

# Analitikus forgalomelőrebecslés

A modellekkel szemben támasztott követelmények:

- **Egyszerűek** legyenek
- **Áttekinthetők** legyenek
- **Oksági kapcsolatra** épüljenek (a befolyásoló tényező valóban a helyváltoztatást meghatározó paraméterek legyen – korreláció számítás, befolyásoló tényezők függetlensége).
- **Térbeni-időbeni érvényesség** meghatározható legyen.  
(térbeliség: pl. kisváros-nagyváros; időbeliség pl. motorizációs szint 3 szakasza; településszerkezetben bekövetkező változások).

# Analitikus forgalomelőrebecslés

- Forgalomkeltés (I.)

Terület befolyásoló tényezőinek (független változók) függvényében kiinduló ( $Q_i$ ) és érkező ( $Z_j$ ) forgalom meghatározása. Helyváltoztatási *báziscsoportokra* (személyszállításban motiváció - munka, iskola, ügyintézés stb.) azaz a forgalom rétegeire.

A modellek peremfeltétele (egész napra vonatkozóan):

$$\sum_i Q_i = \sum_j Z_j$$

# Analitikus forgalomelőrebecslés

- Forgalomkeltés (II.)
  - Növekedési tényezős modellek

Az  $i$ -edik körzet meghatározott  $b$ -edik báziscsoportához tartozó kiinduló forgalma  $Q_{i,b}$  a prognózis időszakra ( $P$ ) a jelenlegi ( $0$ ) alapján határozható meg:

$$Q_{i,b}^{(P)} = Q_{i,b}^{(0)} * \frac{X_{i,1}^{(P)} * X_{i,2}^{(P)} \dots X_{i,n}^{(P)}}{X_{i,1}^{(0)} * X_{i,2}^{(0)} \dots X_{i,n}^{(0)}} \qquad Z_{j,b}^{(P)} = Z_{j,b}^{(0)} * \frac{Y_{j,1}^{(P)} * Y_{j,2}^{(P)} \dots Y_{j,n}^{(P)}}{Y_{j,1}^{(0)} * Y_{j,2}^{(0)} \dots Y_{j,n}^{(0)}}$$

$X, Y$  (pl. népesség szám, munkahelyek száma iskolai férőhelyek száma, a motorizációs fok, a futásteljesítmény) helyváltoztatási igényeket meghatározzák (magas korrelációs szint), valamint jövőbeni értékei meghatározhatók (trendszámítás) – KSH, azonos súlyúak.

Jellemzően KSH, de motorizációs szint prognózisa a közlekedéspolitikai koncepció része.



# Analitikus forgalomelőrebecslés

- Forgalomkeltés (III.)
  - Regressziós modellek

$X, Y$  ugyanaz, mint előzőnél, de eltérő súllyal.

$$Q_{i,b} = f(X_{i,1}, X_{i,2} \dots X_{i,n'}) \quad Z_{j,b} = f(Y_{j,1}, Y_{j,2} \dots Y_{j,n'})$$

Függvénykapcsolat:

- lineáris
- nem lineáris: hatványfüggvény kitevője: változó 1%-os változása hány %-os változást eredményez az induló, illetve az érkező forgalom nagyságában –  
elaszticitás=rugalmasság. Munkamotivált utazásoknál merev a rugalmasság.

Jelen függvénykapcsolatot feltételez a jövőbeni időszakra is.

Túl sok tényező esetében a hangsúlyos tényezők hatása nem domborodik ki.

# Analitikus forgalomelőrebecslés

- Forgalomkeltés (IV.)

- Kategória modellek

A rétegzett mintavételre épülő forgalomfelvételek alapján (kellő részletezettség – háztartásfelvétel).

$k$  rétegre vonatkozóan az  $i$ -edik körzet  $b$  utazási báziscsoportjára:

$$Q_{i,b} = \sum_k L_{i,k} * u_{k,b}$$

Wooton-Pick: háztartásokban

- jövedelem – 6 kategória,
- járműtulajdonlás – 3 kategória (nincs, 1, 1-nél több)
- foglalkoztatottság – 6 kategória (aktívak, inaktívak, eltartottak száma)

Magyarországi statisztikák (falusi-városi háztartás, jövedelem kategória, családfői aktivitás – aktív-inaktív)

# Analitikus forgalomelőrebecslés

- Forgalomszétosztás (I.)

Feladata a körzetek közötti forgalmak nagyságának ( $f_{ij}$ ) a meghatározása a körzetekből kiinduló ( $Q_j$ ), illetve oda érkező ( $Z_j$ ) forgalmak nagyságának ismeretében.

Mátrix a jelenlegi és a prognózis időszakra.

Q és Z

- forgalomkeltésből;
  - forgalomfelvétel (határpontokon számlálás vagy kikérdezés);
- (Közvetlen modell esetén nincs Q és Z számítás)

Mátrixok utazási báziscsoportokra

hová \ honnan	1	...	j	...	n	$Q_i$
1						
...						
i			$f_{ij}$			
...						
n						
$Z_j$						

# Analitikus forgalomelőrebecslés

- Forgalomszétosztás (II.)

Mátrix peremfeltételei:

$$Q_i = \sum_j f_{ij}$$

$$Z_j = \sum_i f_{ij}$$

$$\sum_i Q_i = \sum_j Z_j$$

hová honnan	1	...	j	...	n	$Q_i$
1						
...						
i			$f_{ij}$			
...						
n						
$Z_j$						

# Analitikus forgalomelőrebecslés

- Forgalomszétosztás (III.)
  - Növekedési tényező modellek (I.)

Csak akkor, ha a jelenlegi helyzetre van forgalomáramlási mátrix.  
(forgalomfelvétel, vagy gravitációs, vagy véletlen modell )

Körzetenkénti növekedési tényező

(forgalomkeltés  $Q_{i,b}^{(P)} = Q_{i,b}^{(0)} * \frac{X_{i,1}^{(P)} * X_{i,2}^{(P)} \dots X_{i,n}^{(P)}}{X_{i,1}^{(0)} * X_{i,2}^{(0)} \dots X_{i,n}^{(0)}}$ )

Fejlődési szorzó:  $t_i = \frac{Q_i^{(P)}}{Q_i^{(0)}}; t_j = \frac{Z_j^{(P)}}{Z_j^{(0)}}$

Akkor és csak akkor, ha  $t_i=t_j=t$  (csak elméletben):  $f_{ij}^{(P)} = f_{ij}^{(0)} * t$

# Analitikus forgalomelőrebecslés

- Forgalomszétosztás (IV.)
  - Növekedési tényezős modellek (II.)

Iterációs eljárás, kiegyenlítő tényezők segítségével. Több lépésben meghatározva a mátrix elemeit, amíg a peremfeltételek nem teljesülnek.  $t$  változik, mint kiegyenlítő tényező.

A  $k+1$ -edik iterációs lépés a  $k$ -edik lépés eredményeiből számol:

$$f_{ij}^{k+1} = f_{ij}^k * g(t_i^k, t_j^k) \quad , \text{ ahol}$$

$$t_i^k = t_i^0 * \frac{Q_i^{(0)}}{\sum_j f_{ij}^k} = \frac{Q_i^{(P)}}{\sum_j f_{ij}^k}$$

$$t_j^k = t_j^0 * \frac{Z_j^{(0)}}{\sum_i f_{ij}^k} = \frac{Z_j^{(P)}}{\sum_i f_{ij}^k}$$

# Analitikus forgalomelőrebecslés

- Forgalomszétosztás (V.)
  - Növekedési tényezős modellek (III.)

A növekedési tényezők függvénykapcsolata alapján (I.):

- **Átlagos tényezők módszere** (kiegyenlítő tényezők számtani átlaga)

$$g(t_i^k, t_j^k) = \frac{t_i^k + t_j^k}{2}$$
$$f_{ij}^{k+1} = f_{ij}^k * \frac{t_i^k + t_j^k}{2}$$

A két körzet egyenlő súlyú.

- **Sarok kiegyenlítő tényező** alkalmazása (a mátrix sarokelemének módosítása az iterációs lépések során):

$$S^k = \frac{\sum_i Q_i^{(P)}}{\sum_i \sum_j f_{ij}^k} = \frac{\sum_j Z_j^{(P)}}{\sum_j \sum_i f_{ij}^k}$$

Detroiti modell:  $f_{ij}^{k+1} = f_{ij}^k * \frac{t_i^k * t_j^k}{S^k}$

# Analitikus forgalomelőrebecslés

- Forgalomszétosztás (VI.)
  - Növekedési tényezős modellek (IV.)

A növekedési tényezők függvénykapcsolata alapján (II.):

- **Keresztkiegyenlítő tényező** alkalmazása (az i-edik körzet kiegyenlítő tényezőjének számításánál felhasználásra kerül a j-edik körzet kiegyenlítő tényezője):

$$\overline{t_i^k} = \frac{\sum_j (f_{ij}^k * t_j^k)}{\sum_j f_{ij}^k}$$
$$\overline{t_j^k} = \frac{\sum_i (f_{ij}^k * t_i^k)}{\sum_i f_{ij}^k}$$

A felülvonás nem átlagot jelent, hanem a keresztkiegyenlítő tényező jelzésére utal!

Fratar modell (UVATERV):

$$f_{ij}^{k+1} = f_{ij}^k * t_i^k * t_j^k * \frac{1}{2} * \left( \frac{1}{\overline{t_i^k}} + \frac{1}{\overline{t_j^k}} \right)$$



# Analitikus forgalomelőrebecslés

- Forgalomszétosztás (VII.)
  - Növekedési tényező modellek (V.)

A növekedési tényezők függvénykapcsolata alapján (III.):

- **Multi modell** alkalmazása (a sarok és keresztkiegyenlítő tényezőket egyaránt figyelembe veszi):

$$f_{ij}^{k+1} = f_{ij}^k * t_i^k * t_j^k * S^k * \frac{1}{t_i^k} * \frac{1}{t_j^k}$$

# Analitikus forgalomelőrebecslés

- Forgalomszétosztás (VIII.)
  - Gravitációs modell (I.)

A tömegvonzás törvénye a modell alapja. A körzetek közötti kapcsolat szorossága a közöttük lévő ellenállás függvénye.

Jelenlegi és prognózis időszakra is:

$$f_{ij} = c * X_i * Y_j * f(w_{ij})$$

A forgalomkeltésből adódóan:

$$f_{ij} = c * Q_i * Z_j * f(w_{ij})$$

Az ellenállás függvény a két körzet közötti akadályoztatás nagyságát reprezentálja, ami lehet idő, távolság vagy költség alapú, illetve ezeknek valamilyen függvénykapcsolattal meghatározott kombinációja.

# Analitikus forgalomelőrebecslés

- Forgalomszétosztás (IX.)
  - Gravitációs modell (II.)

A nagytávú terveknél jellemzően *távolság* alapon számítható az ellenállás, a közép- és hosszútávú terveknél már *elérési idők* is rendelkezésre állhatnak, rövid távú terveknél a *pénzbeni* ráfordítások is könnyebben meghatározhatók.

Az idő/távolság/költség függvénykapcsolata lehet:

- lineáris (az ellenállás elemek súlyozása és összegzése)
- multiplikatív (az ellenállás elemek hatványra emelése és szorzata) –  
elaszticitás is érzékelhető: pl. árváltozás, utazási idő rugalmasság

Ellenállás kitevője negatív (minél nagyobb az ellenállás, annál kisebb a vonzás).

# Analitikus forgalomelőrebecslés

- Forgalomszétosztás (X.)

- Gravitációs modell (III.)

Ellenállások lehetnek:

- statikus szemléletűek (forgalmi körülményektől független ellenállások)
- dinamikus szemléletűek

Néhány lehetséges függvénykapcsolat:

$$f(w_{ij}) = w_{ij}^{-a}$$

$$f(w_{ij}) = a * w_{ij}^{-b}$$

$$f(w_{ij}) = a * w_{ij}^{-b} * e^{-d*w_{ij}}$$

Az ellenállás függvény választása a tervezőn múlik, de meghatározó az utazási báziscsoport, települési jellemzők, akár a közlekedési eszköz is.

# Analitikus forgalomelőrebecslés

- Forgalomszétosztás (XI.)
  - Gravitációs modell (IV.)

Az ellenállások növekedésével az ellenállás függvény értéke csökken (negatív kitevővel szerepel a képletben), minél nagyobb az ellenállás értéke, annál kisebb lesz a körzetek közötti forgalmi kapcsolat.

Iterációs eljárás:

- sorösszeg kiegyenlítésű (az oszlopösszegre vonatkozó peremfeltételből kerül levezetésre a gravitációs képletben szereplő  $c$  tényező):

$$Q_i^{k+1} = Q_i^0 * \frac{Q_i^k}{\sum_j f_{ij}^{k+1}}$$

- oszlopösszeg kiegyenlítésű:

$$Z_j^{k+1} = Z_j^0 * \frac{Z_j^k}{\sum_i f_{ij}^{k+1}}$$

# Analitikus forgalomelőrebecslés

- Forgalomszétosztás (XII.)

- Gravitációs modell (V.)

Gyakran alkalmazott eljárás.

A verifikáció (ellenőrzés) több rétegű, mert egyszer verifikálni kell a figyelembe vett *ellenállásokat*, másrészt az *ellenállásfüggvényeket*, valamint az *iterációs lépéseket* (kiegyenlítő tényezőket).

# Analitikus forgalomelőrebecslés

- Forgalomszétosztás (XIII.)

- Valószínűségi (véletlen) modell

Egyszerű modell, iterációt nem alkalmaz, de rendkívül korlátozott a használata. Valószínűségi együtthatóval számol:

$$f_{ij} = Q_i * \frac{Z_j}{\sum_j Z_j}$$

$$f_{ij} = Z_j * \frac{Q_i}{\sum_i Q_i}$$

# Analitikus forgalomelőrebecslés

- Forgalomszétosztás (XIV.)

A forgalomszétosztási modelleknél a verifikáció azt jelenti, hogy a *mért* (forgalomfelvétellel meghatározott) és *számított* forgalmak különbségének a négyzete (legkisebb négyzetek elve) minimális legyen. Azt a modellt kell kiválasztani, amelyiknél ez teljesül:

$$\sum (f_{ij,számított} - f_{ij,mért})^2 = \min.$$



# Analitikus forgalomelőrebecslés

- Forgalmegosztás (I.)

Forgalomáramlási mátrix módok/eszközök szerinti bontásban.

Tervezés, előrebecslés legszubjektívebb része, mivel az eszközválasztást nagyon sok tényező befolyásolja. Ezek keresleti és kínálati jellemzőkkel vannak kapcsolatban.

- Keresleti jellemzők (I.)

- *Egyének, háztartások, körzetek szocio-demográfiai jellemzői*

- Gépjárműtulajdonlás (szabad, vagy sem a választás)
- Körzet népességszáma (kevés lakosnál nincs, vagy jelenléti a közforgalmú közlekedés)
- Egyén, háztartás jövedelmi viszonyai
- Nemek szerinti megoszlás (több férfi vezet – forgalomfelvételtől)
- Foglalkoztatottság (inaktívok kevesebbet használják a személygépjárművet)
- Életkor szerinti megoszlás (bizonyos életkor alatt és felett nem vezetnek)

# Analitikus forgalomelőrebecslés

- Forgalmegosztás (II.)
  - Keresleti jellemzők (II.)
    - *Helyváltoztatás jellemzői*
      - Helyváltoztatás indoka (szabadidős utazáshoz többen választják a személygépjárművet)
      - Helyváltoztatás időtartama, távolsága (hosszabb átszállásos közforgalmú közlekedési utazás helyett személygépjármű használata)
      - Helyváltoztatás időpontja (rendelkezésre áll-e a közforgalmú közlekedés)
  - Kínálati jellemzők (a közlekedési rendszer, hálózat tulajdonságai)
    - Hálózati ellátottság
    - Hálózat sűrűsége (közvetlen, gyors eljutás)
    - Állóforgalmi létesítmények
    - Közforgalmú közlekedés időbeni-térbeni kínálata
    - Szolgáltatási színvonal
    - Díjrendszer

# Analitikus forgalomelőrebecslés

- Forgalmegosztás (III.)

A választást befolyásoló tényezők egymásra is hatással vannak. Pl. a magas jövedelműekre a díjrendszer kisebb hatású, mint az alacsony jövedelműekre.

Az egyéni és közforgalmú közlekedés részarányának tervezése, befolyásolása a közlekedéspolitika egyik sarkalatos kiinduló pontja. – *Modal split*

Egyéni közlekedés lehet:

- Motorizált (személygépjármű, motorkerékpár)
- Nem motorizált (gyalogos, kerékpáros közlekedés)

# Analitikus forgalomelőrebecslés

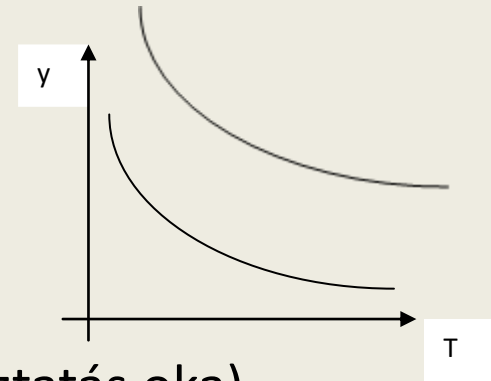
- Forgalmegosztás (IV.)
  - *Regressziós kapcsolatra épülő modellek*

$$f_{ij,közf} = y * f_{ij}$$

$y$  meghatározására alkalmazott függvénykapcsolatok a ráfordításokat veszik figyelembe (utazási báziscsoportok szerint):

$$y = c * T^{-a}$$
$$T = \frac{t_{ij,közf}}{t_{ij,egyéni}}$$

A felső görbe a munkamotivált,  
az alsó az egyéb motivációjú  
helyváltoztatásokra jellemző (helyváltoztatás oka).



Szolgáltatási színvonal figyelembe vétele (görbesereg – pl. rágyaloglás, elgyaloglás, átszállás ideje alapján – Ruhr vidék)

# Analitikus forgalomelőrebecslés

- Forgalmegosztás (V.)

- *Kategória modellek*

Ugyanarra gondolatra épülnek, mint a regressziós modellek, a választást befolyásoló népességi és kínálati jellemzők is megjelennek. Kategóriák alkotása  $y(T)$  függvények sorozata jön létre.

- Költség kategóriák
- Jövedelem kategóriák
- Szervizidők aránya  $(rágyaloglás+elgyaloglás+átszállás)/(jármű megközelítés+parkolóhelykeresés+elgyaloglás)$

*A szolgáltatási színvonal szerinti görbe sereg annál jobban összeszűkül, minél rosszabb a közforgalmú közlekedés költségaránya, minél magasabb jövedelem kategóriájú az egyén, a háztartás, annál inkább jellemző, hogy a magasabb közforgalmú közlekedés szolgáltatási színvonala nem eredményez magasabb közforgalmú közlekedési részarányt.*

# Analitikus forgalomelőrebecslés

- Forgalmegosztás (V.)
  - *Valószínűségi modellek (I.)*

Gyakran alkalmazott modell. Alternatívákhoz rendel különböző – lehetőleg mérhető – tulajdonságokat (jellemzően idő, költség, távolság) és azok hasznosságát vizsgálja.  $n$  alternatíva,  $m$  tulajdonság:

A tulajdonságok nagyságrendjükben és dimenziójukban eltérnek egymástól. Az egyes alternatívák hasznosságát jellemzően a következőképpen lehet megadni:  $N_n = a * K_n + b * T_n + c * S_n$

tulajdonság alternatíva	E <sub>1</sub>	E <sub>2</sub>	...	...	E <sub>m</sub>
A <sub>1</sub>					
A <sub>2</sub>					
...					
A <sub>n</sub>					

# Analitikus forgalomelőrebecslés

- Forgalmegosztás (V.)
  - Valószínűségi modellek (II.)
    - Véletlen modell (logit modell)

Az  $i$ -edik alternatíva igénybevételének valószínűsége: 
$$P_i = \frac{e^{N_i}}{\sum_n e^{N_i}}$$

- nested logit modell

Bináris döntésekre építi fel a valószínűséget. Mindig egy alternatívát (1) és az összes többi (2) vizsgálja (például gyalogos vagy nem gyalogos):

$$P_1 = \frac{e^{N_1}}{e^{N_1} + e^{N_2}} = \frac{1}{1 + e^{N_2 - N_1}}$$

Az összes többi alternatíva esetében a tulajdonságok átlagával számol. Több lépésben szolgáltatja a részarányokat (gyalogos, majd kerékpáros ...)

Hatásvizsgálatokhoz. *Pl. egy közösségi közlekedési kapcsolat módosítása (autóbusz helyett metró) milyen hasznosságot jelent és milyen valószínűséggel rendezi át a közlekedési eszközök használatát.*