



SZÉCHENYI ISTVÁN EGYETEM
MŰSZAKI TUDOMÁNYI KAR

KÖZLEKEDÉSÉPÍTÉSI TANSZÉK

KÖZÚTI FORGALOMTECHNIKA 1.

Tantárgykód: NGB_ET009_1

3. Az analitikus előrebecslési módszerek bemutatása és az úthálózat-optimalás alapgondolata

Dr. Kálmán László
egyetemi adjunktus

Győr, 2014. január

Tartalom

3.1.	A közlekedés-tervezési ismeretek szükségessége	3
3.2.	Az analitikus forgalom-előrebecslési módszerek bemutatása	5
3.2.1.	A területi modell	6
3.2.2.	Az áramlási modell	9
3.2.3.	A közúti áramlatok előrebecslő modellje	13
3.2.4.	Az úthálózati modell	17
3.2.5.	A ráterhelés	22
3.2.6.	Az eljutási költségben kifejezett ellenállás-függvény	24
3.2.7.	Az értékelő modell	29
3.3.	Az úthálózat-tervezés alapelve, a változatok összehasonlítása	30
3.4.	Irodalom	32

3.1. A közlekedés-tervezési ismeretek szükségessége

Mivel az analitikus forgalom-előrebecslés (helyesebben a **közúti áramlatok előrebecslésének**) témaköre a Bsc. szintű mérnökképzés tematikáját meghaladja, az analitikus előrebecslési módszereket csak vázlatosan mutatjuk be.

A fogalmak ismerete azonban fontos, mert az alapfogalmak ismerete nélkül a forgalmi előrebecslésekben - sőt még az áramlási (honnan-hova) forgalomfelvételekben sem - tudnának végzett mérnökeink részt venni, pedig ilyen kérdések még egy kisvárosban is előfordulnak.

Hallgatóink egy része az **önkormányzatoknál** fog elhelyezkedni.

Nem is az a baj, hogy részletes forgalmi vizsgálatot vagy finomabb forgalmi előrebecslést kezdő mérnökeink nem tudnak végezni - erre vannak **szakértő cégek** - hanem az, hogy szakismeret hiányában a **közbeszerzési eljárások** kiírását nem értik meg és az eredményeket sem tudják értelmezni.

A kezdő mérnökök a tervezési feladatot nem tudják megfogalmazni; és a különböző ajánlatok szakmai tartalmát és árait még nagyságrendileg sem képesek összehasonlítani. Ezt azonban a **gyakorlatban** meg lehet tanulni.

(Ezért, és a felelősség elhárítása miatt van a közbeszerzési kiírásokban az, hogy "a legalacsonyabb költségű ajánlat" a nyerő.)

Sajnos az önkormányzati pályázatokat kiírók nem tudják, hogy az egyes módszerek alkalmazásához milyen **adatbázisokra** (pl. közös vetületi rendszerben digitalizált alaptérképekre, a városi körzetek **statisztikai adataira**, a detektorokon mért órás forgalmakra, áramlási és úthálózati modellekre, stb.) lenne a feladat megoldásához szükség, pedig ez **megbízói adatszolgáltatás** kellene hogy legyen.

Ez a kérdéskör a rendezési tervek közlekedési munkarészeihez szükséges **forgalomszámlálásokban** és a közúti **áramlási felvételeknél** (a honnan-hova mátrixok meghatározásakor) is felmerül.

Megbízható "**kalibrált**" áramlási mátrixokat ugyanis csak fejlett közlekedéstervezési modellrendszerekkel, **adatbázisokkal** és számítógépes **programokkal** lehet előállítani.

Ugyanez a helyzet az önkormányzatok **útkezelői feladatainak** értelmezésekor is: a minisztérium összeírta a jelenlegi útkezelői feladatokat, minek következtében az önkormányzatok rájöttek arra, hogy eddig mit nem végeztek el.

(5/2004. (I.28) GKM rendelet a helyi közutak kezelésének szakmai szabályairól. Hatályba lépett: 2005. január 1.)

Az önkormányzatok első lépése az volt, hogy ezt a GKM rendeletet vonják vissza, és arra hivatkoznak, hogy "eddig sem csináltuk, ezután sem fogjuk".

Így is történt, hasonlóan a vízelvezető rendszerek végzetes elhanyagolásához.

3.2. Az analitikus forgalom-előrebecslési módszerek bemutatása

Az analitikus forgalom-előrebecslési módszereket a GKM "**Útmutató az országos közúthálózat új külterületi szakaszainak és új forgalomvonzó létesítménnyel érintett útjainak forgalmi előrebecsléséhez**" c. kiadványa mutatja be.

Az **analitikus előrebecslési módszerek** speciális közlekedéstervező számítógépes szoftverrendszerek (EMME-2, TRANSCAD, MOSS, NETWINFO, VISUM stb.) és térinformatikai adatbázisok és adatbázis-kezelők (AUTOCADMAP, MAPINFO, ARCHVIEW, ARCHINFO, MATÉRIA, stb.) együttes használatát igénylik.

Itt lényegében nem a közúti forgalom, hanem a közúti áramlatok előrebecsléséről (a közúti áramlatokra vonatkozó prognózisról) van szó.

Az analitikus előrebecslési módszerek **matematikai modelleken** alapulnak.

3.2.1. A területi modell

A területi modell az **utazásvégződési pontokat** modellezi a vizsgálati területen.

A forrás-nyelő (F/NY) pontok területileg koncentrált utazásvégződési helyek.

A területi modell **részei**:

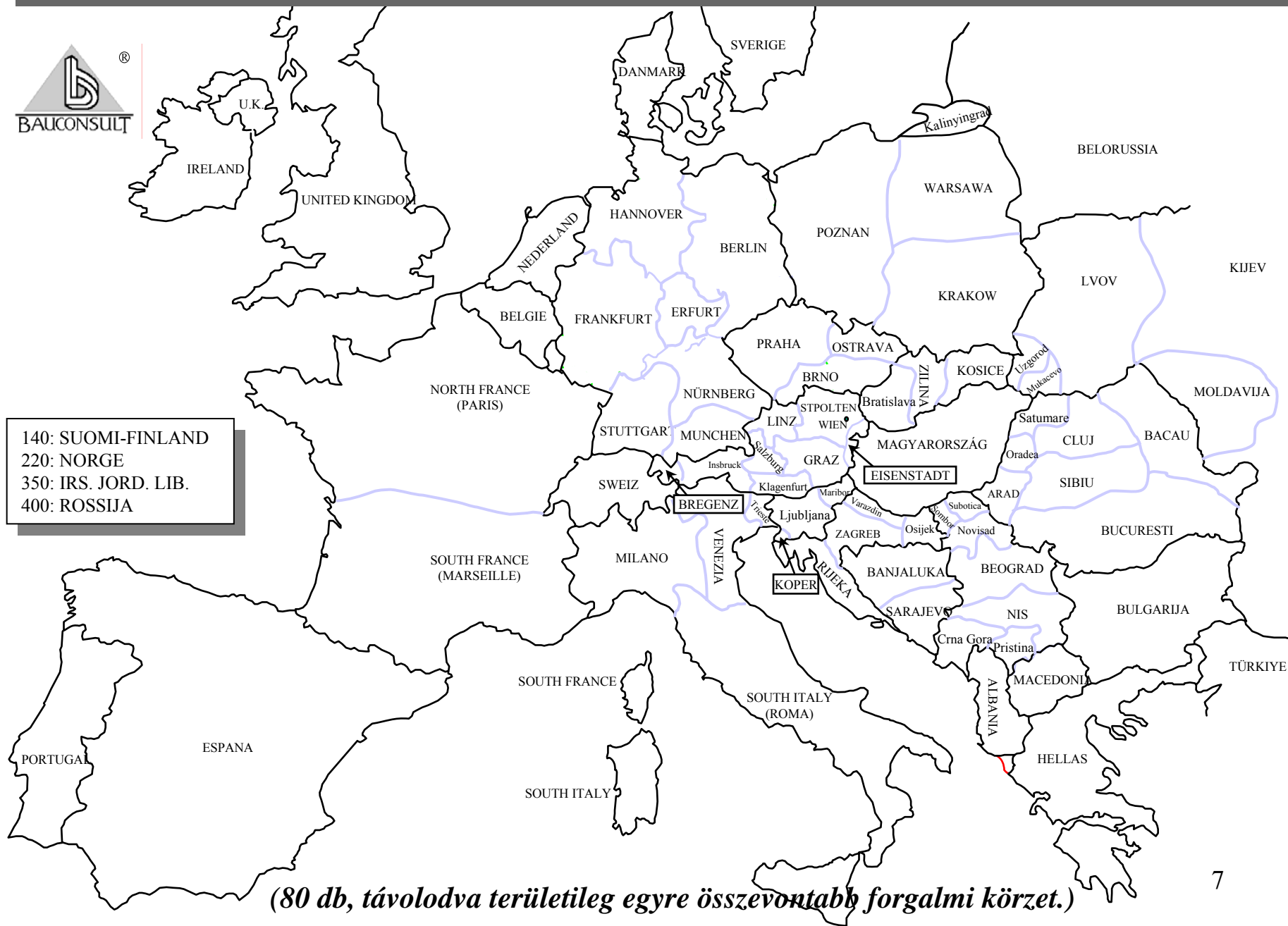
- a vizsgálati terület **lehatárolása**
- a (homogén) forgalmi **körzetbeosztás**
- a **forrás-nyelő (F/NY) pontok** kijelölése.

és a forgalmi körzetek területi és gazdasági **statisztikai adatai**.

Matematikai értelemben a területi modell csak egy ponthalmaz, az egyes F/NY pontok azonosítóival és (3 vagy legalább 2) koordinátájával.

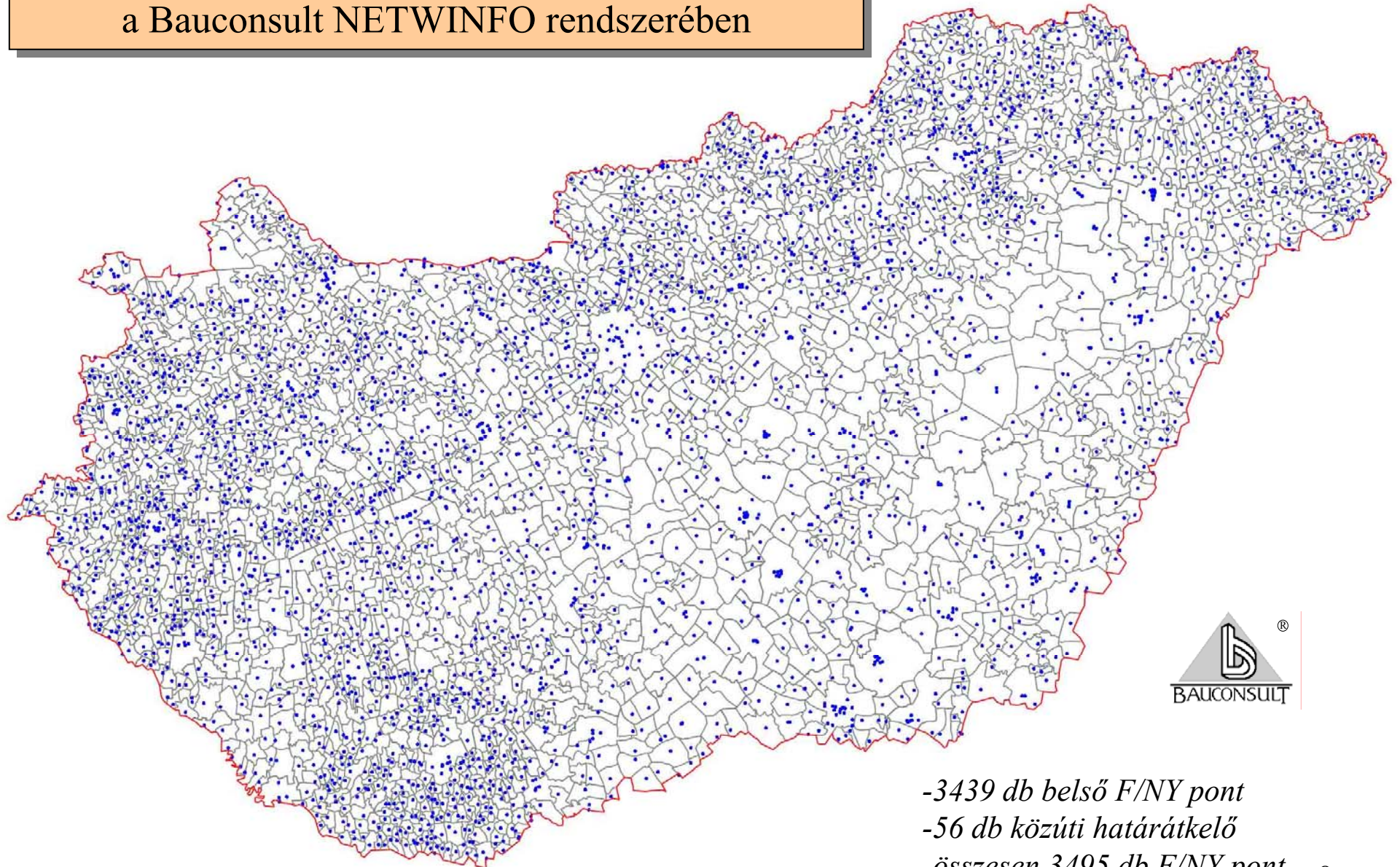
A F/NY pontokat az élekre kapcsoljuk azért, hogy azok az úthálózati csomópontokkal ne essenek egybe. (Ha a F/NY pontokat a hálózati csomópontokban jelölnénk ki, akkor a csomóponti kanyarodó mátrixok nem lennének helyesek.)

Európa forgalmi körzetbeosztása a nemzetközi (határ) forgalmi vizsgálatokhoz



(80 db, távolodva területileg egyre összevontabb forgalmi körzet.)

Magyarország 2011. évi forgalmi körzetbeosztása
és forrás-nyelő (F/Ny) pontjai
a Bauconsult NETWINFO rendszerében



-3439 db belső F/NY pont
-56 db közúti határátkelő
-összesen 3495 db F/NY pont 8

3.2.2. Az áramlási modell

Az utazásvégződési pontok között időegység alatt bekövetkező helyváltoztatásokat az áramlási mátrixban adjuk meg. (\underline{A} [utazás/időegység].)

(Angolul O/D -origin/destination- németül Q/Z -Quelle/Ziel- mátrixok.)

Az áramlási mátrix **soraiban** a forrás (kiinduló), **oszlopaiban** a nyelő (végződési) pontok vannak. (Vagyis a sorok és oszlopok elején a F/Ny pontok vannak, mert minden forrás pont egyben nyelő is.)

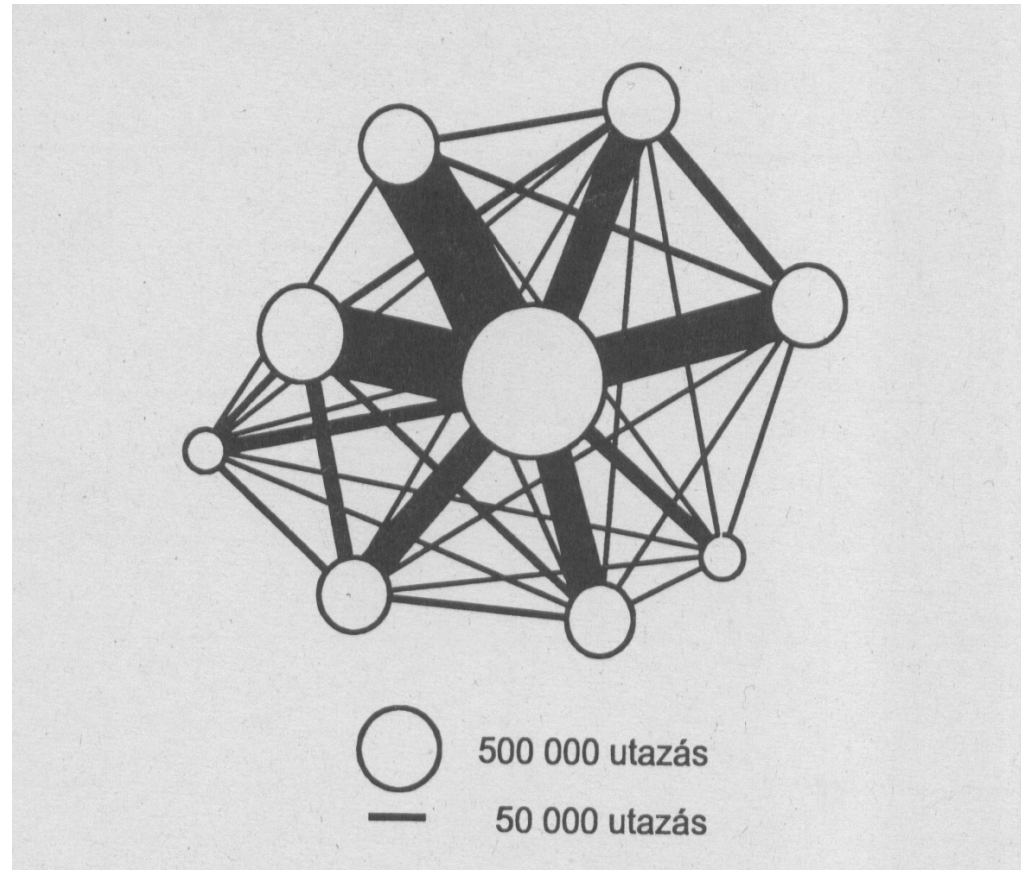
A vizsgálati terület peremén levő F/Ny pontokat "**kordonpontnak**" nevezzük.

Fontos megjegyezni, hogy az áramlatokat csak a kordonpontok által határolt "**vizsgálati területre**" ismerjük; azon kívül nem. (Ezért fontos a vizsgálati terület jó lehatárolása.)

A mátrix egy eleme az egyik F/NY pontból a másikba (az i -edik sor F_i pontjából a j -edik oszlop Ny_j pontjába) tartó **reláció** időegység alatti helyváltoztatás számait jelenti. (Az " i " a sor, a " j " az oszlopindex.)

Az úthálózattól elvileg független közúti áramlatokat **légvonalas áramlási ábrán** szokták szemléltetni. Persze több ezres mátrix esetén csak a legfontosabb csoportok ábrázolhatók.

Légvonalas forgalom-áramlási ábra



Az **elemek mértékegysége** - a forgalom közlekedési ágazatok szerinti megosztása (modal split) után - általában egy közúti forgalmi mértékegység. (ÁNF, MOF, városi csúcsóra, stb.)

Ezért szokták az áramlatot a forgalommal összekeverni, noha lényegileg két különböző dologról (fogalomról) van szó!

Az áramlatokat - ebben a megközelítésben - csak a település-szerkezeti adatok határozzák meg, vagyis közelítésképpen az áramlatot az úthálózattól függetlennek tekintjük.

(Ezért is szemléltetik az áramlatokat légvonalas ábrákkal.)

Az áramlási mátrixnak annyi sora és oszlopa van, ahány F/NY pont van a területi modellben.

Az elemek száma:

$N_a = N_{F/NY}^2 - N_{F/NY}$; mert a főátlóban lévő elemek nincsenek definiálva. (A ponton belül általában nincs mozgás.)

Mivel egy 3000*3000 méretű mátrixnak 8,997 millió eleme van, a **területi modellezésben a F/NY pontokkal - a PC RAM tárigénye miatt - takarékoskodni kell**, ugyanis a gyors futáshoz a RAM-ba legalább 3 mátrixnak kell beleférnie. A RAM igény meghatározásakor figyelembe kell venni, hogy a mátrixelemek valós típusú változók.

(Egy 3000* 3000 méretű áramlási mátrix a jelenlegi PC-s környezetben is könnyen kezelhető.)

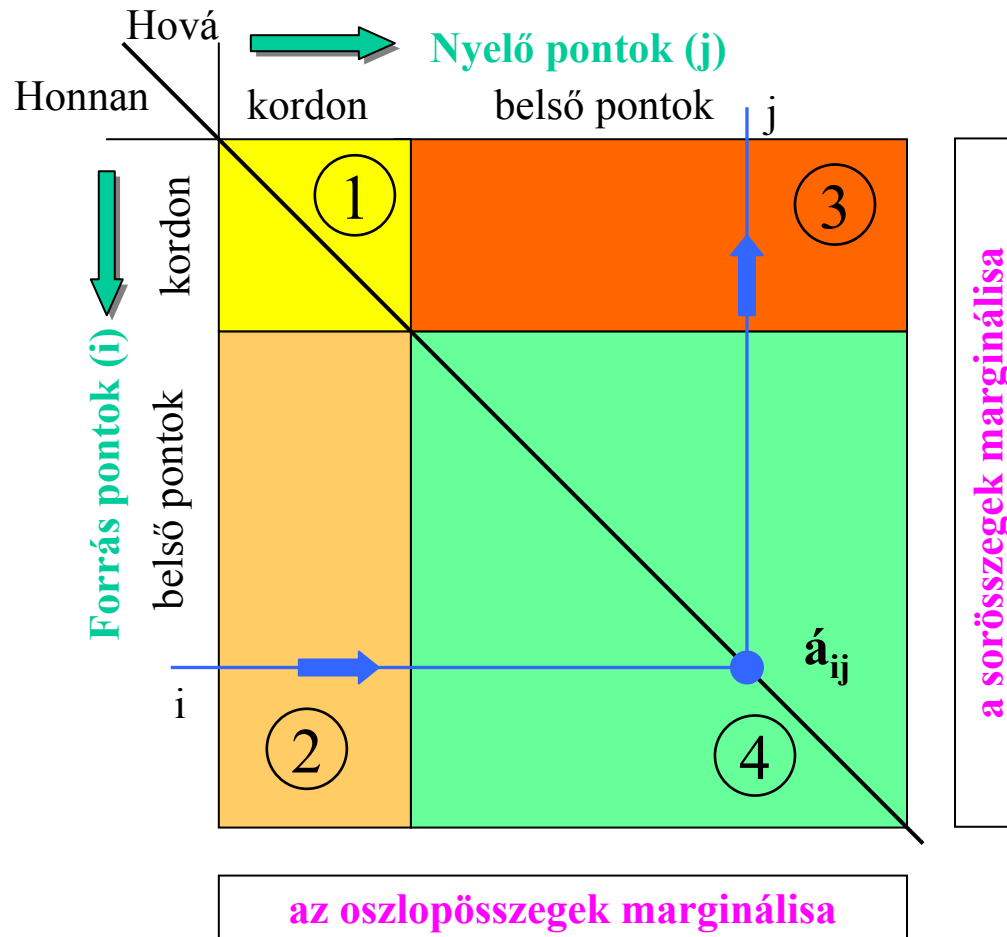
Az **áramlási mátrix** egy négyzetes (kvadratikus); - az átmenő, az eredő, a cél és a belső forgalom mezőiből álló - **táblázat**.

A **sorösszegek** az egyes F pontokból **kilépő összes**, az **oszlopösszegek** az egyes Ny pontokba **érkező összes** forgalmat adják. Ezek a mátrix **marginálisai**.

A **hosszabb időszakra** (pl. az egy évre vonatkozó ÁNF [osztályozott jműdb/nap, vagy a MOF [E/óra]) vonatkozó áramlatok általában **szimmetrikusak**, a rövidebb időszakokra vonatkozók – pl. 11 városi csúcsórák áramlatai – azonban nem.

Áramlási mátrix és mezői

Az áramlási mátrix ($\underline{\hat{A}}$); $n_i = n_j$



Egy NY pontba érkező összes forgalom

\hat{a}_{ij} = az i-edik pontból a j-edik pontba tartó áramlat, az időegység alatti helyváltoztatások száma [db/t]

Egy F pont összes kibocsátása

- ① átmenő forgalmi áramlat (kordonról kordonra)
- ② eredő forgalmi áramlat (belső pontról kordonra)
- ③ célforgalmi áramlat (kordonról belső pontra)
- ④ belső forgalmi áramlat (belső pontról belső pontra)

A főátló elemei általában nem léteznek, mert F/NY pontokon belüli mozgás nincs értelmezve.

3.2.3. A közúti áramlatok előrebecslő modellje

Az **előrebecslő modellel** számítjuk ki a jövőben várható **áramlási mátrixokat**.

A közúti áramlatok analitikus előrebecslésének (a jövőben várható áramlatok meghatározásának) **két fő lépése** van:

A/ Áramlat keltés

Az egyes pontokból kilépő és oda érkező összes áramlat (az áramlási mátrix marginálisok jövőben várható értékeinek) számítása a **területfejlesztési tervekben** prognosztizált területi **statisztikai** (struktúra) adatokból a közlekedési szokásjellemező függvényekkel.

A **szokásjellemező függvények** írják le a területi statisztikai (**struktúra**) adatok és a kilépő és/vagy elnyelt áramlatok közötti számszerű összefüggéseket.

Ezek **többszörös függvények**, amelyeket összefüggés vizsgálatokkal (pl. dinamikus faktoranalízissel) határoznak meg a közlekedési kutatók.

Gyakorlati nehézségek:

- A szokásjellemező függvényeket a kutató cégek **nem közlik**. (Üzleti titok.)
Ezért a szakértő cégeknek saját kutatásokon alapuló, vagy a megvásárolt szoftverbe épített függvényeket kell használniuk; ami vagy jó, vagy nem, de kontroll hiányában az alkalmazott függvények javítása nehéz.
- A területi statisztikai adatokat a KSH csak **településszintű** bontásban adja meg.
- A pénzügyi - pl. **adóügyi** (SZJA, TA, TB, stb.) - adatok település-szinten is **hozzáférhetetlenek**.
- **Kistérségi** térképek, statisztikák és/vagy előrebecslések nincsenek.
- A városi polgármesteri hivatalok az **utcák által határolt körzetekre** nem képesek területi statisztikai adatokat szolgáltatni a közlekedés-tervezőknek, még a "működő" térinformatikai rendszerükből sem.
- Számszerű területi statisztikai előrebecslések még a hét kiemelt **statisztikai régióra** sem készültek, de a kistérségekre prognosztizált lakos-szám, GDP és motorizációs adatokat ismerjük.
- Az útügyi kormányzat ezt a kérdést **nem szabályozza**, hanem csak körülírja.

(Pl. a GKM "Útmutató az országos közúthálózat új külterületi szakaszainak és új forgalomvonzó létesítménnyel érintett útjainak forgalmi előrebecsléseihez" c. kiadványában ezzel kapcsolatban csak szakmai elvárások - "majd lesznek ilyen adatok" – színvonalú kívánságok vannak.)

B/ Áramlat szétoztás

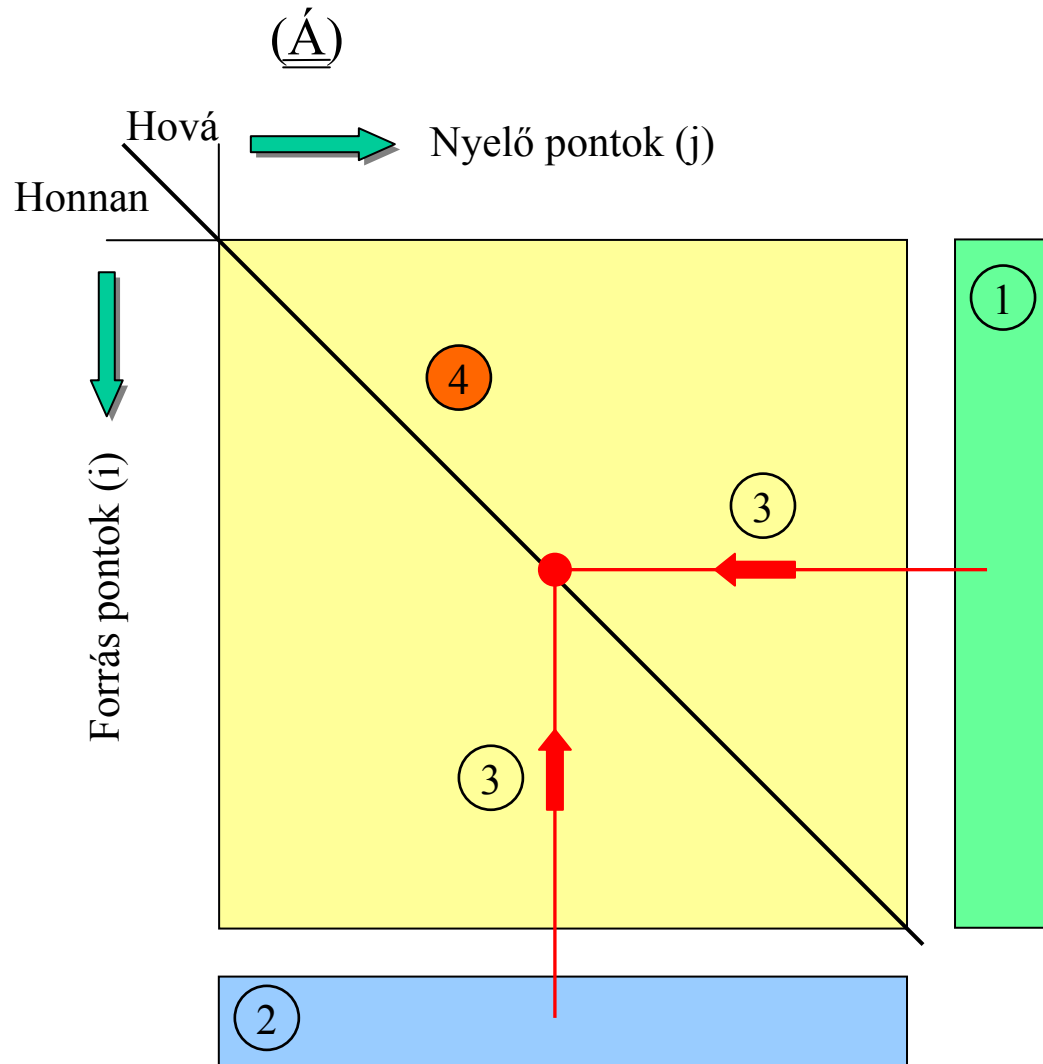
Az áramlat szétoztása az áramlási mátrix elemeinek számítását jelenti a marginálisokból a közlekedési helyzetpotenciál felhasználásával.

Két F/NY pont (település) egymáshoz viszonyított helyzetpotenciálja a települések nagyságával egyenesen, a távolság négyzetével fordítottan arányos. (**Gravitációs modell.**)

A távolságot úthosszban, eljutási időben, **eljutási költségben**, továbbá ezek kombinációiban is lehet értelmezni.

A mátrixelemek számításakor a közúti forgalom fejlődésének **területi eltéréseit** és az új – elsősorban gyorsforgalmú – utak forgalomvonzó hatását is figyelembe vesszük.

Áramlatkeltés és szétosztás



- 1 Az egyes körzetekből (F pontokból) kilépők számának meghatározása a területi statisztikai adatokból a szokásjellemező függvényekkel
- 2 Az egyes körzetekbe (NY pontokba) érkezők számának meghatározása a területi statisztikai adatokból a szokásjellemező függvényekkel
- 3 A marginálisok szétosztása elemekre
- 4 A mátrix kiegyenlítése sor-oszlop szorzással.

3.2.4. Az úthálózati modell

Az **úthálózati modell** minden olyan csomópontot és útszakaszt tartalmaz, amelyek forgalmát meg akarjuk határozni.

A szakaszokat - és a csomópontokat is - kanyarodó irányonként külön adjuk meg; ezek az élek. (Angolul sections/links; németül Kanten/Strecken.)

Az egyes előrebecslési időtávokra külön úthálózati modellek készülnek, amelyek az arra az időpontra (sarokévre) előirányzott összes - de legalább a gyorsforgalmú és főúti - közúthálózat-fejlesztési elemeket tartalmazzák.

Az úthálózati modell matematikai értelemben egy gráf.

A gráf egy csomópontokból és irányított élekből álló **halmaz**.

A halmazt egy 0-1 elemű **kapcsolati mátrixban** írjuk le. ($\underline{K} [0,1]$)

A kapcsolati mátrixnak annyi sora és oszlopa van, ahány csomópontot az úthálózati modell tartalmaz. (Mivel általában több csomópont van mint F/NY pont, a kapcsolati mátrix lényegesen nagyobb, mint az áramlási mátrix.)

Ha két csomópont között **közvetlen** (direkt) **él-összeköttetés** van, akkor a mátrix adott i-j relációja 1, egyébként 0.

**A hálózati csomópontok és a F/NY pontok nem eshetnek egybe; a F/NY pontok az élekhez ún. „kon-
nektorokkal” csatlakoznak.**

Az úthálózati modellen - a kapcsolati mátrixon - **legkisebb ellenállású** (matematikai elnevezéssel "legrövidebb") **utakat** lehet keresni.

(Első, második, harmadik vagy k-adik utas legrövidebb útkereső algoritmusok.)

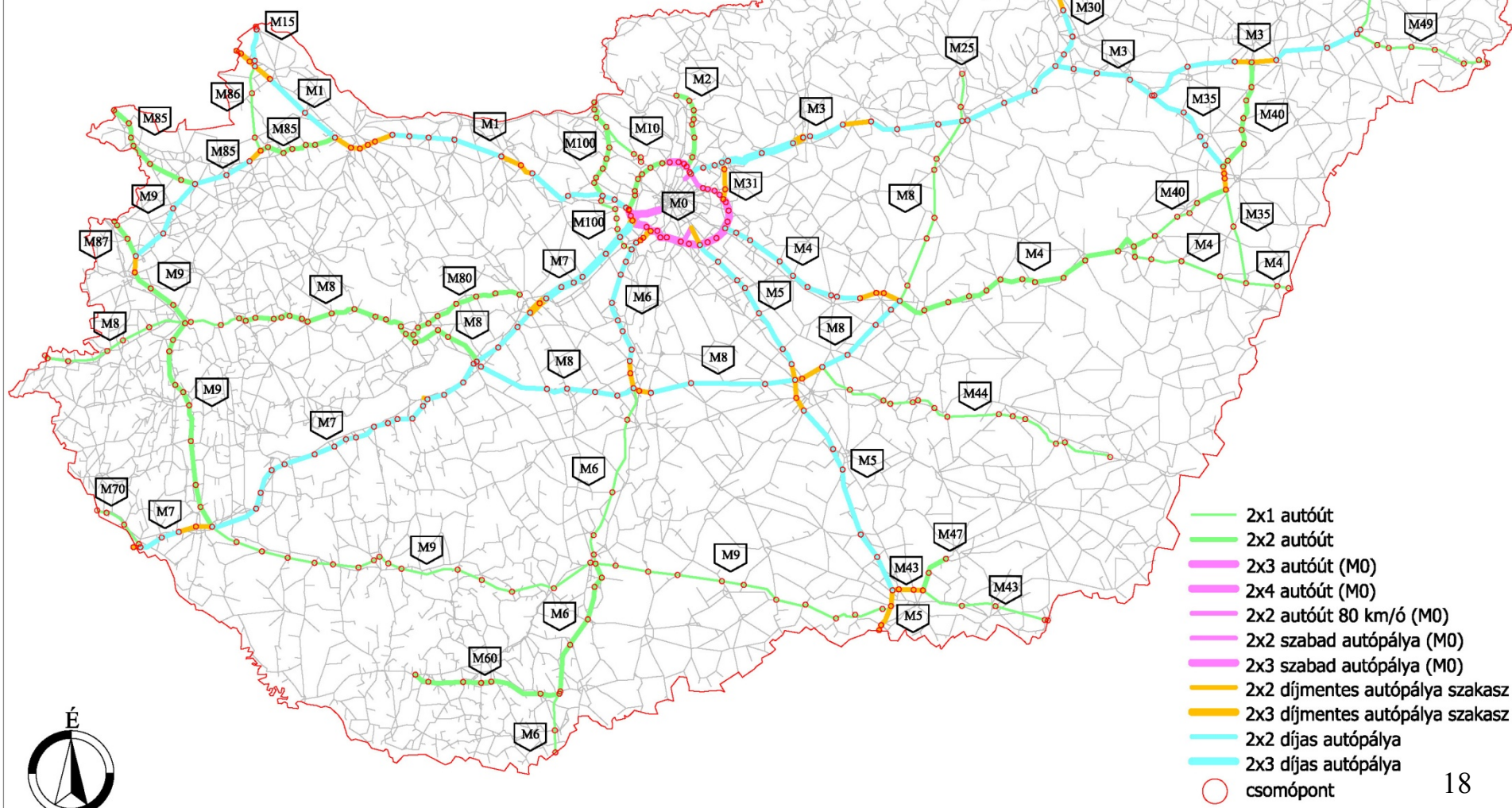
A legrövidebb útkeresés céljából az úthálózati modellben az egyes **csomópontok és élek ellenállásainak** számításához szükséges paramétereket (csomóponti és él jellemzőket) is meg kell adni.

Példa egy úthálózati modellre

Gyorsforgalmú úthálózat, 2020.

"A" díjszedés - kiterjesztési eset:
autópályák díjmentes (elkerülő) szakaszokkal

2020-ig az UVATERV; 2020 és 2035 között a FŐMTERV terveinek
megfelelően a GKM. KKF. 2006. április 10-i ütemezése szerint



Ellenállásfüggvény paraméterek

útkategória	sávok száma	v_0 [km/óra]	C [E/ó / irány]	díjszint [%]*	üzem- költség [%]**
Autópálya	2×2	130	3400	100	105
Autópálya	2×3	125	5100	100	104
Autópálya	2×4	120	6800	95	103
Autóút	2×1	100	1000	65	100
Autóút	2×2	110	3200	85	104
Főút	2×1	85	1000	55	100
Főút	2×2	90	2800	70	100
Alsóbbrendű út	2×1	75	900	0	112
Városi főút	2×1	45	1000	0	130
Városi főút	2×2	50	3200	0	115
Városi főút	2×3	50	4800	0	117
Városi főút	2×4	50	6400	0	120
Városi gyűjtőutak	2×1	45	900	0	130

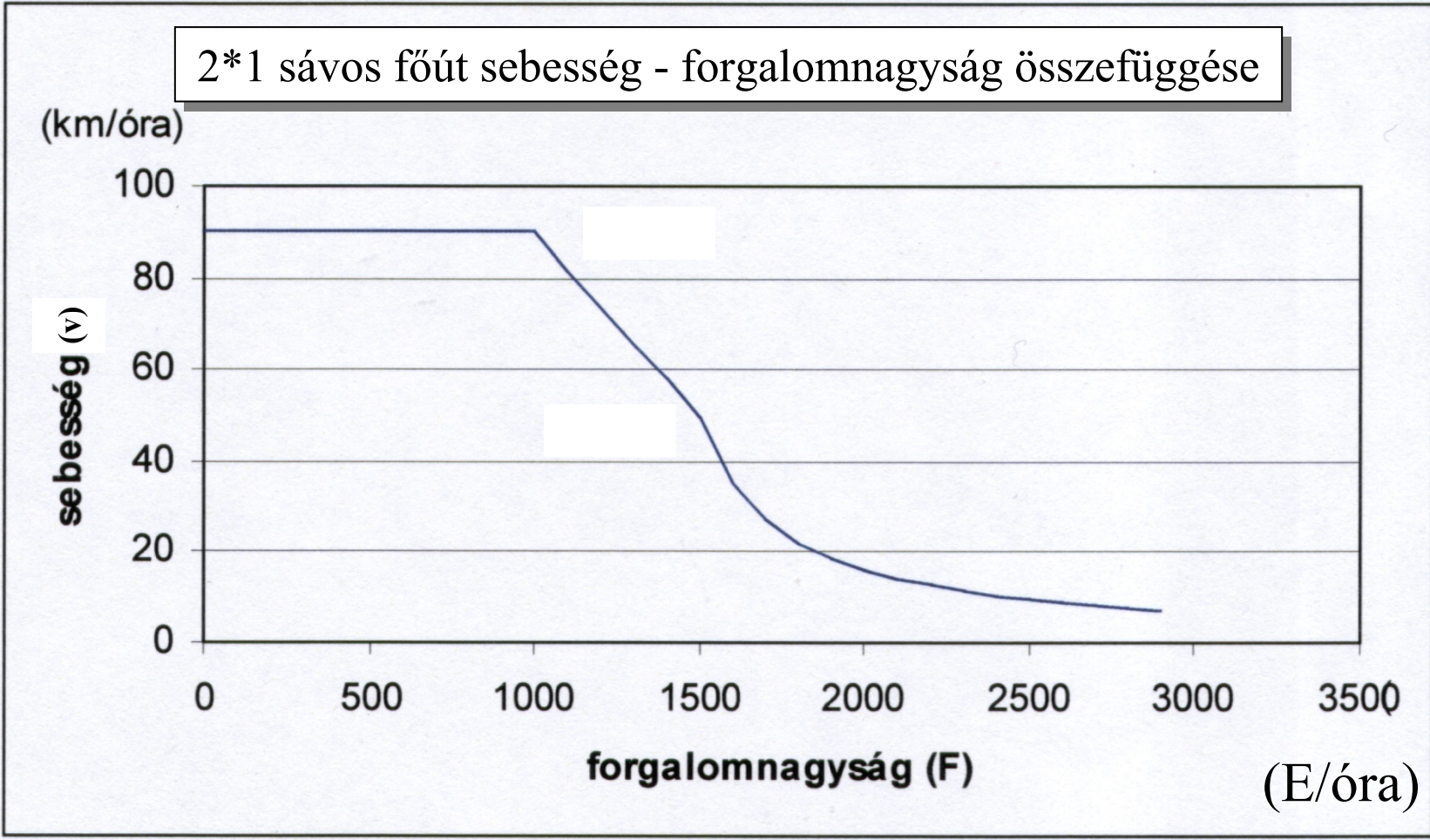
* az autópályákhoz viszonyítva

** a főutakhoz viszonyítva

A táblázatba foglalt paraméterek:

- v_0 :** a forgalom legnagyobb üzemi sebessége az „A” jelű szolgáltatási szinten, üres úton [km/ó]
- C:** a teljesítőképesség (a kapacitás) irányonként [E/óra]
- díjszint:** a használat arányos (Ft/km) tarifarendszerben az autópályákhoz viszonyított érték [%]
- üzemköltség:** a futásteljesítménnyel arányos közvetlen (direkt) közlekedési üzemköltségek [Ft/km] százalékos eltérése az egyes útkategóriákban a főutak külső szakaszaihoz viszonyítva, a gépjárművek tulajdonlásához, elhelyezéséhez (parkolás) tartozó költségek és az amortizáció nélkül [%].

A sebesség és a forgalom nagyság összefüggése



A szimulációs (ráterhelő) modell

A ráterhelő modell az útvonalválasztást és a forgalom felépülését szimulálja az áramlatoknak a hálózati modellre való "ráterhelése" által.

A ráterhelési (szimulációs) eljárásban

- vesszük az áramlat **egy relációját** (a_{ij})
- **megkeressük** az úthálózaton azt az **utat (élsorozatot)**, amelyen az áramlási mátrix ezen eleme az F_i - Ny_j relációban **valószínűleg haladni fog**

Az út (a kiinduló F pontból a Ny pontba vezető élsorozat) keresése a **legkisebb ellenállású** (legrövidebb) **utak** számításával történik

- a megtalált élsorozat egyes elemeire az áramlat a_{ij} értékét **"rátesszük"**; vagyis ezeket az úthálózati elemeket (az éleket és a csomóponti kanyarodó irányokat) az áramlási mátrix a_{ij} elemével - **megterheljük**
- **továblépünk** a következő relációra.

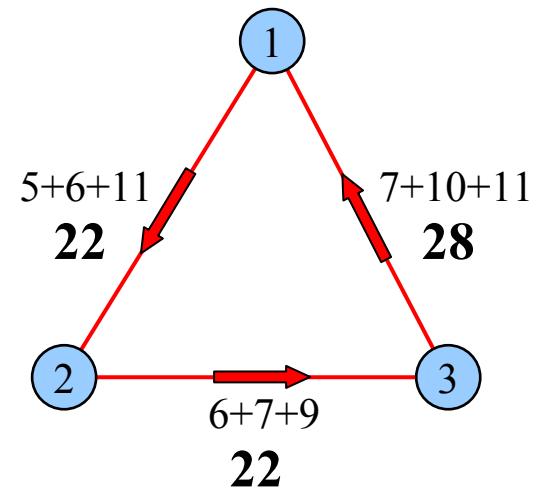
3.2.5. A ráterhelés

(a forgalom, az áramlat leképezése a hálózatra)

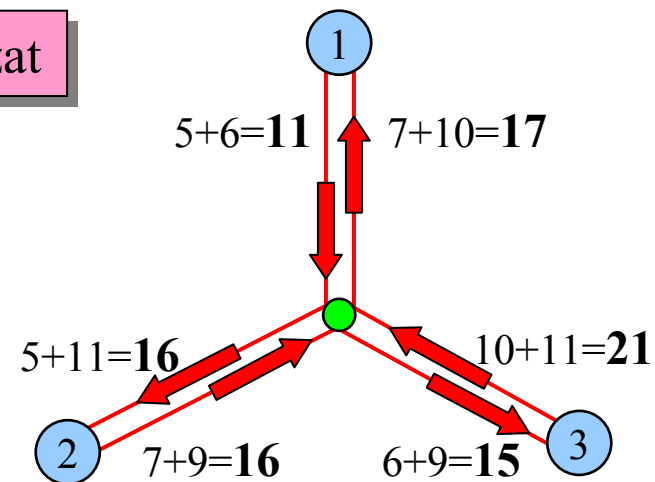
Á

Hová	1	2	3
Honnan	1	2	3
1		5	6
2	7		9
3	10	11	

I. hálózati változat



II. hálózati változat



- Hálózati csomópont
- 1 F/NY pont

Ugyanaz az áramlat más hálózatokban eltérő forgalmakat okoz.

A legkisebb ellenállású utak

A ráterhelő modell **megkeresi** a hálózaton azokat az utakat, amelyeken az áramlat **optimális körülmények** között haladhat a kiinduló (F_i) és a cél (NY_j) pontok között.

Ebben a megközelítésben "útnak" egy adott F_i pontból egy adott NY_j pontba vezető **él és csomóponti irány sorozatot** nevezünk.

Egy kezdő (F_i) és egy utazásvégződési (NY_j) pont között az úthálózaton **nagyon sok élsorozat** (út) lehet.

A járművezetők a legkisebb - vagy a második és harmadik legkisebb - ellenállású utat fogják választani. (Ezt matematikai értelemben legrövidebb útnak hívjuk akkor is, ha az ellenállást nem úthosszban értjük.)

Az egyes legrövidebb utak közötti megoszlást a **megosztó-függvényekkel** adjuk meg. (Ököl szabály, hogy egy kétszer nagyobb ellenállású útra az áramlatnak csak az $1/63$ -ad része jut. A 2 ötödik hatványa.)

Minden egyes élnek és csomóponti iránynak van ellenállása.

Egy út ellenállása az élek és a csomóponti kanyarodó irányok ellenállásának összege.

Az utak ellenállások szerinti rendezéséhez az összes út ellenállását ki kell számítani.

Az útvonalválasztás szimulációjában leggyakrabban használt ellenállás-függvény a Waldrop elven alapul: **a járművezetők az eljutási költségben kifejezett minimális utat választják.**

(Ez nem biztos, hogy igaz, de jobbat még nem találtak ki.)

Egyszerűbb esetekben – ha az úthálózatban nincsenek díjas elemek – az ellenállásokat eljutási időben is lehet számítani. Gyalogos úthálózatok esetében az ellenállást a hosszúsággal kell kifejezni.

3.2.6. Az eljutási költségben kifejezett ellenállás-függvény

$$E [Ft] = + \text{időkötség [Ft]} + \text{üzemkötség [Ft]} + \text{úthasználati díj [Ft]} - \text{bonusz[Ft]}$$

ahol $E [Ft]$ = az út eljutási költsége i-ből j-be.

3.2.6.1. Az eljutási költségben kifejezett ellenállás-függvény elemei

a.) **időkötség [Ft] = az eljutási idő [ó] * a fajlagos időkötség [Ft/ó]**

Az **élek eljutási időit** a sebesség-forgalomnagyság összefüggésekből (az alapdiagramok felhasználásával) a hosszól és az aktuális sebességből számítják ki az aktuális forgalomnagyságra.

A **csomópontokban** erre a veszteségidő függvényeket használjuk.

Az úthasználók egyes csoportjaira vonatkozó **fajlagos időkötségeket** (tulajdonképpen az időmegtakarítások egyéni értékelését) a GDP termelésére és fogyasztására, valamint az időmérlegekre vonatkozó gazdaság-statisztikai adatokból vezetik le és „stated preference” vizsgálatokkal ellenőrzik.

b.) **üzemköltség** [Ft] = fajlagos üzemköltség [Ft/km] * úthossz [km]

A (direkt, vagy közvetlen) közlekedési üzemköltség fajlagos [Ft/km] értéke a gépjármű-használat olyan egy km-re eső [Ft/km] költségelemeinek (üzemanyag, kenőanyag, szerviz, gumicsere, stb.) összege, amelyek az útvonalválasztást befolyásolhatják.

Az adókat, vámokat és illetékeket, továbbá az amortizációt, a parkolási és gépjármű-elhelyezési költségeket itt nem szabad elszámolni, mert ezek az útvonalválasztásra nincsenek hatással.

A GKM "Útmutató a külterületi közúthálózati fejlesztések költség-haszon vizsgálatához; I. belső hatások" c. 2003. novemberi kiadványa a fajlagos idő és üzemköltség értékeket is megadja, de az NFÜ költség-haszon elemzési útmutatója pontosabb 2009. évi értékeket tartalmaz.

c.) **úthasználati díj** [Ft] = fajlagos díj [Ft/km] * úthossz [km]

A fajlagos úthasználati díjat a tényleges használattal arányos tarifarendszerekben Ft/km-ben adják meg. A matricás rendszerben az ún. "virtuális" díjszintet a díjbevételek [Ft/év] és a matricás használatú autópályákon mért futásteljesítmények (Q [jműdb/km] = F [jműdb/év] * L [km]) hányadosaként lehet kiszámítani.

d.) **bónusz érték** [Ft] = fajlagos bonusz [Ft/km] * úthossz [km]

A bónusz az autópályák biztonsági és kényelmi előnyeit fejezi ki.
Az autópálya bonusz fajlagos [Ft/km] értéke a direkt üzemköltség 7-12%-a.

Az ellenállások forgalom-függősége

Mivel az ellenállások forgalomfüggők, a ráterhelést több lépcsőben (legalább 8 lépcsőben) kell elvégezni. Egy-egy lépcsőben az áramlási mátrix egy-egy hányadát (5-20%-át) terheljük a hálózatra. Az egyes lépcsőkben adódó forgalmi terhelés az aktuális forgalom. A következő lépcső ráterhelése előtt az aktuális forgalommal terhelt hálózaton új ellenállásokat, és azokkal új "legrövidebb" (legkisebb ellenállású) utakat számítunk.

A ráterhelési lépcsőkben az egyes relációk közötti legrövidebb utak az úthálózaton nem lesznek azonosak - "vándorolni" fognak.

Ez a többlépcsős forgalomfüggő eljárás egyben a forgalom hálózati felépülését is szimulálja.

Ezért fontos a gyors matematikai algoritmusok és a nagy RAM használata a legrövidebb útkeresésben, mert egy országos modellben egy ráterhelés alatt 9 millió legrövidebb utat legalább 8-szor kell 3 500 F/NY pont között egy 20 000 élt tartalmazó hálózaton az előző lépcsőből adódó aktuális forgalom nagysággal kiszámítani.

A ráterhelések eredményeit forgalomterhelési kartogramokban, terhelési táblázatokban és az egyes változatok terhelési különbség-ábráin adjuk meg.

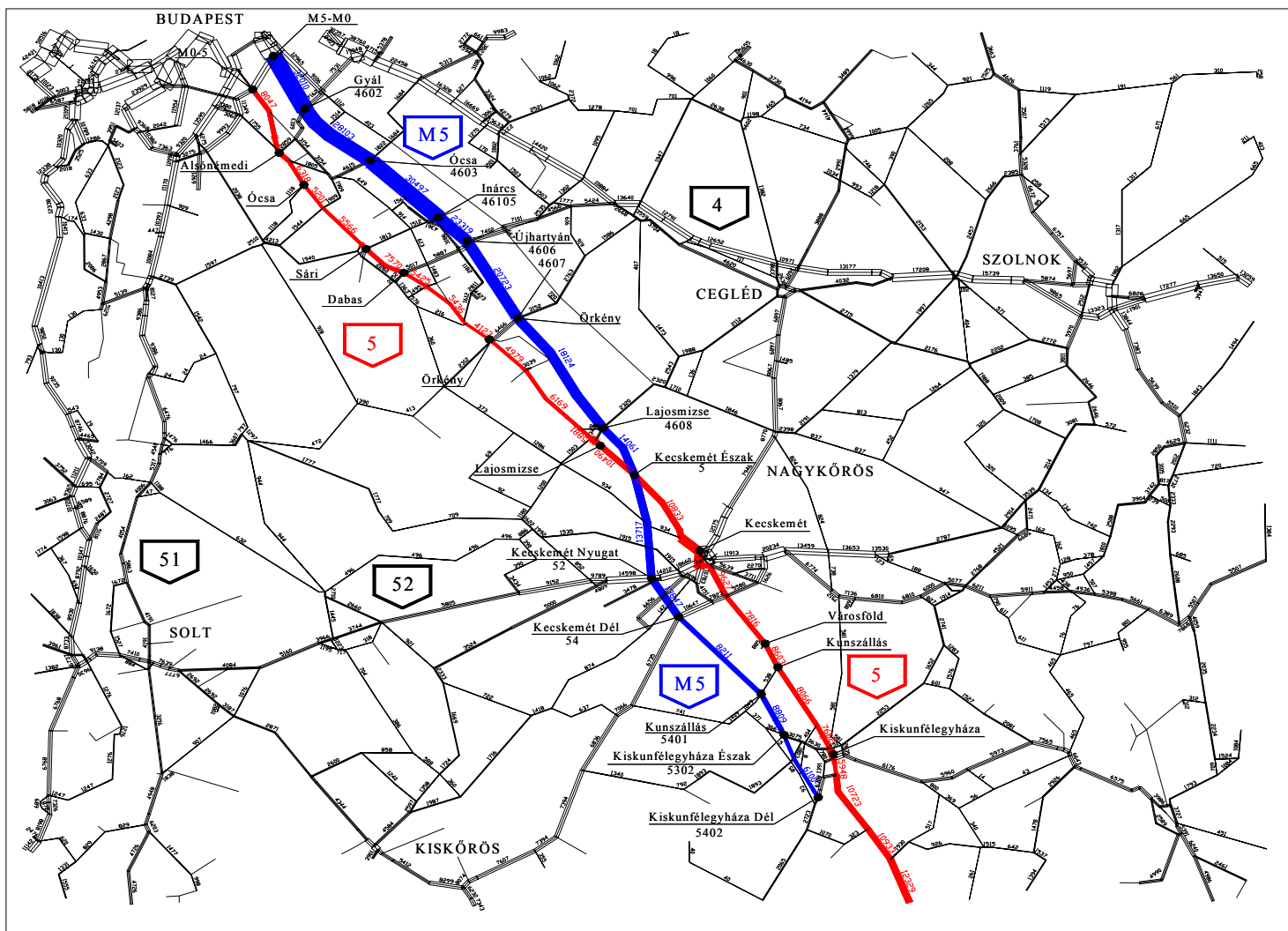
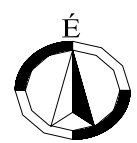


Az M5 autópálya hatásterületének
forgalmi terhelése
2004; ÁNF [jműdb/nap]

Teherforgalmi tiltások nélkül

Összes járműkategória

Matricás rendszer a 26/2004.
(III.11.) GKM. rendelet szerint



A ráterhelés táblázatos eredménye

Év:	2004								
Út:	M5								
Tarifarendszer:	Matricás rendszer								
Járműosztályok*:	Mindegyik				ÁNF [jműdb/nap]				
Kezdő csomópont	Kezdő szelvény	Vég csomópont	Vég-szelvény	Hossz [km]	J1	J2	J3	J4	ÖSSZES
CSPM5-M0	16+476	CSP M5GYÁL	21+669	5,193	26370	777	1807	3056	32010
CSP M5GYÁL	21+669		23+669	2,000	23338	967	1320	2478	28103
	23+669		25+129	1,460	23338	967	1320	2478	28103
	25+129		29+929	4,800	23338	967	1320	2478	28103
	29+929	CSPM5ÓCSA	30+129	0,200	22608	934	1267	2228	27036
CSPM5ÓCSA	30+129		30+329	0,200	22608	934	1267	2228	27036
	30+329	CSPM5INÁRCS	37+020	6,691	25034	1080	1581	2803	30497
CSPM5INÁRCS	37+020		43+300	6,280	18426	1105	1361	2428	23319
	43+300	CSPM5ÚJHARTYÁN	43+500	0,200	15654	892	1184	1824	19554
CSPM5ÚJHARTYÁN	43+500		43+700	0,200	15654	892	1184	1824	19554
	43+700		52+485	8,785	16714	947	1214	1848	20723
	52+485	CSPM5ÖRKÉNY	52+685	0,200	13323	686	798	1693	16500
CSPM5ÖRKÉNY	52+685		52+885	0,200	13323	686	798	1693	16500
	52+885		57+685	4,800	13980	863	876	2404	18124
	57+685		62+685	5,000	13980	863	876	2404	18124
	62+685	CSPM5LAJOSMIZSE	67+263	4,578	13980	863	876	2404	18124
CSPM5LAJOSMIZSE	67+263		70+463	3,200	11450	775	796	1040	14061
	70+463	CSPM5KECSKEMÉTÉ	73+500	3,037	11450	775	796	1040	14061
CSPM5KECSKEMÉTÉ	73+500		79+185	5,685	11311	717	752	937	13717
	79+185	CSPM5KECSKEMÉTNY	85+381	6,196	11311	717	752	937	13717
CSPM5KECSKEMÉTNY	85+381	CSPM5KECSKEMÉTD	90+507	5,126	11783	509	633	922	13847
CSPM5KECSKEMÉTD	90+507		101+727	11,220	6685	442	448	636	8211
	101+727	CSPM5KUNSZÁLLÁS	102+227	0,500	6515	377	386	588	7865
CSPM5KUNSZÁLLÁS	102+227		102+827	0,600	6515	377	386	588	7865
	102+827		106+000	3,173	7297	438	458	616	8809
	106+000		106+500	0,500	7297	438	458	616	8809
	106+500		107+538	1,038	7297	438	458	616	8809
	107+538	CSPM5KISKUNFÉLEGYHÁÉ	108+238	0,700	4950	357	346	364	6017
CSPM5KISKUNFÉLEGYHÁÉ	108+238		108+638	0,400	4950	357	346	364	6017
	108+638		110+238	1,600	4997	376	351	376	6100
	110+238		113+100	2,862	4997	376	351	376	6100
	113+100	CSPM5KISKUNFÉLEGYHÁD	113+600	0,500	4997	376	351	376	6100
CSPM5-M0		CSPM5KISKUNFÉLEGYHÁD		97,124					

3.2.7. Az értékelő modell

Ha egy él (vagy szakasz), illetve csomópont jövőben várható forgalmi terhelését a ráterhelésből az egész úthálózatra megismertük, akkor a tervezett építési (fejlesztési) változat

- társadalmi
- környezeti
- gazdasági
- közlekedési
- forgalmi

hatásait is kiszámíthatjuk, mert ezek - a beruházási költségeken kívül - csak a kialakuló forgalomtól függenek.

Az értékelő modellbe - célszerűen EXCEL hivatkozásokba - a forgalomfüggő hatások számszerűsítése a szabályzatoknak (útügyi előírásoknak) megfelelően már könnyen beépíthető.

Az összesítésnél vigyázni kell arra, hogy mikor kell összeget, várható értéket (Gauss eloszlásnál számtani közepet) vagy (pl. a hosszal) súlyozott átlagot számítani.

3.3. Az úthálózat-tervezés alapelve, a változatok összehasonlítása

Az úthálózat-tervezés módszere az, hogy

- Összegyűjtjük a lehetséges úthálózat fejlesztési - és ütemezési - változatokat az egyes sarokévekre. Ezek a vizsgálati szituációk.
- Modellezzük az egyes szituációkat.
- Járműkategóriánként - vagy díjosztályonként - meghatározzuk a jelenlegi áramlási mátrixokat.
(Erre csak a modellrendszer helyes működésének bizonyítása céljából van szükség. A jelenlegi hálózatra a jelenlegi áramlási mátrixokat visszaterhelve ugyanis a számlált keresztmetszeti forgalomnagyságokat kell kapnunk.)
- Analitikus módszerrel előrebecsüljük a közúti áramlatokat, figyelembe véve a közlekedési munkamegosztás (pl. közúti - vasúti szállítás arányának) várható változásait is. Az előrebecslésekben az egyes körzetek differenciált fejlődésére jellemző gazdasági adatokból és az úthálózati (elsősorban autópálya) fejlesztésekből származó területfejlesztő és forgalomvonzó hatásokat is figyelembe vesszük.
- Az egyes úthálózati változatokra több lépcsőben ráterheljük az előrebecsült áramlási mátrixokat.

Az úthálózat optimalálás alapelve

Közelítőleg azt tételezzük fel, hogy az áramlat az úthálózattól független. (Ez nem teljesen igaz, de jobb módszer még nincsen.)

Ebből a feltételezésből az következik, hogy egy azonos áramlat különböző úthálózati változatokon eltérő forgalmi viszonyokat (terheléseket) okoz, vagyis a forgalom tulajdonképpen az áramlat "leképeződése" a hálózatra.

Az úthálózat-tervezés alapelve az, hogy az eltérő forgalmi terhelések alapján az egyes úthálózat fejlesztési változatok hatásai számszerűsíthetők és összehasonlíthatók, vagyis az összehasonlítás eredményeképpen - az optimum kritériumoknak megfelelő - legjobb változat kiválasztható.

Az optimum kritériumokat általában többkritériumos elemzésen alapuló hatás-mátrixszal határozzák meg.

Az úthálózat optimalálás megbízhatósága a gyakorlatban az optimum kritériumok jó meghatározásától és a számszerűsítés pontosságától (adatok, módszerek, idő, pénz) függ.

Lépései:

- Az értékelő modellekkel összehasonlítjuk az egyes úthálózat fejlesztési változatok hatásait.

Az összehasonlító értékelésben – a költség-haszon elemzéseken, a pénzügyi és a nemzetgazdasági hatékonyságvizsgálatokon túl – (főleg a településeken belül) a hatásmátrixok értékeit is figyelembe kell venni.

- Kiválasztjuk az optimum-kritériumoknak legmegfelelőbb változatot.

3.4. Irodalom

Elmélet:

1. Koren Csaba: Közlekedéstervezés
PMS, 1998

Gyakorlat:

2. Útmutató az országos közúthálózat új külterületi szakaszainak és új forgalomvonzó létesítménnyel érintett útjainak forgalmi előrebecsléséhez
GKM, Budapest 2003. december
3. Útmutató a közúthálózati fejlesztések költség-haszon vizsgálatához I. Belső hatások
GKM, Budapest 2003. november
4. Útmutató a közúthálózati fejlesztések költség-haszon vizsgálatához II. Külső hatások
GKM, Budapest 2003. november
5. Módszertani útmutató költség-haszon elemzésekhez (KÖZOP támogatások)
NFÜ 2009. szeptember.
6. 5/2004. (I.28) GKM rendelet a helyi közutak kezelésének szakmai szabályairól