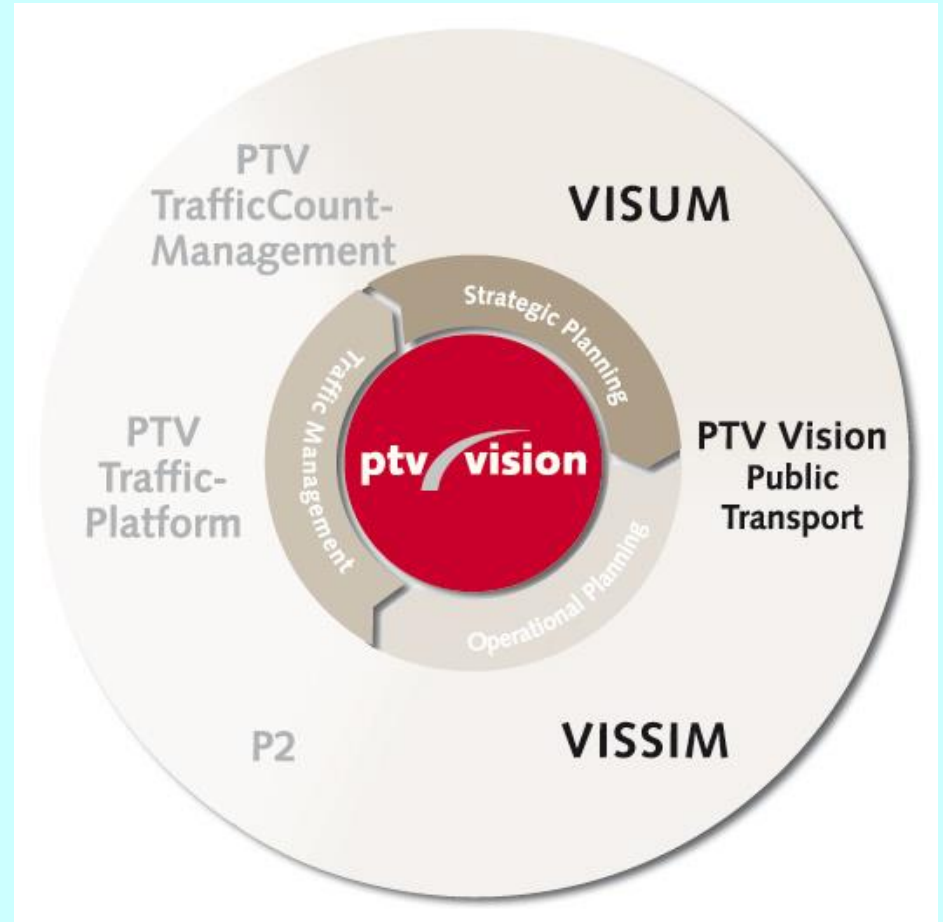
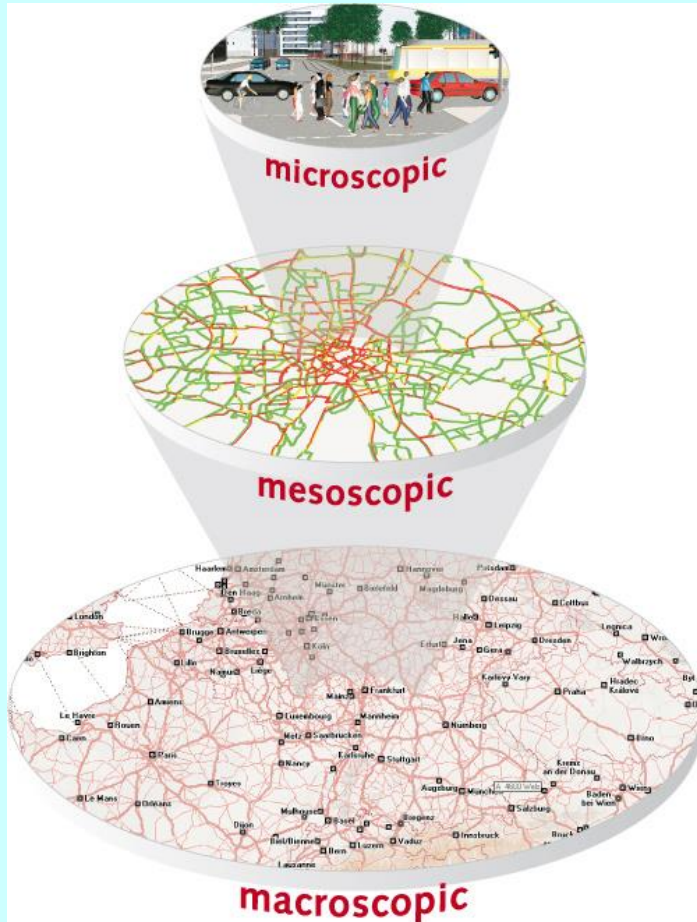


PTV Vision



PTV Vision

- Tervezés, modellezés ➔ megoldások közösségi hivatalok, közlekedési szolgáltatók, infrastruktúra üzemeltetők részére
 - Igény, szolgáltatás, üzemeltetés, ellenőrzés egy rendszeren belül
 - Tömegközlekedési tervezés és szolgáltatás optimalizálás
 - Alternatívák összehasonlító vizsgálata

PTV Vision

- VISUM (makroszkopikus)
 - Forgalmi áramlatok vizsgálata, számítása
 - Beavatkozások hatékonyságának vizsgálata
 - Levegő és zajszennyezettség vizsgálat
 - Tömegközlekedési menetrend és hálózat optimalizálás
 - Közlekedési módok integrált kezelése, de lehet külön is
- VISSIM (mikroszkopikus)
 - Forgalmi áramlatok szimulációja
 - Valamennyi közlekedési mód/eszköz
 - Forgalmi/építési beavatkozások hatásainak vizsgálata
 - A helyi jellemzőkre vonatkozó kalibrációs beállítások (sebesség megválasztás, járműösszetétel stb.)
- Traffic management
 - On-line forgalmi adatok alapján forgalomirányítás támogatása
 - Forgalom analizálása, előrejelzése

VISUM

- Tömegközlekedés
 - A viszonylathálózat elemzése és tervezése.
 - A menetrend elemzése és tervezése.
 - Jármű- és járművezető szükséglet számítása.
 - Költség-haszon elemzés.
 - A tömegközlekedés specifikus jellemzők szemléltetése (eladott jegyek, felszálló/leszálló utasok száma, iskolások száma zónánként, megállónként stb.).
 - Az utasszámok és más jellemzők kiértékelése közlekedési rendszerenként, viszonylatonként, üzemeltetőnként, megállónként, élenként.
 - Grafikus szemléltetési lehetőség a jelenlegi és tervezett változat, illetve több tervvariáns eltéréseinek bemutatására.
 - Üzemeltetői mutatók a viszonylati költségek számításához.
 - Részhálózatok kezelése a részhálózatra vonatkozó honnan-hová mátrix alapján.

VISUM

- Egyéni közlekedés
 - A közlekedés tervezéssel kapcsolatos intézkedések, építések forgalmi és egyéb hatásainak szimulációja.
 - Az útdíjak hatásainak prognosztizálása.
 - Az egyes egyéni közlekedési rendszerek (személygépjármű, tehergépjármű stb.) forgalmának elkülönült vizsgálata.
 - Az aktuális számlálási adatok összehasonlítása a honnan-hová mátrix-szal.
 - A levegő- és zajszennyezés meghatározása.
 - Részhálózatok kezelése a részhálózatra vonatkozó honnan-hová mátrix alapján.

A jelenlegi állapot vizsgálata

A jelenlegi kínálati minőség

- Úhálózat (egyéni közlekedés)
- Viszonylathálózat (tömegközlekedés)

A jelenlegi állapot hatásainak meghatározása

- A szolgáltatás minőségi mutatói
- Üzemeltetői mutatószámok
- Környezetvédelmi mutatószámok

A jelenlegi állapot hatásainak értékelése

A problémákból levont következtetések

Fejlesztési folyamat

A fejlesztési változat megalkotása

- Egyéni közlekedésre
- Tömegközlekedésre

A fejlesztési változat hatásainak meghatározása

- A szolgáltatás minőségi mutatói
- Üzemeltetői mutatószámok
- Környezetvédelmi mutatószámok

A fejlesztési változat hatásainak értékelése

A problémák vizsgálata

VISUM

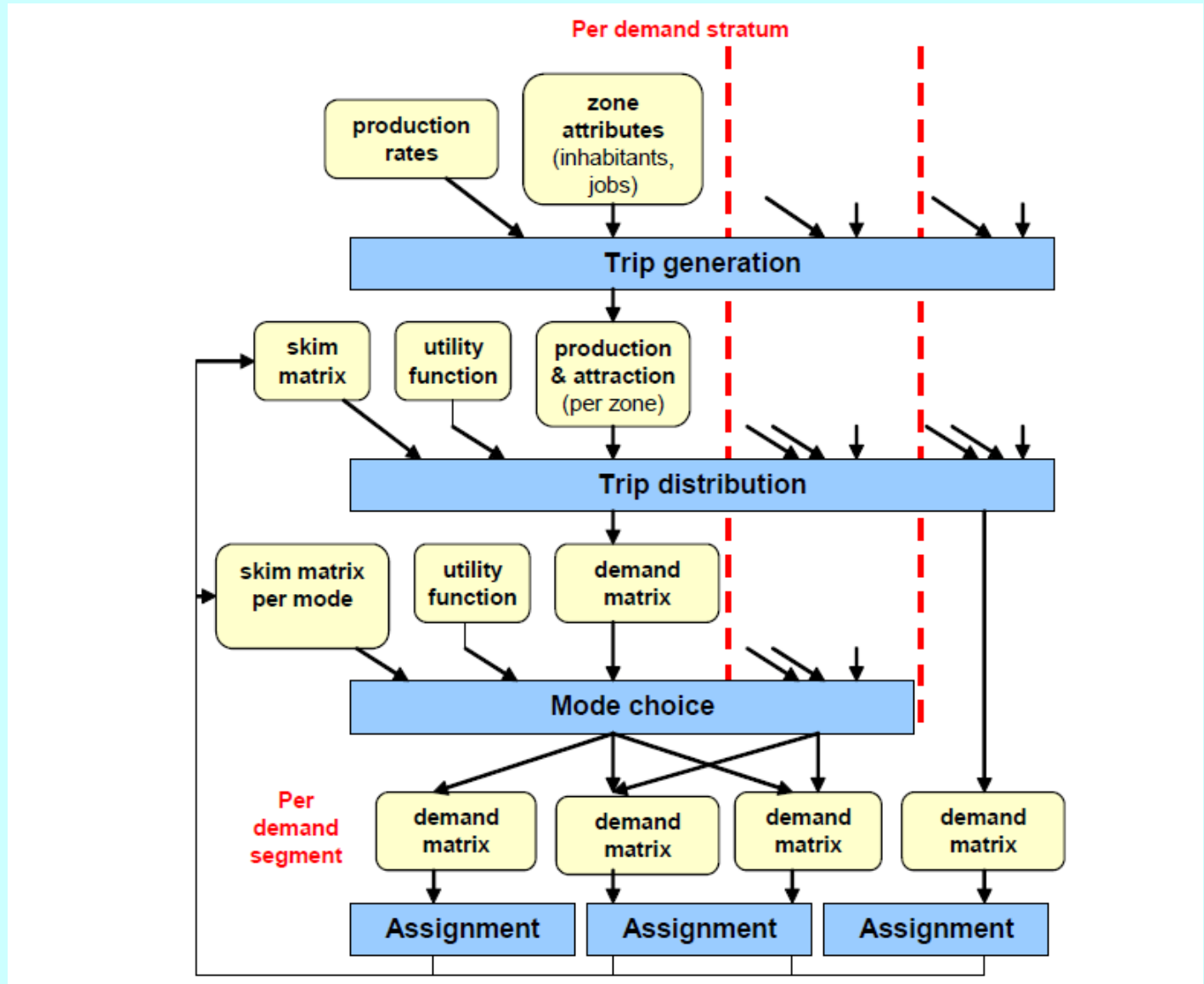
- Igény modellezés
 - Hagyományos négylépéses (keltés-szétosztás-megosztás)
 - EVA modell: ha a keltés és szétosztás függetlenül és aktivitás párokra külön, akkor a kiinduló és célforgalom eltérhet, ezért összekapcsolja a kettőt; szimultán forgalomszétosztás és módválasztás, a kiinduló- és célforgalom egyensúlykeresésével együtt (pl. HW – Home-Work aktivitáspárokhoz rendel fajlagos utazásszámot) 147.o.
 - Tevékenységi lánc alapú (tour-based) modell az igénymátrix számítása során homogén viselkedésű felhasználói csoportok tevékenységi láncával számol (3D mátrix: origin-destination-mode)
- Tömegközlekedési szolgáltatástervezés (hálózat, menetrend, bevétel, költség).
- Számos ráterhelési eljárás egyéni és tömegközlekedésre egyaránt.
- Ráterhelési eredmények megjelenítése, változatok összehasonlítása.
- Input adatok biztosítása további mérnöki, közgazdasági és környezetterhelési vizsgálatokhoz (pl.: zajtérképek, költség-haszon elemzések, stb.)

Támogatás a tervezőnek a különböző intézkedések hatásmechanizmusának vizsgálatához.

VISSIM-VISUM integráció

VISUM

Hagyományos négylépéses



Közlekedési modell

Igény modell

Igény adatokat tartalmaz:

- Kiinduló és érkező utazások száma
- Időbeli elosztása az utazási igényeknek

Hálózati modell

Kínálati adatokat tartalmaz:

- Közlekedési rendszerek
- Forgalmi zónák
- Csomópontok/megállók
- Élek
- Tömegközlekedési viszonylatok

Hatás modell

Módszereket tartalmaz a hatások meghatározására:

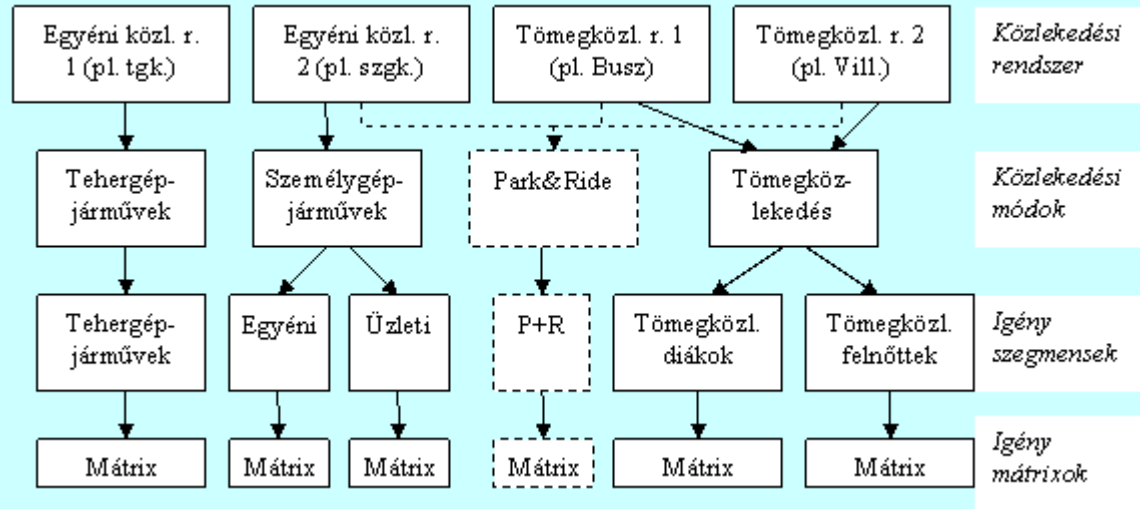
- Használói modell: ráterhelés, szolgáltatási mutatók számítása
- Üzemeltetői modell: járművek száma, vonalköltségek, bevételek
- Környezetvédelmi modell: légszennyezés, zajterhelés

Eredmények

- Listák, statisztikák (a hálózati elemek számított jellemzői)
- Eredményeket mutató mátrixok (utazási idő, szolgáltatási gyakoriság ...)
- Grafikai elemzések (forgalmi folyamatok ...)
- Plottok

Kínálat

Kereslet



1 módhoz 1 vagy több közlekedési rendszer tartozhat

1 igényszegmens 1 módhoz tartozhat

Az egyéni közlekedési rendszerhez 1 mód tartozik

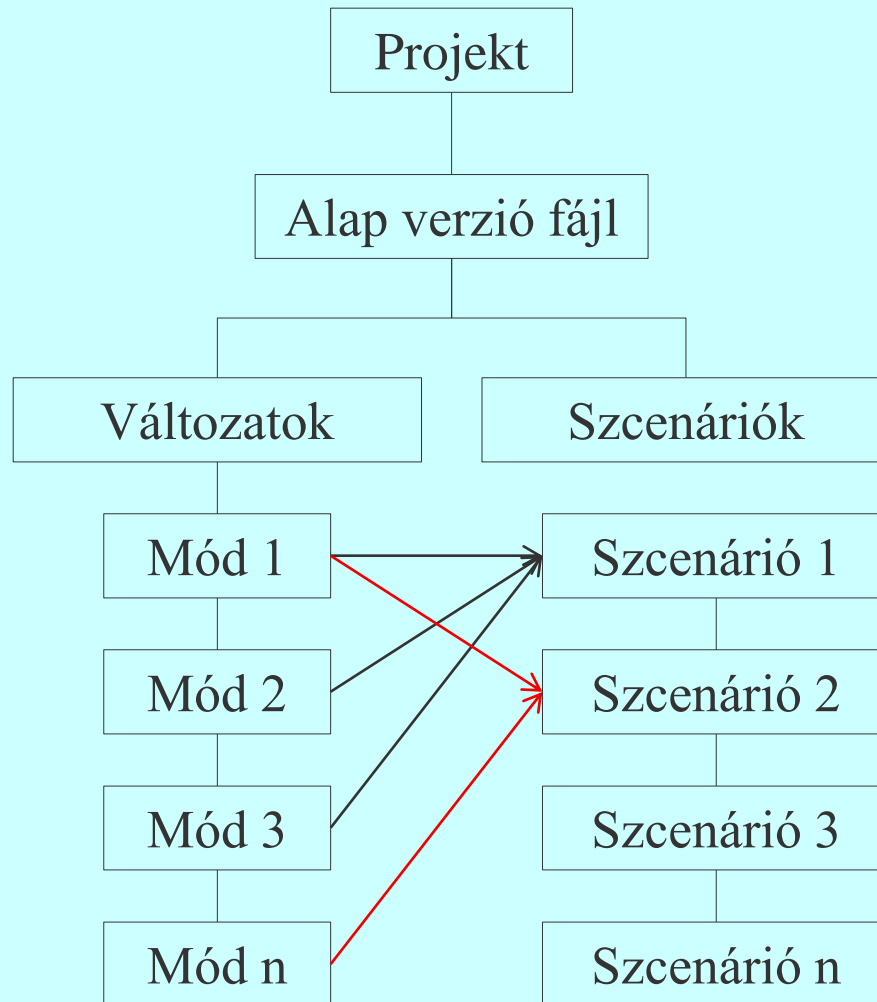
Igény réteget alkot személyek egy csoportjának egy tevékenysége.
HW

Igény szegmens generálható (homogén utazási szokások)

- A népességi csoportok alapján (munkavállalók, ingázók, diákok stb.)
- Jegyek típusa alapján (egy útra szóló, havi stb.)
- Járműtípus alapján (benzines autó, diesel autó stb.)
- Utazás célja alapján (munka, vásárlás, otthon stb. célú)

- **Közlekedési rendszer**
 - PrT (max. seb. – pl. tkg. 100 km/h; megengedett sebesség az adott szakaszon; kapacitás)
 - PuT (menetidő és megállóhelyi tartózkodási idő)
 - PuTWalk (Megállóhelyek megközelítése, átszállási gyaloglás) – Tömegközlekedési ráterhelésnél legalább 1 ilyen rendszer kell létezzen.
 - PuTAux (menetrend nélküli, ráhordó – alárendelt – PuT pl. vasúthálózatra ráhordó szolgáltatás, illetve P+R, B+R) – csak a közlekedési rendszer és menetrend alapú ráterheléseknél. Pl. a P+R mód a PuT és PutAux közlekedési rendszereket tartalmazza.

Scenario management



- Az alap verzió fájl létrehozása, vagy kiválasztása
- Változatok definiálása (egyéni hálózat, tömegközlekedés, mátrix)
- A változatok alapján szcenáriók definiálása
- Az eljárások sorrendjének meghatározása
- Szcenáriók számítása
- A számítási eredmények összehasonlítása

Hálózati modell objektumok

Csúcspont (egyéni-csomópont)

Zóna (forgalmi igények kiinduló és célkörzete)

Él (megengedett közlekedési rendszer, egyéni – sebesség, kapacitás, tömegközlekedés – utazási idő; irányított elem, mindkét irány külön objektum; él típusok definiálhatók)

Kanyarodási lehetőség (egyéni – legrövidebb út keresés, tömegközlekedés – viszonylati útvonal; ++ - fölé rendelt élről fölé rendelt élre ...)

Konnektorok (Zónákból kilépés, zónákba belépés)
tömegközlekedés – a kapcsolat olyan csúcspon

tal, amelyiknél megállóterület és megálló is van

Hálózati modell objektumok

Tömegközlekedési

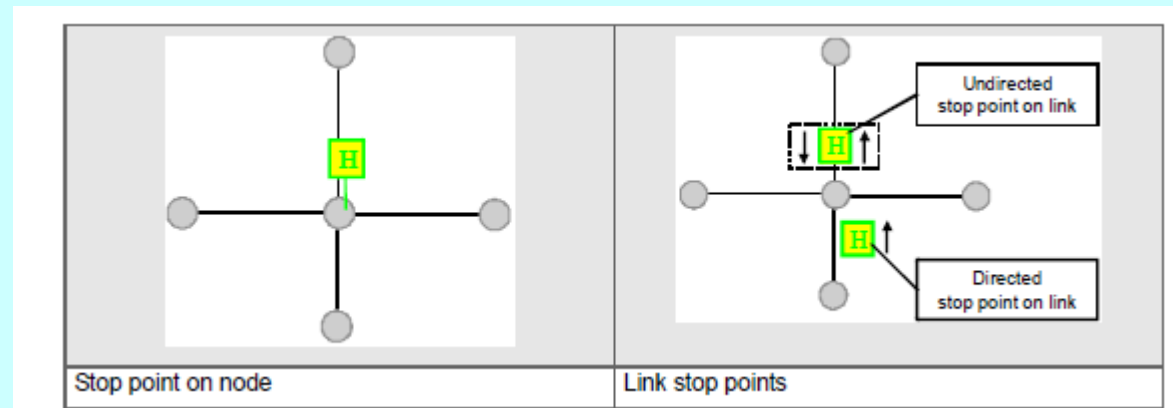
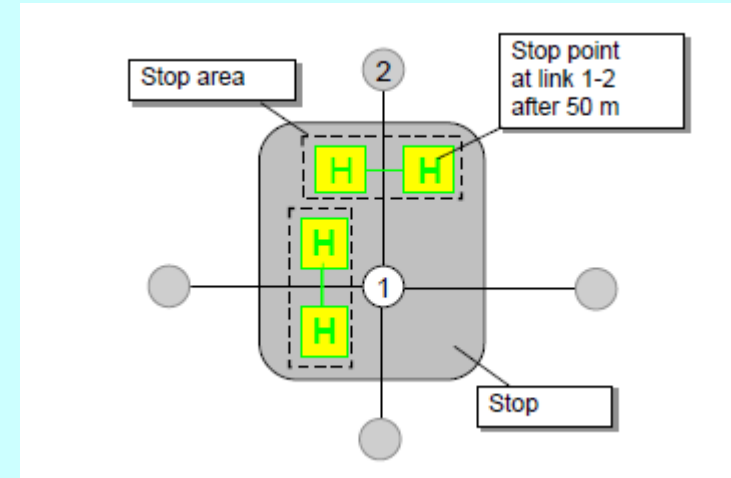
Viszonylatok (név, útvonal, időbeli jellemzői)

Tömegközlekedési megálló (**megálló, megálló terület, megállóhely** – csúcsponton vagy élen) (A viszonylatok végállomásai csúcsponthoz legyenek rendelve)

Tömegközlekedési üzemeltető

Jármű egység, jármű kombináció

Jegy fajták, díj zónák

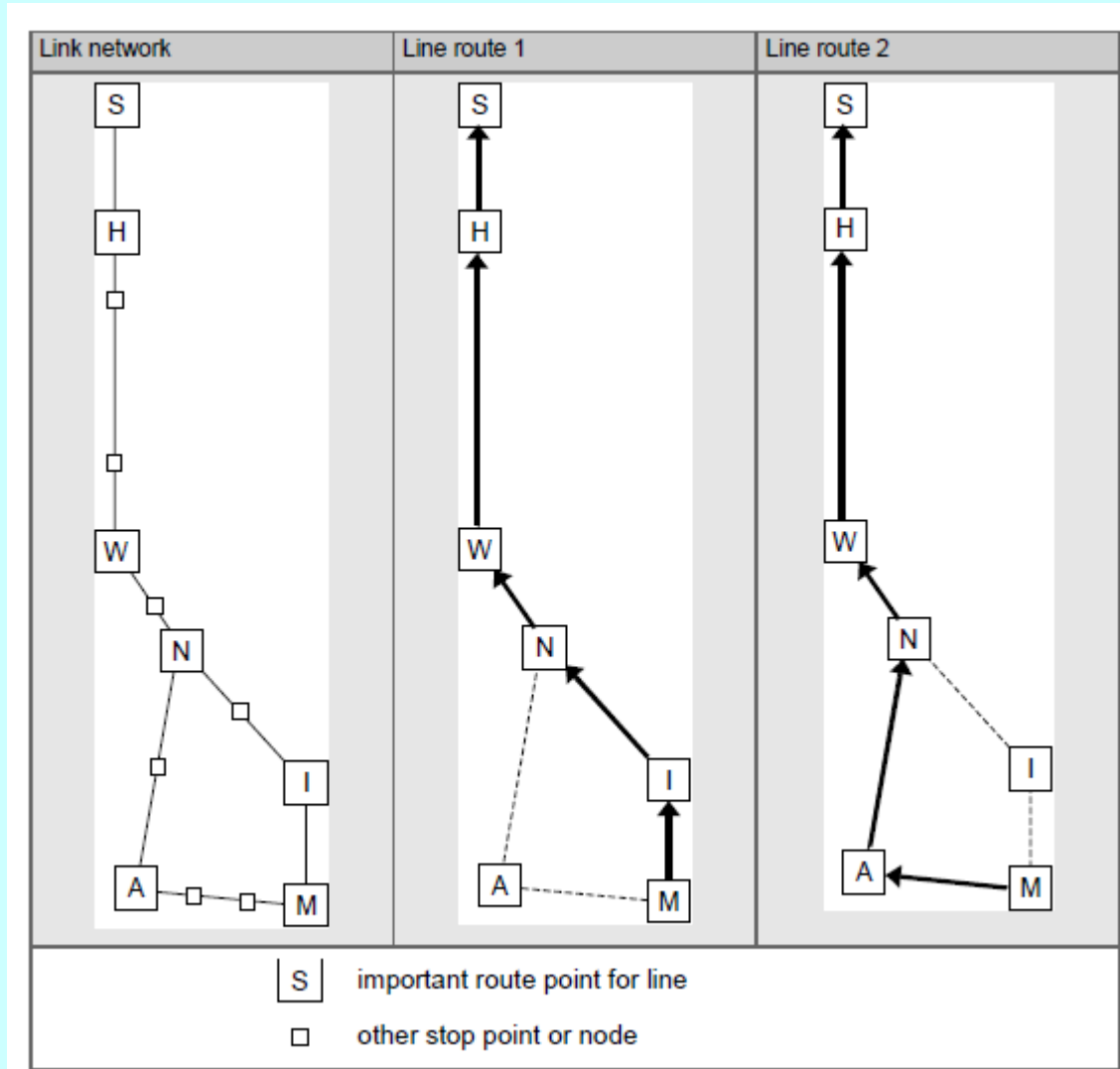


Hálózati modell objektumok

Tömegközlekedés

Viszonylati hierarchia

- **Line** – tömegközlekedési útvonal
- **Line route** – viszonylat
- **Time profile** – időbeliség (megállók közötti menetidő, megállóhelyi várakozási idő), pl. hétköznap, hétvége
- **Vehicle journey** – járat (indulási időponttal) adott time profile szerint adott line route-on



Hálózati modell objektumok

Konnektorok

- A konnektor hossza alapján számítódik az ellenállás, ami a szétosztás alapja
- Részarány alapján osztja szét a forgalmat
 - **Total Trips (MPA off):** A részarány alapján kiszámolt forgalmat, mint kapacitást veszi figyelembe (q_{max}) és a ráterhelési lépéseknél a konnektorról, mint éllel számol (ellenállás függvényével – t_{cur}), de az itt meghatározott q_{max} -szal.
 - Each single OD pair: A részarány alapján kiszámolt forgalom lesz a terhelése

Igény modell

Mátrixok mutatják a közlekedési igényeket. A mátrixban lévő utazásszámok

- a teljes közlekedési rendszerre,
- annak egy részére (gyalogosok, tömegközlekedés, egyéni közlekedés stb.)
- társadalmi csoportokra (hallgatók, munkavállalók, nyugdíjasok stb.)
- utazási célokra (bevásárlás, pihenés, munkabajárás stb.)

vonatkoznak.

Utazási igény lehet mért vagy számolt, mai vagy jövőbeni.

Igény modell

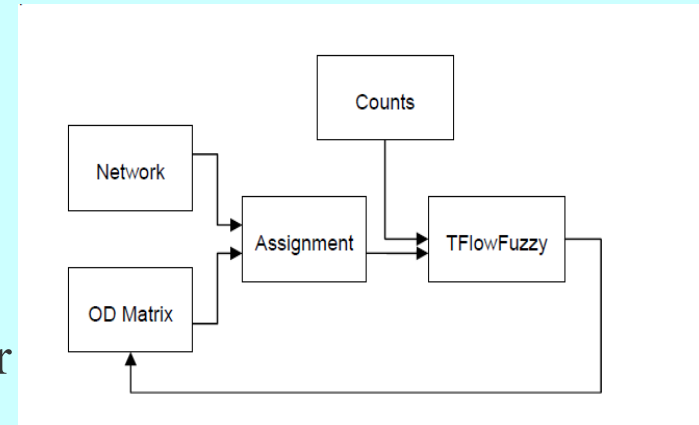
Az utazási igények **időbeni megosztása** kezdő időponttal és idősorral (tömegközlekedési ráterhelés és dinamikus egyéni közlekedési ráterhelés) történhet

- egy mátrix részekre szedése az idősorban
- eloszlási görbe alapján több igény mátrix (időbeli elosztás, akár O-D páronként más lehet)

Igény modell

Az igénymátrix értékeinek korrekciója forgalmi adatok alapján:

- **TFlowFuzzy eljárással** - Fuzzy matematikával kezelt kalibrálási eljárás. (forgalomszámlálási adatok: élterhelés; kiinduló/érkező adatok; csomóponti kanyarodási forgalomnagyság; tömegközlekedési utasszámok, utaskm-ek; megállóhelyi fel- leszálló utasok. Egyéb paraméter beállítási lehetőségek: pl. várt utazás szám)



Egyéni közlekedési útvonali értékek módosítása –

Forgalomszámlálás alapján egy él értéke alapján módosítja mindazon F_{ij} -ket a mátrixból, amely kapcsolatok azt az élt használják.

(Gyakorlatilag manuális kalibrálás szakaszonként.)

- **Egyéni közlekedés mátrix kalibrálással** – A forgalomszámlálási adatok alapján az induló és érkező forgalomra kalibrációs függvénnyel egy *növekedési faktort* határoz meg.

Hatás modell

A közlekedési rendszerben bekövetkező változások (pl. új út építése) hatással van

- közlekedőkre (pl. utazási idő)
- üzemeltetőkre (járműszám, bevétel, költség)
- a közösségre, akiknek előnye származik belőle, de ők fizetik meg
- a tömegközlekedési szolgáltatóra
- környezetre

Hatások meghatározása

- különböző ráterhelési eljárásokkal
- skim mátrixokkal (ellenállás mátrixokkal)
- környezeti modellel (zaj és légszennyezés)
- üzemeltetői modellel (üzemeltetési és finanszírozási igények)

Használói modell

egyéni közlekedés

tömegközlekedés

Üzemeltetői modell

Környezeti modell

Eredmények értékelése

- **Flow bundles**, útvonalak különböző szempontú szűrése (pl. minden útvonal, ami egy adott linken átmegy - terhelése)
- **Turn volumes**, a csomópontokban az egyéni közlekedők kanyarodó áramlatának szemléltetése
- **Isochrones**, elérhetőség szemléltetése
- **Graphical shortest path search**, legrövidebb utak bemutatása zónák, csomópontok, megállók között
- **Skim matrices**, OD párok különböző jellemzői (az OD pár valamennyi útvonalának jellemzőjéből származik)
- **Lists**, valamennyi hálózati objektum jellemzőinek táblázatos megjelenítése
- Sávok, diagramok, táblázatok a térképen
- Comparing and transferring networks, model transfer file

Használói modell

- Ráterhelési eljárások
 - Növekedési ráterhelés
 - Egyensúlyi ráterhelés
 - Tanulási mód ráterhelés (Egyensúlyi Lohse)
 - Sztochasztikus ráterhelés
 - Tribut ráterhelés
 - Dinamikus sztochasztikus ráterhelés
- Egyszerű ráterhelés: egy közlekedési rendszer egy igénymátrix-szal
- Szimultán ráterhelés: több igénymátrix, amely egy vagy több közlekedési rendszer igényeit tartalmazza
- Blocking back model (más ráterhelési eljárásokkal együtt kezeli a torlódásból adódó szűk keresztmetszeteket, sorhossz, várakozási idő)

Eljutási idő = rá- és elgyaloglási idő + utazási idő + kanyarodási idő

Ellenállás függvényhez:

- Amerikai Közutak Irodája (BPR):
$$t_{cur} = t_0 * \left(1 + a \left(\frac{q}{q_{max} * c} \right)^b \right)$$
- Módosított BPR: Ha b kitevő alapja (Sat) < 1, akkor b₁, egyébként b₂ kitevő
- Ha a telítettség (Sat) < 1
$$t_{cur} = t_0 * \left(1 + a(Sat)^{b_1} \right)$$
- Ha a telítettség (Sat) ≥ 1
$$t_{cur} = t_0 * \left(1 + a(Sat)^{b_2} \right) + ((q - q_{max}) * d)$$
- CONICAL
$$t_{cur} = t_0 * \left(2 + \sqrt{a^2 * (1 - Sat^2) + b^2} - a * Sat - (a + b) \right)$$
- INRETS ha Sat < 1
$$t_{cur} = t_0 * \left(\frac{1,1 - a * Sat}{1,1 - Sat} \right)$$

 ha Sat ≥ 1
$$t_{cur} = t_0 * \left(\frac{1,1 - a}{0,1} * Sat^2 \right)$$
- Konstans függvény:
$$t_{cur} = t_0$$

Kanyarodási ellenállások modellezése

$$t_{cur} = t_0 + \frac{a}{1 + e^{b-d*Sat}}$$

$$t_{cur} = t_0 + a + b * Sat + d * Sat^2$$

$$t_{cur} = t_0 + \frac{a * b + d * Sat^f}{b + Sat^f}$$

Útvonal ellenállása a konnektorok, az élek és a csomópontok kanyarodási ellenállásából áll.

Egy **él ellenállása** a felhasználó által definiált függvény alapján számítható ki, amit minden közlekedési rendszerre definiálunk. Változói:

- A közlekedési rendszer specifikus utazási idő, t_{cur} [s], a terhelt hálózaton
- Az él hossza
- A közlekedési rendszer specifikus útdíj [pénzegységben]
- Felhasználó által definiált további paraméterek
- Az él típusa (állami út, önkormányzati út, vasút stb.)

Közös dimenzió: VT - value of time

Szétosztási modellek

Az utazási lehetőségek között az utazási igények az ellenállások alapján kerülnek szétosztásra:

$$P_i^a = \frac{U_i^a}{\sum_{j=1}^n U_j^a} \quad , \text{ ahol } P_i^a \text{ az } i\text{-edik utazási lehetőség részaránya az a időintervallumban és}$$

$$U_i^a = f(IMP_i^a) \quad \text{az } i\text{-edik utazási lehetőség elérhetősége}$$

$$IMP_i^a \quad \text{az } i\text{-edik utazási lehetőség ellenállása az a időintervallumban}$$

Szétosztási modellek:

- Kirchhoff modell (ellenállások aránya a döntő):
 IMP_i^a : i útvonal ellenállása az a időintervallumban

$$P_i^a = \frac{IMP_i^{a-\beta}}{\sum_{j=1}^n IMP_j^{a-\beta}}$$

- Logit modell (ellenállások közötti különbség a döntő):

$$P_i^a = \frac{e^{-\beta * IMP_i^a}}{\sum_{j=1}^n e^{-\beta * IMP_j^a}}$$

- Box-cox modell (Ez a modell a Box-cox transzformáción alapszik ($\tau \geq 0$)):

$$b^{(\tau)}(x) = \begin{cases} \frac{x^\tau - 1}{\tau} & \text{ha } \tau \neq 0 \\ \log(x) & \text{ha } \tau = 0 \end{cases}$$

$$b^{(\tau)}(IMP_i^a)$$

$$P_i^a = \frac{e^{-\beta * b^{(\tau)}(IMP_i^a)}}{\sum_{j=1}^n e^{-\beta * b^{(\tau)}(IMP_j^a)}}$$

Ha $\tau=0$, akkor a Kirchhoff képlet, ha $\tau=1$, akkor a Logit képlet adódik.

- Lohse modell: $P_i^a = \frac{e^{-\left[\beta * \left(\frac{IMP_i^a}{IMP_*^a} - 1\right)\right]^2}}{\sum_{j=1}^n e^{-\left[\beta * \left(\frac{IMP_j^a}{IMP_*^a} - 1\right)\right]^2}}$, ahol $IMP_*^a = \min(IMP_j^a)$

A szétosztási modellek összehasonlítása:

	Utazási lehetőség	IMP (ellenállás [min])	Kirchhoff	Logit	Box-Cox	Lohse
1. változat	1	5	94%	78%	86%	100%
	2	10	6%	22%	14%	0%
2. változat	1	105	55%	78%	62%	51%
	2	110	45%	22%	38%	49%
3. változat	1	50	94%	100%	100%	100%
	2	100	6%	0%	0%	0%
	A modellek paramétere:		$\beta=4$	$\beta=0,25$	$\beta=1$	$\beta=4$
					$\tau=0,5$	

Növekedési ráterhelés (Incremental assignment)

- Honnan-hová mátrix százalékos szétbontása
- Lépésenként legrövidebb utak újraszámolása
- Nincs optimális lépésszám

Egyensúlyi ráterhelés (Equilibrium assignment)

Wardrop első elve: „Minden egyes úthasználó úgy választja meg magának az útvonalat, hogy az utazása ugyanannyi időt vegyen igénybe bármelyik alternatív útvonalon halad, ha másik útvonalon haladna, akkor csak a saját utazási ideje nőne meg.” (Mindenkinek számára teljesen ismertek a hálózati forgalmi viszonyok)

Második elv: „Egyensúlyi körülmények között egy közlekedési hálózaton az utazók összköltsége minimális.”

Optimum:

- Használói (alternatív útvonalak ellenállása ugyanaz)
- Rendszer (a hálózati összellenállás minimumot ad)

A ráterhelési folyamat előtt meghatározunk az ellenállás értékekre vonatkozóan abszolút ($E_a > \max - \min$.) és relatív eltérést ($1 - E_r < \max / \min < 1 + E_r$). Ha valamelyik teljesül befejezzük az egyensúlykeresést.

Kiindulópont Növekedési ráterhelés.

i és j körzetek között min. és max. útvonalak egyensúlyba hozása. Ha van még kisebb ellenállású útvonal, akkor folytatás.

Tanulási mód ráterhelés (Egyensúlyi Lohse)

Az úthasználók tanulási folyamatát modellezi.

A legrövidebb út keresése során az iterációs lépések alkalmazásával az adott lépés ellenállás értékével és az előzőleg becsült ellenállás értékkel számol.

Mindent vagy semmi elven alapul a kiinduló lépés.

Lépések során számolja, hogy hányadszor lett legrövidebb egy útvonal. A végén ez alapján határozza meg a forgalmi terhelést:

$$Vol_r = \frac{F_{ij}}{n} * Count_r \quad \text{ahol}$$

n: lépésszám

F_{ij} : Forgalomnagyság i és j között

$Count_r$: Ha az adott lépésben r útvonal a legrövidebb, akkor 1-gyel nő

Tanulási mód ráterhelés

A következő képletek segítségével határozható meg a becsült ellenállás:

$$TT_n = \frac{|\operatorname{Im} p_n - \operatorname{Im} p_{n-1}^*|}{\operatorname{Im} p_{n-1}^*}$$

Az eltérés mértéke az aktuális ellenállás és az előző lépésben becsült ellenállás között.

$$f(TT_n) = \frac{V_1}{1 + e^{V_2 - V_3 * TT_n}}$$

ahol, V1, V2 és V3 a felhasználó által megadott paraméterek

$$\Delta_n = \Delta_{\min} + \frac{\Delta_{\max} - \Delta_{\min}}{(1 + TT_n)^{f(TT_n)}}$$

Ez a tanulási faktor. A minimális és maximális értéket a felhasználó adja meg.

$$\operatorname{Im} p_n^* = \operatorname{Im} p_{n-1}^* + \Delta_n * (\operatorname{Im} p_n - \operatorname{Im} p_{n-1}^*) \quad \operatorname{Im} p_0^*: \text{ a terheletlen forgalom melletti ellen.}$$

A lépéseket addig hajtjuk végre, amíg az előre megadott lépésszámot (N) el nem értük, vagy, amíg a következő egyenlőtlenség nem teljesül:

$$|\operatorname{Im} p_n - \operatorname{Im} p_{n-1}^*| < E = E_1 * \operatorname{Im} p_{n-1}^{\frac{E_2}{E_3}}$$

ahol E1, E2 és E3 az ellenállás maximális eltéréséhez megadott értékek.

Tanulási mód ráterhelés

Első lépés:

i és j között a legrövidebb útra a teljes forgalom ráterhelése (számláló növelése). Új ellenállások (Imp) és becsült értékek (Imp^{*}) kiszámítása.

Második lépés:

A legalacsonyabb Imp^{*}-ok megkeresése (legrövidebb út), ráterhelés, számláló növelése. Új ellenállások (Imp) és becsült értékek (Imp^{*}) kiszámítása.

Sztochasztikus ráterhelés

Az alternatív útvonalak keresésénél figyelembe veszi az útvonalak hasonlóságát. (C-logit megközelítés)

Hasonlósági faktor:

$$C_{i,j} = \frac{t_{0i,j}}{\sqrt{t_{0i} * t_{0j}}}$$

Ahol $t_{0i,j}$ az i és j útvonalak **közös**

szakaszán a terheletlen forgalom melletti eljutási idő.

Az i útvonal függetlenségi

tényezője:

$$E_i = \frac{1}{\sum_j C_{i,j}} = \frac{1}{1 + \sum_{j,j \neq i} C_{i,j}}$$

$E=1$ ha egyetlen más útvonallal sincs átfedés

Ezt felhasználjuk a szétosztási

Logit modellben:

$$P_i = \frac{e^{V_i} * E_i}{\sum_{j=1}^N (e^{V_j} * E_j)} \rightarrow V_i = \beta * \text{Im } p_i^*$$

Sztochasztikus ráterhelés

Külső iteráció: legrövidebb út keresés (n)

Minden OD párra a legrövidebb útvonalak kiválasztása (legrövidebbhez képest előre meghatározott sávon belül van) az átfedések vizsgálatával (n=1-nél a terheletlen hálózaton)

Belső iteráció: ráterhelés (m)

R útvonalra jutó forgalmi terhelés:

$$Vol_{R,m} = \frac{Vol_{R,m-1} * (m - 1) + Vol'_{R,m}}{m}$$

ahol $Vol'_{R,m} = P_R * F_{i,j}$

P-ben a *-os Imp-pel számolunk

$$Im p_n^* = Im p_{n-1}^* + \Delta_n * (Im p_n - Im p_{n-1}^*)$$

Δ_n egy előre meghat érték pl. 0,5

Vége, ha élek terhelésének, ellenállásának változása egy meghat. értéken belül, vagy elértük az előre meghat. lépésszámot.

Külső iteráció:

Ismét legrövidebb út keresés. Ha az előző lépéshez képest nem adódik új útvonal, akkor az iterációnak vége.

Tribut eljárás

Bikritériumos forgalomráterhelés (utazási idő és költség) – útvonalválasztás modellezése. (Tribut egyensúlyi, Tribut Lohse egyensúlyi)

Útdíjak figyelembe vétele mellett a p útvonal választásának feltétele tartalmazza az időt t_p és a költséget c_p . Ekkor az általánosított útvonalválasztási kritérium a következőképpen néz ki:

$$Crit_p = t_p + c_p / VT = \sum_{L \in p} t_L + (\sum_{L \in p} c_L) / VT \quad , \text{ ahol}$$

t_L utazási idő az L hálózati objektumon, amely a forgalomnagyság függvénye (L lehet él, csúcspont vagy kanyarodási mozgás)

c_L a díj értéke az L élen, feltesszük, hogy független a forgalomnagyságtól

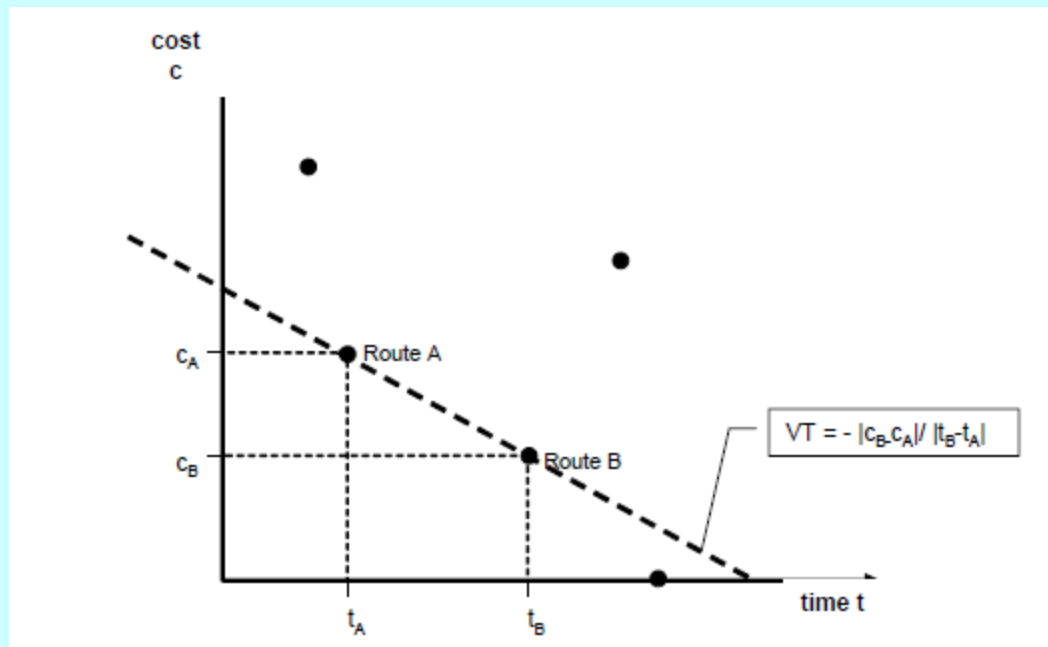
VT az idő értéke pénzegység/órában, igényszegmensenként kül. lehet
Feltételezzük, hogy minden utazás ezt minimalizálja.

Dugódíjat úgy modellez, hogy azoknál a kanyarodási lehetőségeknél veszi figyelembe a díjat, amelyik a területről ki- vagy a területre bevezetnek. (élnek és konnektornak nem) (Csak a Lohse egyensúlyi tudja)

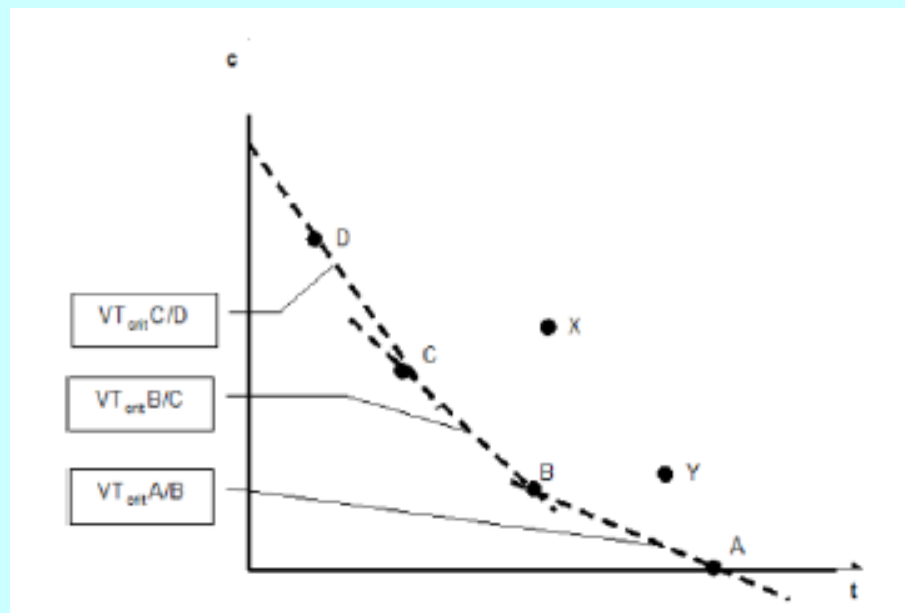
Tribut eljárás

c_p és t_p párok egy idő-költség diagramban ábrázolhatók.

VT egy negatív meredekségű egyeneshez tartozik (2 pont). Ábrán mindkét pont ugyanolyan jó.



Több pont – hatékonysági határ, az ettől jobbra lévő útvonalak (X, Y) továbbiakban nem érdekesek, mert egyetlen felhasználónak sem tudnak optimálisak lenni.

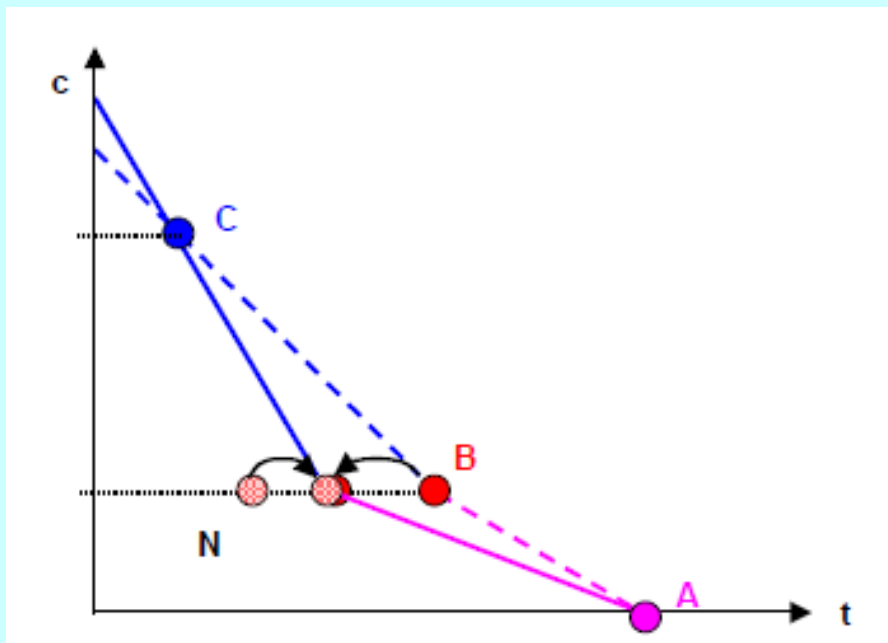


Tribut eljárás

Útvonalválasztás során, ha a hatékonysági határon több útvonal is elhelyezkedik, akkor a **legkisebb költségű részarányát határozzuk meg**. Ezzel egy kezdeti feltöltést végzünk.

Minden lépésben lehetnek új útvonalak a hatékony határon belül.

Equilibrium eljárásnál az azonos költségű útvonalak ugyanabba a pontba kerülnek és a szintek között történik egyensúlykeresés.



Dynamic Stochastic Assignment

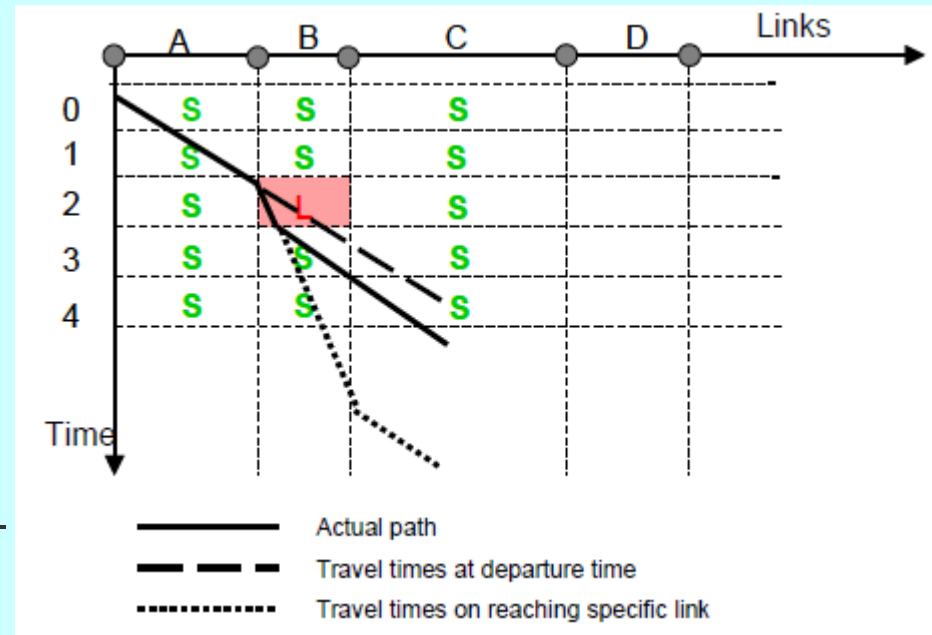
Az élek, kanyarodási lehetőségek, konnektorok időben változó jellemzőivel dolgozik (kapacitás, t_0 , v_0 , amiből számol t_{cur} stb.) A számítási eredményeket a felhasználó által definiált időintervallumokra határozza meg. A statikus eljárásoknál nem számít az indulási időpont, itt igen (hasonlít a tömegközlekedéshez).

A vizsgált időszak egyforma időszelletekre (pl. 15 perc) van felosztva.

Időszeletenkénti forgalomnagysággal és az aktuális utazási idővel számol az ellenállások meghatározásakor.

S – fast. L – slow mutatja a terhelés-függő sebességet.

Feltételezés, hogy az indulási időpontok egyenletesen vannak elosztva az időszeleten belül.



Dynamic Stochastic Assignment

Mivel az időszakok függvényében mások lehetnek az igények, nem csak a legrövidebb út változhat, hanem az indulási időpontok is átkerülhetnek.

Az eljárás a sztochasztikus ráterhelésnél megismert képletekkel számol.

Szimultán ráterhelés

Több igénymátrix ráterhelése egy közlekedési rendszerre:

Az igénymátrixok ugyanahhoz a közlekedési rendszerhez tartoznak. Eredménye ugyanaz, mintha külön-külön terhelnék rá.

Több igénymátrix ráterhelése több közlekedési rendszerre:

Pl. személy- és tehergépjármű-forgalom (más a hálózat, sebességkorlát stb.)

- Multi növekedési eljárás
- Multi equilibrium eljárás
- Multi tanulási mód eljárás

Tömegközlekedés

Modellek:

- **Közlekedési rendszer alapú eljárás**

A leggyorsabb útvonalakat határozza meg a viszonylatok menetrendjének és hálózatának ismerete nélkül. („Igényvezérelt szolgáltatás”) Nincs szükség vonalhálózatra, menetrendre.

(Elsősorban tervezést elősegítő ábrák és adatsorok előállítására.)

- **Követési időköz alapú eljárás**

Kis követési idők esetében hatékony. Az átszállási időt az átlagos követési időből számolja.

(Nagyvárosi hálózatok.)

- **Menetrend alapú eljárás**

Nagy követési idők esetén hatékony (menetrendek összehangolása fontos).

(Kisebb városok; helyközi, távolsági közlekedés hálózatai.)

Hatékony tervezési alap, ha az „igényráterhelést” összevetjük a „valós” ráterheléssel.

Tömegközlekedés

Path – útvonal, melynek elemei:

- Egy konnektoron keresztül a megálló elérése, vagy megállótól eljutni a célpontra (PuTWalk)
- Egy járaton töltött utazás
- Átszállás két megálló közötti sétával (PuTWalk)
- Helyváltogatás a PuTAux rendszerrel (pl. P+R)

Save Path as connection – Pontos indulási és érkezési időponttal jellemzett útvonal.

Save Path as route – Az útvonal a menetidőkkel, várakozási időekkel ismert, de nem konkrét indulási/érkezési idővel.

Tömegközlekedés

A tömegközlekedési ráterhelési eljárások felhasználási területei a következők:

- Meghatározni a viszonylati forgalmakat, a szakaszok (élek forgalmát), a felszálló, átszálló és leszálló utasok számát megállónként.
- Kiszámolni az utas számára fontos jellemzőket: utazási idő, átszállások száma, járatgyakoriság. (Skim mátrixok)
- Menetrendi információs rendszer kialakítása.

Tömegközlekedés

i és j körzet közötti utazási alternatívák mutatószámai (skims):

- Idő mutatószámok:

Rágyaloglási, elgyaloglási, várakozási, járművön töltött, átszállási várakozási, átszállási gyaloglási; Eljutási, utazási, érzékelt eljutási: Eljutási idő súlyozott elemei kiegészítve az átszállások számával, a tényleges és az elvárt indulási idő közötti különbség.

- Távolság mutatószámok:

Rágyaloglás, elgyaloglás, járművel megtett, átszállási gyaloglás, eljutási, utazási; Közvetlen: kiinduló és célzóna közötti.

- Gyakorisági mutatók:

Átszállások száma, szolgáltatás gyakorisága: időegység alatti utazási lehetőségek száma két zóna között.

- Pénzügyi mutatók:

Úti költség

- Számított mutatók:

- Ellenállás: érzékelt eljutási idő és útiköltség függvénye
- Eljutási sebesség: eljutási távolságból és eljutási időből számított érték
- Közvetlen távolsághoz tartozó sebesség (zónák közötti távolság/eljutási idő)
- Egyenértékű eljutási idő (felhasználó által definiált)

Tömegközlekedés

Közlekedési rendszer alapú ráterhelés

Ez a módszer a következő tulajdonságokkal jellemezhető:

- A menetrendet nem veszi figyelembe, csak szakaszokat utazási idővel.
- Átszállási (büntetést) időt csak a különböző közlekedési módok (vasút-autóbusz) között vesz figyelembe.
- Nem reális az útvonalválasztás, mert egy közlekedési rendszeren belül nem számol az átszállással (a közlekedési rendszeren belüli átszállásokhoz nincs időveszteség kötve – mert nem tudni, hol van).
- Az azonos közlekedési rendszerhez tartozó viszonylatok, amelyek párhuzamosan közlekednek (pl. két buszviszonylat) és különböző utazási idővel rendelkeznek csak az átlagos utazási idejükkel vehetőek figyelembe. Ha egy élt különböző közlekedési rendszerek használják különböző menetidővel, akkor a legkisebbet veszi figyelembe.
- Nem számolható ki az átszállások száma, az átszállási idő, és a járatgyakoriság.
- Egy új hálózat kialakításakor javasolt használni. Az életterhelések alapján az utasok elvárt viszonylathálózata rajzolódik ki.

Tömegközlekedés

Közlekedési rendszer alapú ráterhelés lépései

- Legrövidebb út keresés
 - Menetidő az éleken
 - Átszállási időhátrány (penalty)
 - Specifikus csúcsponti, megállóhelyi időhátrány
- Élek, konnektorok és kanyarodási lehetőségek ellenállásai alapján a legrövidebb utak keresése.
- Ráterhelés során minden OD párra a teljes utazási igény a legkisebb ellenállású útvonalra kerül.

Tömegközlekedés

Követési időköz alapú ráterhelés

- Viszonylatok útvonala, megállók közötti menetidők és követési idők alapján számol.
- Az átszállási időt a követési időből számolja ki (nem számol a menetrendek összehangolásával – viszonylatok együttműködésével (koordinációjával) igen, ami csak a közös útvonalszakaszokon a várakozási időt csökkenti, de csatlakozásnál nincs összehangolás).
- Hasonlóan a menetrend alapú ráterheléshez nem csak az optimális útvonalakat határozza meg, hanem a jókat is.
- Az átszállások száma, az utazási idő és a járművön töltött idő a szükséges pontossággal megbecsülhető, ha minden viszonylatnak alacsony a követési ideje.
- A különböző választási modellek (choice models) az utasinformációk hatásait is tudják kezelni.
- Kisebb a számításigénye, mint a menetrend alapú ráterhelésnek.
- Inkább városi környezetben használatos, környéki és távolsági közlekedésre nem.
- Figyelembe veheti a díjakat az ellenállás számításakor.

Tömegközlekedés

Követési időköz alapú ráterhelés

- A követési időköz megadása:
 - Viszonylatonként a felhasználó által megadott érték
 - A menetrendből kiszámolt átlagos követési időköz (időszak/indítások száma)
 - A menetrend alapján az átlagos várakozási időből számolt (alapbeállítás) – az indulási időpontok közötti különbségek négyzeteivel számol
- Az alkalmazott választási modell (felszállásnál és átszállásnál) – melyik érkező járatra száll fel az utas, átszállásnál mit tegyen:
 - Nincs információ a követési időközről (változó követési idővel)
 - Nincs információ a követési időközről (állandó követési idővel)
 - Van információ a követési időközről (az utas az eltelt várakozási időből tudja, hogy max. mennyi idő múlva jön a járat)
 - Van információ nem csak a követési időről, de a pontos indulási időpontról is.

Tömegközlekedés

Követési időköz alapú ráterhelés

A modell 3 részből áll: útvonal keresés, útvonal választás, utazások útvonalak közötti szétosztása

Útvonal keresés

Keresési ellenállás számítás: Járművön töltött idő + Átszállási várakozási idő * tényező1 + Átszállások száma * tényező2

Útvonal választás (figyelembe véve az információk rendelkezésre állását)

Az érzékelt eljutási idő alapján, ami a rágyaloglási, az elgyaloglási, a várakozási, az átszállási várakozási, a járművön töltött és az átszállási gyaloglási idő, valamint az átszállások számának függvénye (súlytényezők figyelembe vételével pl. preferált járatok előtérbe helyezése)

Útvonalak értékelése, a kevésbé attraktívak törlése:

Az útvonal ellenállása > a legrövidebb út ellenállása * tényező + konstans

Az útvonalon az átszállások száma > minimális átszállásszám + konstans

Utazások útvonalak közötti szétosztása

Tömegközlekedés

Menetrend alapú ráterhelés

- Járat szintű menetrendi adatok kellenek hozzá
- A kapcsolat keresésnél két módszert használ
 - A Branch and Bound a teljes vizsgált időszakban a megfelelő útvonalakat megkeresi vagy egy indulási időpontra a legjobbakat (legrövidebb út, legkevesebb átszállás).
 - A legrövidebb út keresés során az ellenállásfüggvény alapján a legkedvezőbb utat keresi meg. (Memória és számítási idő igény alacsonyabb)
- Az aktuális átszállási várakozási időt és a menetrendek összehangolását is figyelembe veszi.
- Az utasok döntéseit reálisan modellezi, mivel gyakran van információjuk a tömegközlekedési szolgáltatásról, ami alapján hozzák meg döntéseiket a felkínált/lehetséges kapcsolatokból.

Tömegközlekedés

Menetrend alapú ráterhelés

- Branch and Bound

Utazási kapcsolat keresés

Keresési ellenállás számítás: $\text{Eljutási idő} * \text{tényező1} + \text{Átszállások száma} * \text{tényező2} + \text{Közlekedési rendszer ellenállása} * \text{tényező3} + \text{Jármű specifikus ellenállás} * \text{tényező4}$

A közlekedési rendszer ellenállása az útiköltségek alapján veendő figyelembe.

A jármű specifikus ellenállás a felszállási és utazási komfortot veszi figyelembe.

- A legrövidebb út keresés

Minden indulási (érkezési) időpontra a legkedvezőbb útvonal keresése (egy időszakon belül két pont között az időponttól függően mások lehetnek a legrövidebb utak)

Utazási lehetőség keresés

Keresési ellenállás számítás: $\text{rágyaloglási idő, járművön töltött idő, átszállási gyaloglási idő, átszállási várakozási idő, elgyaloglási idő, átszállások száma}$ alapján

Tömegközlekedés

Menetrend alapú ráterhelés

Utazási lehetőségek választása

A kevésbé attraktív lehetőségek törlése

Keresési ellenállás $>$ minimális keresési ellenállás * tényező + konstans
(csak a Branch and Boundnál)

Eljutási idő $>$ minimális eljutási idő * tényező + konstans (kivéve, ha az utazási lehetőség optimális az átszállások számát tekintve)

Átszállások száma $>$ minimális átszállási szám + konstans (kivéve, ha az utazási lehetőség optimális az utazási időt tekintve)

Utazások útvonalak közötti szétosztása

Az érzékelt eljutási idő, valamint a korábbi és későbbi érkezéshez tartozó elérhetőségi mutató alapján számított ellenállás érték alapján (ΔT)

Tömegközlekedés

Menetrend alapú ráterhelés tartalmaz egy időbeli elérhetőségi mutatót az ellenállás definíciójában:

Utások érkezési eloszlása – elvárt indítási időpont.

$\Delta T = \text{elvárt} - \text{tényleges}$

Az időbeli elérhetőséget befolyásolja az utasok toleranciája – utazások attraktivitását határozza meg.

A menetrend alapú ráterhelés alapbeállításként nem kezeli a kapacitáskorlátot, de figyelembe lehet venni:

Járműkapacitásra

Járművön belüli kényelmetlenségre (pl. nem tud leülni az utas)

Járművön kívüli kényelmetlenség (pl. zsúfolt átszállási hely)