

## KÖZLEKEDÉSI HÁLÓZATOK TERVEZÉSE

A közlekedés – személyek és anyagok helyváltoztatása, az utazások, a szállítások – mennyisége, távolsága, gyorsasága az emberiség fejlődésével együtt nemcsak összességében, hanem fajlagosan is állandóan növekszik. A növekedés a közlekedés valamennyi ágazatában az útvonalak szaporítását, bővítését igényli. Az új útvonalak a már meglévőkhöz csatlakozva új kapcsolatokat, elágazásokat, csomópontokat hoznak létre, így alakultak ki, és növekszenek tovább a közlekedési hálózatok.

A hálózatok formai kialakulása minden közlekedési ágazatban aránylag hamar bekövetkezik, de az ezeken áramló forgalom hálózati jellege csak a fejlődés egy bizonyos szintjén jelentkezik. Ezt a szintet a közlekedés akkor éri el, amikor a helyváltoztatások végrehajtására nem csak egy útvonal jöhet szóba, hanem a térben és időben változó viszonyok esetenként más-más útvonalakat helyeznek előtérbe.

Amikor az egyes útvonalakon a forgalom növekedése egyre inkább akadályozza önmagát, és az úticélok az eredetnél nem sokkal rosszabb útvonalakon is elérhetők, akkor a közlekedéstervező már nem rekedhet meg egy-egy útvonal forgalmának elemzésénél, hanem az utazásokat eredetük és céljuk szerint kell számon tartania, az útvonalakat a hálózat alkotóelemeiként kell kezelnie.

Ez a felismerés vezetett arra, hogy a nagyobb sűrűségű városi közlekedés fejlesztésének területén világosra keresni kezdték a hálózattervezés lehetőségeit, módszereit. Az első kísérleteket a városi közúti hálózat tervezésénél végezték. Néhány kezdeti próbálkozás után nyilvánvalóvá vált, hogy az új módszer követelményeit hagyományos mérnöki eszközökkel kielégíteni nem lehet.

Korábban elegendő volt a jellemző keresztmetszetekben áramló forgalmat megszámlálni, időben ingadozását nyilvántartani, majd várható növekedését előrebecsülni. Ennél lényegesen nagyobb adatmennyiség kezelését jelenti az összes helyváltoztatás eredet és cél szerinti nyilvántartása, és változásainak tervezése. (A városokban lakosonként 1–3 személyi mozgás jön létre naponta.) A reprezentatív adatfelvételi módszerek bevezetése csökkentette a nyilvántartandó utazások számát, de mivel az előrebecsülési módszerek a forgalomkeltő tényezők nagy részének ismeretét igénylik, így az adatfelvétel mennyisége továbbra is igen jelentős maradt. Egy-egy utazáshoz nem ritkán 15–20 jellemzőt kell hozzárendelni.

Az új tervezési módszer a közlekedéstervezőtől már nem csak azt követeli meg, hogy szoros kapcsolatot tartson a városrendezéssel, hanem statisztikai és szocio-

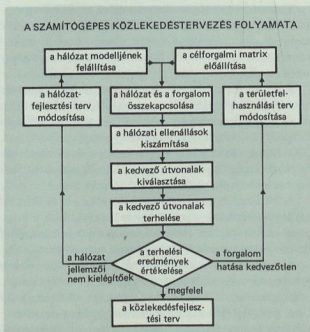
lógiai ismereteket is – majd ezekkel együtt belép a közlekedéstervezés eszköztárába a számítógép.

A számítógép legnagyobb jelentősége a közlekedéstervezés számára nem abban van, hogy lehetővé tette a sokmillió forgalmi adatmennyiség kezelését, hanem abban, hogy alapvetően új módszer, a forgalmi modellezés feltételeit teremtette meg.

A modellezés olyan eszköz, amellyel a mérnök az általa tervezett közlekedési hálózatot minősítheti, illetve az egyes változatokat összemérheti. A módszer lényege, hogy a hálózat szerkezetét tükröző, valamint alkotó elemei – az utak és csomópontok – forgalmi jellemzőit matematikai eszközökkel leíró modellhez valamilyen módon hozzárendeljük a helyváltoztatásokat tartalmazó célforgalmi mátrixot. Ezután a program az előírt feltételrendszernek megfelelően kiválasztott útvonalakon végigvezetve az eredet–célforgalmat, előállítja a forgalomáramlási modellt, azaz a hálózat vizsgálni kívánt terhelési állapotát. (A tervezés menetét az 1. ábra szemlélteti.)

A magyarországi nagyvárosok közlekedésfejlesztési terveinek készítésénél aránylag hamar, már az 1960-as években alkalmaztunk számítógépes modellezési eljárásokat. Legelőször a közúti hálózat modellezésére került sor. A maga idejében magas színvonalúnak tekinthető hazai kidolgozású program nagy segítséget nyújtott a merőben új tervezési módszer megtanulásához.

1. ábra



A modell felépítése során az útszakaszok hosszát és a rajtuk elérhető átlagsebességet kellett a tervezőnek megadni. A célforgalmi mátrix minden sorát és oszlopát valamelyik csomóponthoz kellett rendelni. Ezekből a forrás–nyelőpontokból indult, illetve ezekbe érkezett egy-egy területi egység – körzet – forgalma.

A program megkereste minden ilyen pontból az összes többihez vezető legkisebb és az ezt követő időszükségletű útvonalat, majd a célforgalmi mátrix megfelelő elemeiben talált mennyiséget – e két útvonal időszükségletével fordított arányban – megosztva végigvezette a kiválasztott útvonalon, közben az érintett útszakaszon haladási irány szerint összegezte a terhelési értékeket. (Ezt a programot használtuk a nigériai Calabar város fejlesztési tervénél a távlati úthálózat méretezéséhez.)

A program néhány megoldásában nem túlrözi megfelelően a közúti forgalom viszonyait:

- a városi közúti forgalom a valóságban nem a hálózat csomópontjain keletkezik;
- a közúthálózat elemeinek átbocsátóképessége határ szab terhelhetőségüknek;
- az utazási idő nemcsak az egyes útszakaszok megtételéhez szükséges idők összege, a városi forgalom esetén nagy része a csomópontokon való áthaladásból adódik;
- az időszükséglet mind az útszakaszon, mind a csomópontban a viszonylagos telítettségétől is függ, ezért nem állandó. (Ha az úttervező az útszakaszokat az átlagsebességgel jellemzi, a „legrövidebb” utat mintegy előre kijelöli.)

Nyilvánvaló, hogy a különböző jellegű közlekedési hálózatoknál célszerű különböző szerkezetű modelleket alkalmazni. Úgy döntöttünk, hogy ezután a városi közlekedésnél a közúti forgalmat az ICL cég által rendelkezésre bocsátott kapacitáskorlátozó módszerrel modellezzük, a tömegközlekedésre viszont saját modellt készítettünk.

Az ICL program jellemzői:

- a forgalom a hálózat szakaszainak középpontjához kapcsolódik;
- nemcsak a hálózat szakaszain való végighaladás, hanem a csomópontokon való áthaladás időszükségletei is szerepelnek az idő kiszámításában;
- a szakaszok és a csomópontok „leküzdéséhez” szükséges időtartam nem állandó, az a mindenkorai viszonylagos terheltség függvénye.

A kapacitás-telítődés forgalomkorlátozó hatását ismételtes eljárással juttathatjuk érvényre. Ennek menete:

1. A hálózati elemeken, szakaszokon, csomópontokon való áthaladáshoz szükséges, a kapacitás és terhelés viszonyától függő időtartamok kiszámítása.
2. Minden szakasz középpontjából a többibe vezető, legkisebb eljutási időt igénylő útvonalak kiválasztása.
3. Az újonnan kiválasztott útvonalakon a modell terhelésének növelése a célforgalom egy kívánt százalékaáig.

A tömegközlekedési program kidolgozásánál az a célt tűztük magunk elé, hogy a különféle viszonylat-



Az M3 autópálya gödöllői csomópontja

vezetési megoldások összehasonlítása lehetséges legyen, úgy, hogy nem csak a terheléseket, hanem az átszállások számát, időszükségletét is figyelembe vesszük.

A kitűzött célnak megfelelően a hálózat viszonylatokból épül fel. Átszállás valamennyi közös megállóhelyen, és ezeken kívül a tervező által előre kijelölt megállóhelyek között jöhet létre. Az átlagos várakozási idő viszonylatonként változó értékeit és a megállóhelyek közötti utazási időket is rögzíteni kell. Minden utazás a legkisebb időszükségletű útvonalat terheli. Az időszükségletben szerepel az utazási időn felül az átlagos várakozási idő és az esetleges átszállási idő is.

A távlati célforgalom előállításának egy szokásos módja, hogy az egyes körzetek várható kibocsátását és forgalmi vonzását számítjuk ki. Ehhez a kiinduló adatokat a forgalomfelvétel szolgáltatja. A kibocsátások és vonzások ismeretében kiegyenlítő eljárásokkal kapjuk meg a teljes célforgalmi mátrixot. Az adatfeldolgozáshoz és a hálózatmodellező programhoz egyaránt illeszkedő adatkezelő programunk tartalmaz ilyen eljárásokat. Alkalmos továbbá arra is, hogy beépítsük az analitikus forgalom-előrebecslési eljárást.

Az ICL kapacitáskorlátozó úthálózati modellel éveken keresztül dolgoztunk. Általában kielégítő eredményeket tudtunk elérni. Nemcsak az öt vidéki nagyvárosnál alkalmaztuk, hanem a METROBER megbízása keretében a BME Útépítési tanszéke adataival a főváros úthálózati modelljeit is futtattuk.

Miközben egyre otthonosabban moztunk a forgalmi hálózatok modellezésében, egyre több kérdés merült fel, amelyek megválaszolására a gyári program nem volt felkészítve. Ezért – továbbá – saját városi közúti hálózatmodellező program kidolgozásához kezdtünk.

A ráterhelési modell programrendszerében két buktatót is találunk: az egyik a nagyszámítógépi memóriaigény, a másik az útvonalkereső eljárások rendkívül hosszú futásideje.

a számítógép párbeszédéként folyik. Az egyes folyamatok olyan lépcsőkben futtathatók, amelyek a felhasználó számára szinte korlátlan alkalmat adnak rész-eredmények értékelésére és ezek alapján a szükségesnek ítélt beavatkozások végrehajtására.

A saját hálózatterhelési program kifejlesztésének legnagyobb eredménye mérnöki szempontból az, hogy az adatok nem maradtak eredeti számhalmaz formájukban, hanem azokból a CALCOMP típusú rajzgéppel igen szemléletes ábrákat lehet készíttetni (2. ábra). A rajzolóprogram révén nemcsak a modellezés számos különböző lehetőségét lehet ábrázolni, hanem a tervező esetenként változó kívánságait is érvényesíteni lehet. Ez azért fontos, mert a közlekedési hálózatok tervezése az olyan mérnöki feladatok közé tartozik, ahol nem valamilyen előírt úton haladva épül fel a terv, hanem a jó mérnöki érzéssel előállított feltételrendszereket kell szakaszonként mérlegelni, és az eredmények alapján válik az elképzelés tervvé.

A rajzolóprogramot állandóan továbbfejlesztjük, részben azért, hogy az eredmények dokumentálását megkönnyítsük, de főként azért, hogy a tervező a hálózat-tervezés közben egyre jobb tájékoztatást adó rajzot készíthessen. A rajzprogram a hálózati rajzot a következő rajzi elemekkel építheti fel:

1. úttengelyek,
2. csomópontok, kódszámmal,
3. útszakasz irányítása, kódszámmal,
4. számadatok a félészakok mindkét irányában,
5. a számadatokkal arányos szélességű párhuzamos sávok,
6. a sávok vonalkázása (változtatható a sűrűséggel és iránnyal).

Az úttengelyt mindig kirajzolja a gép, a többi elemet a tervező kívánságára és az általa előírt léptékkel — esetenként több színben — lehet rajzoltatni. A számadatok és az azokat érzékeltető sávok műszaki tartalma is igen változatos:

- a) a forgalmi terhelések;
- b) az útkapacitások;
- c) a kapacitások viszonylagos teltsége;
- d) a szabad kapacitások egy-egy terhelési állapotban;
- e) az átlagsebességek;
- f) az áthaladási idők;
- g) az útszakaszok típusódja és a hossza;
- h) a járműosztályozók zöldóra-kapacitása és a csomóponti irányok forgalmi szabályozásának kódszámai.

A hálózat bármely részét kiemelhetjük a rajzból és azt kinagyítva is kirajzoltathatjuk, ugyanakkor a vizsgált jellemzőket ábrázoló sávok léptékét az eredeti értéken



2. ábra. A budapesti közlekedési hálózat terhelési diagramja

tartva a sűrűbb hálózati területek (pl. belvárosok) is szemléletessé tehető.

A modellezéssel szerzett sokéves tapasztalat alapján arra a meggyőződésre jutottunk, hogy a jövőben célszerű volna a közúti hálózati modellezés eddigi esetenkénti alkalmazása helyett annak folyamatos művelésére rátérni. Ezt azért tartjuk indokoltnak, mert a költséges és időigényes munka egy részét minden esetben újra el kell végezni, ha az adatok rendszeres karbantartása elmarad.

További előnyt jelent, hogy a jelentősebb közlekedési hálózatok kész modelljei lehetővé teszik az olyan forgalmi kérdések elemzését is, mint az ideiglenes terelések megoldása, azok hatása a hálózat többi részének forgalmára, építések helyes ütemezése stb. Az adatok rendszeres felújításával mind a célforgalom, mind a hálózati modell megbízhatósági színvonalát lényegesen növelni lehet.

Várhatóan elsőként a budapesti forgalomáramlási viszonyok folyamatos modellezésének feltételei jönnek létre.

Az UVATERV e területen végzett munkájának 14 évi eredményei lehetővé teszik, hogy a KTI-vel közösen elvégzendő országos közúthálózat-fejlesztési munkában is hasznosítható legyen a számítógépes modellezés.