

## MATEMATIKAI MÓDSZEREK ALKALMAZÁSÁNAK LEHETŐSÉGEI A TELEPÜLÉSTUDOMÁNYBAN

### I.

A tudományterületek fejlődésének általános sajátossága, hogy a *jelenségek megfigyelésének és értékelésének eredeti — kvalitatív — jellege egyre inkább kvantitatívvá válik*. A minőségi megkülönböztetések a megfelelő mennyiségek határértékeivel sokkal egyértelműbben és sokkal pontosabban jellemezhetők. A hullámhosszakban kifejezett színek a színvakok számára is félreérthetetlenek. A „van” és a „nincs” fogalma is már egyre több ágazatban a vizsgált elemek számának a függvénye. A vörös véresejtek, vagy a kórokozók bizonyos mennyisége egészséget, illetve betegséget jelent. A jelenségek törvényszerű bekövetkezése nem a jelenség előzményeinek okozata, hanem a megfigyelt előzmények és jelenségek kapcsolatának kvantitatíve magasfokú statisztikai valószínűsége. A fizikában már eljutottunk odáig, hogy a dolgok csak mennyiségi vonatkozásban térnek el egymástól, és a minőség csak a mennyiségi eltérések szubjektív érzékelése. Az agyunk — ez a legtökéletesebb számítóberendezés, amely csak az időegység alatt elvégezhető műveletek száma tekintetében marad le elektronikus versenytársai mögött — mennyiségi szempontból eltérő impulzusok tömegét „kódolja”, összeadja, átlagolja, egybeveti a memoria-egységben elraktározott jelek, ill. számítási eredmények tömegével, és így hoz létre olyan szintetikus, minőségi információkat, mint pl. „jó” vagy „rossz”. Az ilyen megállapítások — egzakt tudományos értékű következtetések céljára is alkalmas — értelmezése azonban csakis megfelelően kvantifikált formában lehetséges. Ezt a kvantifikációt azonban — az összetevők nagy száma, azok bonyolult kölcsönhatásai és az összehasonlításban konkurens alternatívák tömege miatt — csak az összetevők sajátosságait és összefüggéseit szimbolizáló matematikai modellek felhasználásával, azok megoldása útján tudjuk elvégezni. Ily módon lép fel minden tudományágban — annak megfelelő fejlődési szakaszában — a matematikai módszerek alkalmazásának szükségessége.

Az előző — általánosabb jellegű — bevezetés után még szükségesnek tartom felhívni a figyelmet néhány körülményre, amelyek tisztázatlansága idézi elő azt a helyzetet, hogy ma még számos tudományágban — közöttük a településtudományban is — az alkalmazás *lehetőségéről* is beszélnünk kell, ahelyett, hogy — elismerve annak *szükségességét* — kizárólag az alkalmazás célszerű módszereivel foglalkoznánk.

Ennek során mindenekelőtt azt a kérdést kell felvetnünk, hogy tulajdonképpen mit is értünk *matematikai módszereken*? Az utóbbi időben ugyanis minden tudományág és szakma területén egyre kiterjedtebben alkalmazzák a matematikát, amely lényegében csaknem minden tudományág — így újabban már az orvostudomány, az esztétika, a zenetudomány, a nyelvtudomány,

sőt a jogtudomány — művelésének szükségszerű eszköze és így — *alkalmazott matematika* formájában — minden egyes tudományággal — annak mindenkori igényei szerint — együtt fejlődik, bővül. Vagyis maga az alkalmazott matematika olyan — minden más tudományág céljára igénybe vehető és eredményesen felhasználható — ismeretanyag, amelynek további fejlődését döntően befolyásolják azok az új gondolatok és igények, amelyek az alkalmazott matematikát felhasználó más tudományágak, illetve szakmák fejlődése során rendszeresen felmerülnek.

A matematikai módszerek alkalmazása tehát *általában* annyira korszerű, amennyire az igénybe vevő tudományágak és szakmák korszerű igényeit kielégíteni képes. Ezen az alapvető összefüggésen túlmenően azonban most már egyre inkább találkozunk olyan jelenségekkel is, hogy az egyes tudományágakban és szakmákban alkalmazott matematika eredményei — analóg jellegüknél fogva — más tudományágakba és szakmákba is — kisebb-nagyobb adaptációs eljárás eredményeképpen — átültethetők és ott is eredményesen alkalmazhatók. Ez az utóbbi jelenség különösen most vált időszerűvé azáltal, hogy egyes tudományágak — mint pl. az atomfizika, az űrkutatás, a közgazdaságtudomány stb. — kiemelkedő mértékben vették igénybe a matematikai módszerek alkalmazásának lehetőségét, és az alkalmazás technikáját is ugrás-szerű mértékben fejlesztették tovább. Ennek eredményeképpen egyre nagyobb számban jönnek létre olyan módszerek, amelyek eredményes felhasználása több tudományterületen — sőt *egyre* több tudományterületen és szakmában — is lehetségesnek mutatkozik.

Míg azonban egyes tudományágakban a felmerült feladatok megoldása a rendelkezésre álló matematikai ismeretanyagok igénybevétele és továbbfejlesztése nélkül egyáltalában nem volt lehetséges — ilyen pl. az atomenergia gyakorlati (háborús és békés) felhasználási lehetőségeinek biztosítása vagy a mesterséges bolygók és űrhajók pályájának „megtervezése” stb. — addig számos más tudományágban — közöttük a településtudományban is — a problémákat általában és látszólag kielégítően sikerült — ilyen magas színvonalú, alkalmazott matematikai módszerek nélkül is — megoldani. Ezért az ilyen tudományágak művelői részéről rendszeresen felmerül — legalábbis kezdetben — az a kérdés, hogy indokolt-e e tudományágak egyes művelőinek — másrészt az alkalmazott matematikai tudományok művelőinek és gyakorlati felhasználóinak — az a törekvése, hogy a más tudományágak célkitűzéseinek elérése céljából kidolgozott ilyen — meglehetősen nagy felkészültséget, munkaráfordítást és költséget igénylő — módszereket átvegyék és alkalmazzák.

Nyilvánvaló, hogy minden konkrét településre vagy területre eddig is el lehetett készíteni az ezek távlati állapotát meghatározó, a fejlesztés feladatait eszerint szabályozó városrendezési, ill. regionális terveket. E terveket számos alternatívában ki lehetett és lehet dolgozni, és közülük általában *szubjektív* mérlegelés és — matematikai módszereket még nem igénylő — számítások segítségével is meg lehet állapítani — az *ilyen* mérlegelés alapján — kedvezőbbnek minősülő változatot.

E körülmények között nem könnyű rokonszenvesse tenni a településtudomány jólképzett, nagy tapasztalatokkal rendelkező, de matematikával általában nem foglalkozó művelői előtt ennek a — bizonyos mértékben idegen-szerű, a gyakorlati jelenségektől elvont és csak megfelelő előtanulmányok útján megismerhető — tudományágnak a bevonását a maguk munkájába.

Mindezek ellenére a településtudomány művelőinek egyrészt szinte észrevétlenül egyre több olyan ismeretanyagot kellett és kell munkájukhoz felhasználniuk, amelyek előállítására csak matematikai módszerekkel lehetséges (ilyen pl. a népesség távlati lélekszámának és megoszlásának, vagy a forgalom távlati alakulásának előrebecslése), másrészt saját munkájukkal kapcsolatban is egyre gyakrabban merülnek fel olyan kérdések, amelyekre csak szubjektív válaszokat tudnak adni, és ezek vitatott helyességét nem képesek megvédeni objektív megállapítások (számszerű értékítéletek) útján. Így előbb-utóbb a településtudomány számos képviselője magától is rájön arra, hogy megállapításainak megalapozásához a továbbiakban már nem nélkülözheti a matematika segítségét. (Ilyenek pl. az egyes létesítmények legkedvezőbb telepítési helyével, egyes települések fejlesztésének kívánatos mértékével, vonzaskörzetük nagyságának meghatározásával stb. kapcsolatos megállapítások.) Az ilyen kérdések egyre gyakoribbakká, és az ezekre adott válaszok egyre vitatottabbakká válnak, így tehát az ilyen kérdések vitathatatlan megválaszolásához már előbb-utóbb elkerülhetlenné válik az alkalmazott matematikai módszerek „hivatalos” igénybevétele.

Ilyennek látom a helyzetet a településtudomány oldaláról.

Az alkalmazott matematika oldaláról nézve viszont egyértelműen megállapíthatjuk, hogy ez a tudományág — bár számos más tudományág és szakma területén is nélkülözhetetlen segítséget nyújt — önmagában sem elméleti, sem konkrét gyakorlati problémákat nem képes — és nem is lehet képes — megoldani.

*A matematika absztrakt tudomány, amelynek szimbolikája alkalmas arra, hogy logikailag értelmezett gyakorlati összefüggéseket és törvényszerűségeket le tudjon írni* — feltéve, hogy az összefüggésre jellemző, vagy azok törvényszerűségét befolyásoló tényezők olyan sajátosságokkal jellemezhetők, amelyeket a matematika nyelvén is meg tudunk fogalmazni. Elnézést kérve a triviális hasonlatért: a matematika szerint  $1 \times 2 = 2$ . De ha ezt az elvont formulát a legegyszerűbb gyakorlati célra alkalmazzuk is, mindjárt kiderül eljárásunk tisztázatlansága. Pl.: ha egy bizonyos alma súlya 10 dkg, akkor az alkalmazott matematika egyszerű felhasználásával két alma súlyának összesen 20 dkg-nak kellene lennie. Ez azonban csak akkor igaz, ha a második alma is pontosan 10 dkg súlyú. A gyakorlatban azonban — különösen a településtudományban — az alkalmazott számítási módszerek elemeinek heterogenitása még sokkal nagyobb mérvű, mint az almák súlyának a gyakorlatban előforduló különbsége. Még inkább találó a hasonlat, ha a matematika alkalmazásával nemcsak a két alma egyesített súlyát akarom meghatározni, hanem más közös tulajdonságait, pl. közös színhatásukat, vagy közös illatukat. Ezek mindegyike ugyan megfelelő fizikai és kémiai sajátosságaik elemzése alapján nyilvánvalóan lehetséges, de végtelenül bonyolult, és az egyszerű szorzásnál sokszorosan nagyobb matematikai felkészültséget igényel. De még sokszorosan bonyolultabb feladatokkal találkozunk a településtudományban, ahol pl. a meghatározott törvényszerűségek szerint szaporodó mezőgazdasági népesség bevándorol a városba és elkeveredik — az ugyancsak sajátos természetes szaporulat-tal jellemezhető — városi lakossággal, és a városrendezőnek a kétfajta népesség közös szaporulatát kell előre figyelembe vennie.

Az elmondottak alapján most már konkrétan felvethetjük azt a kérdést, hogy mit kell értenünk a *településtudomány korszerű problémáinak megoldásához szükséges matematikai módszereken*. A megfelelő válasz érdekében

tulajdonképpen valamilyen módon el kell határolnunk a korszerűséget képviselő matematikát mindazon számszerű feladatoktól, amelyeket a településtudomány és a településtervezés területén dolgozó szakemberek eddig is szükségyszerűen és rendszeresen alkalmaztak a maguk munkájához. Nyilvánvaló, hogy az a mérnöki, közgazdaságtudományi, vagy egyéb — a felsőfokú oktatásban megszerzett — alapvető ismeretanyag, amelynek birtokában valaki településtervezővé, ill. a településtudomány művelőjévé válhat, bőségesen tartalmaz matematikai ismereteket, amelyek nagyrészt e szakemberek munkájuk során hasznosítják is.

Azt is megállapíthatjuk, hogy ezeknek a „hagyományos” matematikai módszereknek a köre már a felsőfokú oktatáson belül is egyre gyarapodik, minthogy minden műszaki és tudományos tevékenység szükségyszerűen egyre nagyobb mértékben igényli a matematikai módszerek alkalmazását. A magam korosztályához tartozók nyilvánvalóan észrevették, hogy az ugyanolyan képzettséget elérni kívánó gyermekeiknek ma már lényegesen több közvetlen és közvetett (a fizikában, a statikában, a talajmechanikában és más tantárgyakban ismertetett) matematikai ismeretet kell megszerezniük. Ennek a jelenségnek ismeretében jogosan tételezhetjük fel, hogy ha időközben nem fejlődtek volna ki a településtudománnyal párhuzamosan olyan magas matematikai igényű tudományágak, mint amelyeket említettem, úgy a fokozatosan fejlődő településtudomány szakemberei előbb-utóbb maguktól is felléptek volna azzal — a pillanatnyilag ugrásszerűnek látszó — igénnyel, amelynek kielégítése most nagyrészt az e téren gyorsabban fejlődő tudományágak természetes produktumainak felhasználásával válik lehetségessé — de semmiesetre sem időelőttivé.

Ezt igazolja az a körülmény is, hogy pl. már a múlt században is jelentek meg publikációk, amelyek az optimális telepítési hely meghatározását szolgálták — az akkori matematikai színvonalnak megfelelő módszerekkel (Thünen, Launhardt stb.). Ezek a módszerek azóta a legutóbbi időkig azért nem tudtak a korszerű követelmények kielégítésének megfelelő színvonalra emelkedni, mert a megfelelő matematikai számító apparátus hiánya miatt csak igen egyszerű — a valóság jellemzéséhez szükséges adatbőséghez képest annak csak töredékét leíró — matematikai modellek felállítása és számszerű értékelése volt lehetséges. Az absztrakció egymagában nem adott — és nem is adhatott — a gyakorlati felhasználásra alkalmas eredményeket.

Így tehát a korszerű településtudományi feladatok elvégzése során alkalmazni kívánt új matematikai módszereket egyelőre nem tudnám másként definiálni, mint azzal a meghatározással, hogy lényegükben a településtudományban szokásos és egyre fejlődő matematikai módszerekhez képest olyan — a tervezés eredményessége szempontjából minőségi ugrást elősegítő — módszerek alkalmazásáról van szó, amelyek más tudományágak területén már lehetővé tették az ott *ilyen* módszerek alkalmazása nélkül megoldhatatlan — és a településtudományban is fennálló, de ott szubjektívebb eszközökkel átmenetileg, de nem kielégítően megoldott — problémák célravezető megoldását.

Nyilvánvaló azonban, hogy mint minden más tudományágban és szakmában, úgy a településtudományban is, a *matematika* — módszereinek és eszközeinek bármilyen mértékű fejlődése esetében is — *csak eszköz marad* olyan összefüggések és törvényszerűségek leírásához, valamint hatásuk elemzéséhez, amelyek elemeit a településtudomány művelői és a településtudomány köré-

ben közreműködő egyéb szakemberek: szociológusok, demográfusok, higiénikusok stb. tudják csak megfelelően felismerni, a matematikus számára is appercipiálható módon megfogalmazni, és — a számszerű eredmények kézhezvétele után — azokat a konkrét tervek vagy tervezési normák kidolgozásában hasznosítani.

## II.

A mondottak után most már nézzük meg konkrétan *a településtudományban alkalmazható matematikai módszerek* felhasználási lehetőségeit, vagyis azt, hogy ezek a módszerek *milyen kérdések objektív megválaszolását tudják elősegíteni* a városrendezésben és a regionális tervezésben.

Itt meg kell mondanom, hogy nem volt — és nem is lehetett célom — a településtudomány területén alkalmazható — és nagyrészből már ma is alkalmazott, vagy legalábbis metodikailag adaptált — módszerek és az általuk megoldható konkrét részfeladatok taxatív ismertetése. Egy ilyen ismertetés csak sokkal nagyobb terjedelemben és matematikai szaknyelven is megformulázott alakban volna lehetséges, ami megnehezítené az e helyen kívánt tömör áttekintés biztosítását. Így tehát csak a felhasználás fő irányvonalainak verbális jellemzésére szorítkozom.

Az alkalmazott matematika leglényegesebb — és az alkalmazás szükségességét legélesebben felvető — lehetősége *a településtudomány módszereivel kidolgozott megoldások optimalizálása*.

Ezzel a feladattal kapcsolatban olyan filozófiai előzményt kell felvetnem, amely nemcsak a településtudományban, hanem minden — a gyakorlati életet közvetlenül szolgáló — tudományágban is új perspektívaként jelentkezik. Lényegében arról van szó, hogy a „jó” és a „rossz” fogalmának bizonyos ártértékelődése következett be — és folyik még ma is számos olyan területen, ahol ezt az értékítéletet ez ideig a gazdasági következményeitől elvonatkoztatott kritériumok alapján ítélték meg. Ahogyan pl. az alkalmazott szilárdságtanban — hagyományos szemléletünk szerint — a „jó” fogalmát az jelentette, hogy a megtervezett monolit vasbeton szerkezet nem szakad le és több vagy kevesebb vas kell bele — de a statika szemponjából legkedvezőbbnek minősített szerkezet még korántsem jelentette az adott körülmények között gazdasági szempontból legkedvezőbbet (mert pl. nem kellett — sőt, bonyolultsága miatt nem is lehetett — vizsgálni az előregyártott szerkezettel, az acélszerkezetek különböző fajtáival és más — az adott időben figyelembe vehető — megoldással való helyettesítés lehetőségének gazdaságosságát a nemzeti jövedelem és a külkereskedelmi mérleg alakulása szempontjából). Ugyanez a helyzet a településtudományban is, ahol a terveket ez idő szerint általában még csak — nagy tapasztalatok árán, de lényegében szubjektíve kialakított — normák és irányelvek tükrében vizsgáljuk meg és ennek alapján csak ilyen megállapításokat tudunk tenni, mint pl.: „az utca *nem elég széles*”, vagy „a két település *túlságosan közel van egymáshoz*”, anélkül azonban, hogy objektív mértékünk vagy számítási lehetőségünk volna arra nézve, hogy az adott körülmények között melyik utcaszélesség, vagy milyen településtávolság volna gazdasági — esetleg más — szempontból a legkedvezőbb.

Az a körülmény, hogy minden műszaki megoldás — nemcsak a létesítmények minősége, hanem azok elhelyezésének és egymáshoz viszonyított elrendezésének megoldása is — minden változatában más-más gazdasági követke-

ménnyel jár (kisebb vagy nagyobb beruházási, szállítási, üzemeltetési, fenntartási stb. költséget okoz), annyit jelent, hogy *mindenfajta városrendezési vagy regionális tervnek minden változata egy vele szervesen összefüggő gazdasági vetülettel is rendelkezik*. Minden létesítmény elrendezésének — az utcák szélességének éppúgy, mint a települések távolságának — jelentős befolyása van mind a beruházási, mind az üzemeltetési ráfordítások alakulására és ezen — végtelen sok elemből álló — műszaki halmaznak minden egyes eleme általában más elemek egész sorával van kényszerkapcsolatban. Hogyha az egyiknek a helyét vagy méretét megváltoztatjuk, akkor vele együtt a többinek a helye vagy mérete is szükségszerűen megváltozik — és ezzel egyidejűleg a gazdasági következmények egész sora is.

Ilyen kérdésekben — még ha a legfejlettebb szakismerettel és tapasztalatokkal rendelkezünk is — vélt evidencia alapján, „ránézésre” döntenünk a változatok között, vagy „kapásból” kimondani azt, hogy valamely rendezési problémát így vagy úgy *kell* megoldani — gazdasági felelőtlenség!

A „jó” és a „rossz” hagyományos értelmezésének időszakában még nem tudtuk kellőképpen érzékelni, hogy a rendezési tervek ilyen vagy olyan konkrét megoldása milyen hatalmas gazdasági következményeket von maga után. Ennek érzékeltetése céljából csak arra kívánom felhívni a figyelmet, hogy a nemzeti jövedelemnek általában 1/3 részét kitevő beruházási keret — a felújításoktól és a gépi korszerűsítésektől eltekintve — lényegében városépítési költség, mert minden — a felhasználásával létrejött — létesítmény közvetve vagy közvetlenül települések, ill. a településhálózat fejlesztését szolgálja. Ezen az összes beruházási kereten belül világosan megkülönböztethetjük egymástól a megvalósuló létesítményeknek mindazon ráfordításait, amelyek

a) *nem függnek a létesítmények térbeli helyétől, illetve azoknak egymáshoz viszonyított helyzetétől* (ilyenek a gépi és egyéb berendezések, valamint az épületeknek az alapozási és a városépítési szempontoktól független szerkezetei), és azokat, amelyek

b)  *nagysága a létesítmények térbeli helyétől, ill. azoknak egymáshoz viszonyított elhelyezésétől függ* (ilyenek mindenekelőtt a közlekedési, vízgazdálkodási, energetikai, hírszolgálati hálózatok pályái, az alapozási és a városépítészeti összefüggésekből eredő költségek).

Ez utóbbiak az összes beruházási költségnek általában 20—25 százalékát teszik ki és ingadozásuk — az elrendezési terv minőségétől függően — 10—12%-ot is elérhet az átlagos minőségű tervhez képest.

A beruházások többletköltségeivel arányosan változnak az elkészült létesítmények használatának, üzemeltetésének költségei is, tekintettel arra, hogy a hálózati jellegű létesítmények használata (a teljesített tokm-ek és utaskm-ek, a továbbított vízmennyiség szivattyúzási költsége, az elektromos energia feszültségese stb.) általában a hálózati hosszakkal közel arányos költségeket von maga után.

Bár — éppen a megfelelő szemlélet kialakulásának hiányában — ez ideig még nem történt meg annak a felmérése, hogy a szubjektív módszerekkel kialakított rendezési tervekhez képest konkrétan milyen gazdasági megtakarítások volnának elérhetőek a matematikai módszerekkel optimalizált tervek bevezetése után, az előző számok alapján nagyságrendileg mégis érzékelhető, hogy teljes nemzeti jövedelmünk jelentős hányadának megtakarítási lehetőségéről van szó — legalább akkora hányadáról, amelyből évenként egy-egy korszerű kisváros felépítése volna lehetséges. Ilyen nagyságrendű megtakarí-

tási lehetőségek elmulasztása nyilvánvalóan helytelen szemléletet tükröz, és természetesen gazdálkodó közösségekben tartósan nem engedhető meg.

Ezek után még röviden rá szeretnék mutatni az optimalizálás lehetőségének bizonyos korlátaira.

Ahhoz, hogy valamilyen tervmegoldást matematikai szempontból „abszolút” optimálisnak tekinthessünk, olyan megoldást kellene létrehozunk, amelyben minden előrelátható és előre nem látható tényező a ténylegesen bekövetkező formájában fog realizálódni és hatni. Ez természetesen — a településtudományban érvényesülő, nem törvényszerű, vagy a jelenlegi tudásunkkal előre meg nem ítéhető — jelenségek miatt nem érhető el. Ezenkívül ösztönösen meg kell mondanom azt is, hogy az optimumot meghatározó tényezők egész sora olyan tömegű adatfelvételt és értékelést igényel, amelyhez a megfelelő eszközök ill. kapacitás nem áll rendelkezésre és amelyek feldolgozása a legtökéletesebben gépesített számítási módszerek alkalmazásával sem volna reálisan elérhető. (Pl. feldolgozásuk túlságosan hosszú időtartamot, vagy túlságosan nagy költséget venne igénybe.) Így tehát számításainkat értelemszerűen olyan — domináns jellegű — adatok beszerzésére és feldolgozására kell alapoznunk, amelyek felhasználása gyakorlatilag még reálisnak tekinthető, de amelyekből kiadódó számszerű értékek a gyakorlati használat szempontjából még nem túlságosan nagy eltéréssel közelítik meg az optimumot.

Az adatgyűjtési módszerek és a számítástechnika fejlődésével azonban egyre több, és a számítás céljára egyre alkalmasabb adatmennyiség gyűjthető be és dolgozható fel, így tehát ezek a korlátok — ha nem is küszöbölhetők ki — a gyakorlatilag még elérhető minimumra redukálhatók.

Egyidejűleg azt is meg kell mondanom, hogy a *számított optimum* — a gyakorlati megvalósítás számos nehézsége és torzító hatású akadálya miatt, amelyeket itt most nem látok szükségesnek részletezni — a valóságban sohasem érhető el, *ismerete azonban mégis szükséges, annak érdekében, hogy a megvalósítás feltételeinek kialakítását az optimum elérésének megközelítése irányában alakítsuk vagy fejlesszük.* Ahhoz, hogy az optimumtól nem túlságosan távol eső — vagyis *racionálisnak* nevezhető — megoldást érthessünk el, legalább tájékozódás céljából meg kell ismernünk a matematikai optimumot és létrejöttének feltételeit. Még arra is rá kell mutatnom, hogy az optimum megkeresése a matematikai módszerekkel nem jelenti a figyelembe vehető valamennyi változat kidolgozását — ez nem is lehetséges, hiszen pl. egy-egy városrendezési terv esetében sokezer reálisnak tekinthető változat egyidejű vizsgálatáról kell gondoskodni — hanem általában elégséges egy-egy jellemző alapváltozat kidolgozása és abból kiindulva, az azoktól való eltérések hatásának logikai elemzése és a logikai elemzés útján megállapított törvényszerű összefüggések matematikai megformulázása. Így tehát a változatok zömét maga a számítóberendezés „dolgozza ki” (persze csak számszerű összefüggések formájában) és ezek között keresi meg az optimális megoldás módját és jellemzőit. Ezekben az esetekben természetesen a számszerűen kifejezett optimum jellemzőit még „vissza kell fordítani” a településtudomány nyelvére és annak hagyományos eszközeivel kell megszerkeszteni az optimum feltételeihez alkalmazkodó „racionális” tervet.

A matematikai módszerek alkalmazásának másik nagy területe: *a tervezés szempontjából irányadó távlati jelenségek bekövetkezésének előirányozása.* Mint ismeretes, a településtervezés eredménye — a területnek, ill. a telepü-

lésnek a tervekben meghatározott távlati állapota — a tényezők három jellegzetes csoportjának érvényesülése útján jön létre. Ez a három csoport:

1. A megtervezett létesítmények, ill. területfelhasználási módok megvalósítása (vagyis, a megtervezett gyárak, lakótelepek, utak, stb. létrejönnek és a meghatározott helyükön léteznek, üzemelnek, használják őket).

2. A megtervezett és megvalósult létesítmények hatása a maguk környezetére. (A lakosság egy része az odatelepeített gyárba megy dolgozni, egy részük a felépült lakótelepbe költözik, annak közintézményeit használja, — más részük oda ingázik. Megváltozik gazdasági helyzetük, megnövekednek szociális, kulturális és ellátási igényeik stb.)

3. A tervezés eredményeitől közvetlenül nem függően (de bizonyos áttételekkel annak hatása által befolyásolva) végbemenő (általában objektívnek, ill. spontánnak tekintett) jelenségek (természetes szaporulat, a népesség demográfiai megoszlása, a műszaki fejlődés, a hidrológiai viszonyok változása stb.)

Az első csoportba tartozó tényezők eredményei akarattunktól függenek. Tervszerű megvalósulást feltételezve — előre meghatározott állapot jön létre.

A tényezők második csoportjának hatása már bonyolultabb. Az a körülmény, hogy egy odateleplő üzem hatására hányan, honnan fognak odajárni dolgozni, és hogy ezek közül kik, honnan fognak beingázni, és kik, honnan fognak a létesülő lakótelepbe betelepülni — ezt már csak feltételezni lehet. Ilyen kérdésekben ez ideig rendszerint logikusnak látszó feltevések alapján, szubjektíve foglaltunk állást. A tényleges megvalósulás azonban igen sok esetben a feltételezéstől messzemenően eltért, ami tarthatatlan lakásviszonyokra, a kommunális ellátási problémák megoldhatatlanságára, előre nem látott, hatalmas ráfordítások szükségességére vezetett. Ebben a csoportban a létesítések hatására bekövetkező vonzások törvényszerűségeinek megkutatása és a kutatási eredmények alapján alkalmazott számítások a feltételezéseket már nagymértékben objektívizálni képesek.

Hasonló a helyzet a tényezők harmadik csoportjával. Az általában objektívnek tekintett folyamatok távlati alakulásának trendjét a demográfiában, a közlekedéstudományban, és még számos más tudományos ágazatban már régóta alkalmazzák. Ezek kiszámításával irányozzák elő egyes területek, települések várható távlati lélekszámát és kormegoszlását, egyes útszakaszok várható távlati forgalmát. Mint azonban a tapasztalat igazolja, ezek a számítási módszerek — éppen a jelenségek abszolút objektivitásának feltételezése, és nagyrészt a településtudományi vonatkozású hatások mellőzése miatt — ez idő szerint nem adnak megbízható — ill. a településtervezésben kielégítő pontossággal alkalmazható eredményeket. Az egyes települések természetes szaporulatának alakulására például — a természetes szaporulat alakulására ható általános tényezők mellett, ill. azokon belül, de az alapvető trend-et módosító mértékben — hat az a körülmény, hogy a sajátos természetes szaporulati tényezővel rendelkező városi lakosság milyen sajátos természetes szaporulati tényezővel jellemezhető területről bevándorló népességgel keveredik, milyen arányban, milyen a bevándorlók nemek és kor szerinti megoszlása, milyen a város lakás- és kommunális ellátottsága, milyen jövedelmet biztosító munkahelyek állnak ott rendelkezésre stb. Hasonlóképpen, a vizsgált útszakasz távlati forgalmának meghatározására kiszámított trend alakulását meghatározó általános tényezők mellett — ill. azokon belül — kiemelt nyomatékkal hatnak a környező területre vonatkozó településtervek és azok megvalósu-



lása, egy-egy jelentősebb ipari üzem odatelepítése, vagy valamely településnek az átlagosnál nagyobb mérvű fejlődése. A tényezőknél ebben a csoportjában — a már hagyományosnak tekinthető — trendszámítások mellett — ill. azokon felül — a hagyományos trend-ek alakulását befolyásoló — településtudományi vonatkozású — hatások megkutatása és törvényszerűségeiknek a számításban való érvényesítése ezen a téren is megbízhatóbb eredmények elérésére ad lehetőséget.

E két utóbbi tényezőcsoport hatásának objektivizálása olyan sok tényező olyan sok — nagyrésztben párhuzamos, részben ellentétes — hatásának együttes értékelését teszi szükségessé, ami már ismételtén a matematikai módszerek alkalmazásának szükségességét veti fel.

A matematikai módszerek alkalmazásának ez a két fő területe: az *optimalizálás és az előrebecslés értelemszerűen összefügg egymással*, hiszen az optimális változat kialakításának feltételei olyan távlati állapotban jönnek létre, amelynek sajátosságait is csak az előzőekben vázolt módszerek alkalmazásával tudjuk előírányozni. Minthogy azonban a módszerek alkalmazása a gyakorlatban mindkét területen egymástól függetlenül is értékes részeredményeket produkál, célszerűnek láttam róluk külön-külön is megemlékezni.

Még külön kell foglalkoznom — bár mindkét előző munkaterülettel rokon — a *megvalósítási feladatok ütemezésének optimalizálásával*. Ezt a módszert ma már minden fejlettebb országban rendszeresen alkalmazzák a termelési, szervezési, igazgatási (és hadászati) feladatok lehető leggyorsabb és legkisebb felesleges ráfordítás árán való végrehajtásának biztosítására — a *célkitűzés végrehajtásában résztvevő tevékenységek* — az alapvető feladat szempontjából — *optimális sorrendjének, időtartamának és megkezdési időpontjának megállapítása* útján. Ez a feladat a településtudományban a településhálózat egyes elemeinek — a településeknek, a településközi hálózatoknak és egyes egyedi létesítményeknek — az egyes településeken belül pedig a városépítés fejlesztési szakaszainak optimális sorrendjét, az ennek megvalósításához szükséges feladatok legkedvezőbb ütemezését hivatott megállapítani. Ennek az alkalmazási területnek a kiemelését egyrészt azért tartottam szükségesnek, mert az optimalizálásban a településtudományban igen sokan kizárólag az optimális telepítés, az optimális területfelhasználási mód — általában a térbeli rendezés szempontjából optimális változat — meghatározását értik, másrészt azért, mivel a *településtudomány* — és a településtervezés — *feladatköre az utóbbi időben egyre közelebb kerül a gyakorlati megvalósítás* — a szószerint értelmezett városépítés — *problémájához*. A létesítmények térbeli elrendezése, a területfelhasználási mód megállapítása stb. ugyanis csak úgy értelmezhető helyesen, és csakis úgy adhat gazdasági, társadalmi és minden más szempontból optimális eredményt, ha a fejlesztési feladatok *térben és időben egyaránt koordinálva* vannak.

Világos, hogy minden létesítmény megvalósításának gazdaságossága függ attól, hogy a hozzá — létesítésük vagy üzemeltetésük szempontjából — kapcsolódó más létesítmények mikor valósulnak meg. Ha a létesítmények egyidőben megvalósuló halmaza területileg is összefüggő csoportba rendezhető, akkor kiszolgálásuk egyetlen út- és közműhálózati szakasz egyidejű megvalósítása útján is lehetséges. Ezzel szemben a különböző helyeken megvalósuló létesítmények egyidejűleg több kiszolgáló rendszer létesítését igénylik. A „hol” és a „mikor” kérdése tehát *összefügg és közös optimumot alkot*. Ennek meghatározása is nyilvánvalóan a településtudomány problémája, és ennek

megoldásához nem nélkülözheti az előbb említett sajátos matematikai módszereket.

### III.

A matematikai módszerek alkalmazásának legfontosabb gyakorlati feltétele — amelynek bekövetkeztével ez a matematikai színvonal más tudományágakban is kihasználhatóvá vált — az *elektronikus számítóberendezések* megszerkesztése és elterjedése. Ezzel a megállapítással kapcsolatban előre kell bocsátanom, hogy az elektronikus számítóberendezések tulajdonképpen nem a matematika tudományos eredményeit változtatták meg, ill. bővítették ki, hanem csak más módon — kézi számítással, vagy asztali számítógépekkel — is elvégezhető számításokat olyan tömegesen és olyan sebességgel képesek elvégezni, ami egyszerűbb eszközökkel — az eredmények felhasználásához szükséges időtartam alatt — nem volna lehetséges. E számítóberendezések alkalmazása lehetővé teszi azt is, hogy a számításokat igénylő feladat matematikai szimbólumokkal történt megfogalmazásától és az elvégzendő számítási feladatok fajtáinak meghatározásától, valamint a számítások keretében feldolgozandó (behelyettesítendő) adatok megszerzésétől kezdődően minden további feladatot előre meghatározott program alapján a gép végezzen el. Ez — az időbeni és személyi megtakarítások mellett — a számítási feladatok eredményeinek megbízhatóságát (az emberi figyelmetlenségből eredő hibák kiküszöbölését) is fokozza.

A számítógép alkalmazása lényegében a következő fő műveletcsoportokat jelenti:

a) A felvetett kérdés megoldásához vezető logikai összefüggések, ill. törvényszerűségek megállapítása (pl. mely költségtényezők milyen összefüggése jelent az adott kérdésben a gazdasági optimumot),

b) a törvényszerűségeknek matematikai szimbólumokban való leírása (a számítás alapjául szolgáló modell megszerkesztése),

c) a számításához szükséges adatok összegyűjtése,

d) a modell alapján szükséges számítási feladatok, ill. részfeladatok (összeadások, szorzások stb.) megállapítása,

e) a számításához szükséges adatoknak a gép „nyelvére” történő lefordítása (szaknyelven: kódolása) és az ilymódon transzformált adatok betáplálása a gép memóriaegységébe,

f) az elvégzendő számítási feladatok kódolása és beadagolásuk a gép memóriaegységébe,

g) a gép tevékenységének megindítása, aminek végeredményeképpen a számítási eredmények kódolt formában állnak rendelkezésre,

h) a gépi számítási eredmények „visszafordítása” (dekódolása).

A felsorolt műveletfajtákkal kapcsolatban világosan felismerhető, hogy azok közül csak az első — és az is csak részben — településtudományi feladat. Ha a településtudományi probléma megoldásának gazdasági optimumát keressük, akkor nyilvánvalóan településtudományi-közgazdasági törvényszerűségeket kell megfogalmaznunk, ha ugyanilyen probléma szociológiai szempontból optimális változatát, akkor pedig településtudományi-szociológiai törvényszerűségeket. És így tovább. Így tehát a számítás gépesítésével már a településtudomány határterületére jutottunk el, ahonnan kezdve a probléma megoldása alkalmazott matematikai, információelméleti, ill. kibernetikai és techni-

kai feladattá válik, míg azután az ezek által produkált eredmények érvényesítése a tervek kidolgozásában, vagy valamely tervezési norma megfelelő értékének meghatározásában — ismét településtudományi feladat.

A közbenső tevékenységet lebonyolító — egyébként önmagában komplex — számító-rendszer (ill. szervezeti egység) ugyanilyen sorrendben végrehajtott, ugyanilyen műveletcsoportok útján bármely más tudományág vagy szakma hasonló rendeltetésű számítási feladatait is végezheti. Ez a feladatkör és az azt ellátó szervezeti egység tevékenysége tehát nem hivatásszerűen a településtudomány, ill. a településtervezés kizárólagos kiszolgálása, hanem matematikai és számítástechnikai feladatok elvégzése tetszőleges igénylők számára.

#### IV.

Befejezésül még csak azt közlöm, hogy hazánkban éppen most figyelhető meg a megfelelő szerves kapcsolat létrejötte a településtudomány és a matematika képviselői között.

A regionális tervezés és a városrendezés gyakorlati feladatkörét és tudományos kutatásait hivatalból irányító É. M. Településfejlesztési Főosztály már 1960. óta rendszeresen végeztet a regionális tervezés gyakorlati követelményeinek szolgálatába állítható számítási módszerek kialakítására irányuló kutatásokat az É. M. Számítástechnikai és Ügyvitelgépesítési Vállalat kutatási osztályával (ill. annak jogelődjével: az É. M. Építésgazdasági és Szervezési Intézettel).

Ennek eredményeképpen először továbbfejlesztették az ipari üzemek optimális telepítési helyének megállapítására alkalmazható számítási módszereket, kiterjesztve az egyetlen üzem telepítési alternatíváival kapcsolatban végezhető vizsgálatok módszerét egyrészt az egymással kooperáló üzemcsoportok, másrészt az iparág egyidejűleg telepítendő valamennyi üzemének optimális elhelyezésére — figyelemmel az üzemek kommunális kapcsolódásaira is.

További fontos eredmény a különböző központi szerepkörű települések — alrégióközpontok és falukörzetközpontok — optimális vonzaskörzeteinek megállapítására irányuló módszertani kutatások és próbaszámítások sikeres elvégzése.

Hasonlóan eredménnyel járt a Nagyalföld településhálózatának optimális fejlesztési struktúráját meghatározó kutatás és próbaszámítás is.

A városépítés témakörében a Budapesti Városépítési Tervező Vállalat dolgozott ki számítási módszert a nagyvárosi új lakótelepek elhelyezési, beépítési és ütemezési változatainak optimalizálására.

Ezek a munkák egyelőre igen jelentős elméleti, de még csak nagyon szerény gyakorlati eredménnyel jártak. Megmutatták a településtudományi problémák matematikai megfogalmazásának és számszerű megoldásának lehetőségét, és gyakorlatilag is hasznosítható szempontokat adtak a konkrét feladatok lebonyolításához — a konkrét tervekben is már közvetlenül alkalmazható számszerű eredményeket azonban még nem. Éppen ezeknek a munkáknak az eredményei mutatták meg azokat a pillanatnyilag fennálló hiányosságokat, amelyek egyelőre még akadályozzák a gyakorlati alkalmazás általános bevezetését, és így megmutatják e hiányosságok megszüntetésének feltételeit is.

Első ilyen hiányosság, hogy nem állnak rendelkezésünkre mindazok az adatok, amelyek szükségesek ahhoz, hogy a műszaki, gazdasági, demográfiai, szociológiai valóságot kellő mértékben megközelítő matematikai modelleket számszerűsíteni tudjuk. Ha a modellek tartalmát annyira teljessé tesszük, hogy az legalább a valóság leírása szempontjából domináns elemeket hiánytalanul tartalmazza, kiderül, hogy a matematikai szimbólumok zömét nem tudjuk megfelelő számszerű értékekkel behelyettesíteni. A legátfogóbb statisztikai adatoktól kezdve az egyes ipari üzemek telepítés szempontjából releváns paramétereinek nagy hányadáig egyszerűen nem lehet megválaszolni a számítóapparátus részéről felvetett kérdéseket. Így tehát maga a számítástechnika bevezetésének kísérlete vezetett bennünket arra a felismerésre, hogy eddigi telepítési, területrendezési gyakorlatunkban mennyire nélkülöztük a helyes megoldáshoz szükséges ismérveket, amelyek egyébként — ha felállítjuk és elfogadtatjuk a megfelelő követelményeket — minden nehézség nélkül (természetesen némi többletmunka árán) biztosíthatók. Az É.M. Településfejlesztési Főosztályának kezdeményezésére már két éve folyik a kutatás, amely a településtudományban szükséges statisztikai adatok rendszerét hivatott megállapítani. Ennek a munkának szerves része a korszerű számítástechnika adatigényének hiánytalan kielégítését szolgáló rendszer kidolgozása is.

A második hiányosság technikai jellegű. Bár ma is még szinte csodaszámba mennek az elektronikus számítóberendezések teljesítőképességéről forgalomba kerülő egyre újabb (egyébként hiteles) adatok, mégis kiderült, hogy a településtudomány területén megoldandó számos probléma bonyolultsága és sokrétűsége — a településtudományi szempontból értékelhető komplex sajátosságokat meghatározó összetevők és a figyelembe veendő alternatívák igen nagy száma — olyan terjedelmű számítási feladatsor megoldását teszi szükségessé, amellyel az ez idő szerint e célra nálunk rendelkezésre álló számítóberendezés nem tud hiánytalanul megbirkózni. A településtudomány gyakorlati igényeit is már kielégítő számításokat csak olyan sok lépcsőben — és emiatt olyan sok idővesztéssel — lehet az egész építésügy és építőipar rendelkezésére álló egyetlen berendezésen lebonyolítani, hogy annak kapacitását elvonná az egyéb halaszthatatlan feladatok elvégzésétől. Így tehát számos probléma esetében egyelőre még csak a próbaszámítások színvonalának megfelelő részfeladatok elvégzését tudjuk biztosítani. Ha azonban arra gondolunk, hogy amikor e sorok szerzője felvetette a korszerű matematika alkalmazásának szükségességét a hazai településtudományi feladatok megoldásának elősegítésére, akkor még semmiféle számítóberendezés nem állott rendelkezésre ilyen célokra, bizalommal számíthatunk arra, hogy a szükséges adatok biztosításának időpontjában a gépi kapacitás-igényt is ki fogjuk tudni elégíteni.<sup>1</sup>

A gyakorlati alkalmazás realizálása vonatkozásában örvendetes jelenség, hogy ez évben sikerült olyan operatív kapcsolatot létrehozni a VÁTERV regionális tervezői és a SZÁMGÉP matematikusai, ill. számítástechnikusai között, amelynek során, konkrét tervezési munkák kapcsán a végső eredmény kialakításánál a tervezők — többek között — a számítási eredményekre is támaszkodni fognak. Ilyen feladat pl. a raktárhálózat és az építőipari bázisok országos telepítési tervtanulmányának kidolgozása, valamint az Országos

<sup>1</sup> Lengyelországban pl. Varsó általános rendezési tervének kidolgozása során már 4500 alternatívát optimalizáltak számítóberendezések segítségével.

Településhálózati Tervtanulmányban kialakított egyes vonzáskörzetek felülvizsgálata.

Mindez lényegében arra mutat, hogy — a nem titkolt nehézségek ellenére — töretlenül haladunk abban az irányban, hogy a korszerű matematikai módszerek és számítástechnika megfelelő segítséget nyújtsanak a településtudomány bonyolult feladatainak lehető leghatékonyabb megoldásához. Ezt a haladást segíti elő az MTA Településtudományi Bizottságának 1965. május hó 8-i ülésén hozott határozata is, amelyben felhívja az Építésügyi Minisztérium figyelmét a korszerű matematikai módszerek e területen való alkalmazási lehetőségének igen alapos kutatási munka keretében való megvizsgálására.

Érkezett 1965 szeptember hónapban