

KORNAI JÁNOS:

A többszintű népgazdasági programozás modellje

Hat éve vetődött fel először az a gondolat, hogy kapcsoljuk össze és egyesítsük népgazdasági szintű számítással a korábban már sikerrel alkalmazott ágazati programozási modelleket. Négy éve indult meg a népgazdasági programozás első számításának gyakorlati előkészítése.* Azóta elméleti közgazdászok, gyakorlati tervezők, matematikusok, számítástechnikusok, mérnökök nagy kollektívája dolgozott a vállalkozáson; a munka tetőzésekor több százan.** Célunk egy kísérlet elvégzése volt: ki akartuk próbálni — mégpedig valóságos számanyagon — a többszintű tervezés módszertanát.

Célunkat — bár a vártnál nagyobb nehézségek árán s hosszabb idő alatt — elértük. *Együttáll és működőképes a népgazdaság 1966—70. évi öt éves tervének matematikai programozásra alkalmas többszintű tervezési modellje.* Igaz, ez még csak „prototípus”, amelyet tovább kell javítani a későbbi alkalmazások céljaira. De mégis él, immár nemcsak elméleti tanulmányok papirosán, hanem számokkal kitöltve, elektronikus számológépbe betáplálható lyukszalagokon, lyukkártyákon, mágnesszalagokon, tervszámítások céljaira készen. Elvégeztük már az első eredményes számítássorozatot azzal a központi népgazdasági modellel is, amely a szektormodellek egyesítéséből keletkezett.

Néhány kiegészítő számítás még hátra van. Fel kell még dolgoznunk — s ez akár egy-két évig is eltarthat — a sokéves kutatás minden gazdaságpolitikai és tervezés-elméleti, tervezés-módszertani tanulságát. A jelen cikkben csupán a modell szerkezetének és információs bázisának rövid összefoglalását adhatjuk; az alkalmazás problémáit egy másik cikkben érintjük majd. A részletesebb, kiforrottabb elemzések későbbi publikációkban kerülhet sor.

1. A modell szerkezete

Metodikánk a *matematikai programozás* alkalmazását jelenti a tervezés céljaira. Az első kísérleti számításban ennek legegyszerűbb formáját, a *lineáris* programozást használtuk. A távolabbi jövőben, amint a számítás-

* 1961-ben készült el „A központi és ágazati programozások összekapcsolása” című tanulmányom (Budapest, MTA Számítástechnikai Központ, kéziratban), amely leírta az ágazati tervmodellek összekapcsolásának alap gondolatait. 1962-ben jelent meg először Lipták Tamással közösen készített „Kétszintű tervezés” című tanulmányunk (Budapest, MTA Számítástechnikai Központ, sokszorosítva).

A gyakorlati számítások előkészítése a népgazdasági programozás 1. tájékoztatójának megjelentetésével indult meg 1963. decemberében. („Útmutató a központi és szektormodellek végleges megszerkesztéséhez”, Budapest, MTA Számítástechnikai Központ és OT Tervgazdasági Tudományos Osztály, sokszorosítva).

** A munkát egy központi kutatócsoport vezette a szerző irányításával. E csoport az MTA Számítástechnikai Központ és az OT Tervgazdasági Intézet munkatársaiból állt.

technikai adottságok megengedik, rátérhetünk közgazdasági szempontból megfelelőbb (nem-folytonos változókat és nem-lineáris összefüggéseket is tartalmazó) programozási módszerek alkalmazására.

A cikk későbbi részében, 1.3 szakaszában tárgyaljuk modellünk speciális „többszintű” struktúráját. A leírás első megközelítésében még nem térünk ki erre; egyszerűen *egyetlen* nagy lineáris programozási feladatnak tekintjük a népgazdasági modellt.

1.1. A változók

Modellünk 491 *termék* termelését, elosztását és külkereskedelmét programozza. Egy-egy termék rendszerint nem egy-egy konkrét, minden tekintetben specifikált gyártmányt jelent, hanem azok egy csoportját, aggregátumát. (Például „kőszén és antracit”, „alumíniumtömb”, „fűrógép”, „tégla”, „pamut típusú fonal”, „húskonzerv” stb.) A termékek meghatározásánál igyekeztünk idomulni az Országos Tervhivatal és a minisztériumok tervezésében használt „kiemelt termékek” nomenklatúrájához.*

Egy-egy terméknek a tervperiódus utolsó évében (esetünkben: 1970-ben) történő termelését és külkereskedelmét általában hét „szabványos” változó reprezentálja. Ezek a következők:

1. A termék *termelése* az utolsó tervévben, mégpedig olyan állóalapon, amely már a tervperiódus kezdetén is működött, s a tervperiódus alatt nem változik. Ez tehát a tervperiódus alatt csupán a régi állóalap fenntartását igényli.

2. A termék *termelése* az utolsó tervévben, mégpedig olyan állóalapon, amely már a tervperiódus kezdetén is működött, de technológiája — rekonstrukció révén — a tervperiódus alatt megváltozik. Ez tehát a tervperiódus alatt nem csupán a régi állóalap fenntartását, hanem technikai rekonstrukcióját is igényli.

Az 1. és 2. változó értékének meghatározásával megszabtuk a régi állóalapok sorsát. Ha az 1. változó kap pozitív értéket, úgy a régi állóalapot változatlanul fenn kell tartani, ha a 2. változó, úgy a régi állóalap rekonstrukcióját kell végrehajtani. Ha pedig mindkét változó értéke nulla, úgy a régi állóalapot le kell szerelni.

3. A termék *termelése* az utolsó tervévben, mégpedig a tervperiódus alatt létesített új állóalapon. Ez tehát a tervperiódus alatt beruházást igényel.

Sok terméknel nem egyetlen, hanem több — például 3.1, 3.2 stb. — változó szerepel, az új üzemek különböző technológiai variánsainak reprezentálására.

Az 1., 2. és 3. változók kiszámítása megadja az utolsó tervév *termelésének* szerkezetét. Egyúttal azonban meghatározza a tervperiódus alatti *bruttó beruházás* (fenntartás, rekonstrukció, új beruházás) szerkezetét is. Ez pedig magában foglalja a *műszaki fejlesztés* néhány alapvető előirányzatának kijelölését is: az 1., 2. és 3. változó (esetleg a technológiai variánsokat reprezentáló 3.1., 3.2 stb. változók) aránya nagymértékben determinálja a termelés technológiai szerkezetét.

4. A termék *importja* szocialista piacról.

5. A termék *importja* kapitalista piacról.

* A modell termékeinek jegyzéke megtalálható a népgazdasági programozás 16. tájékoztatójában. („A népgazdasági szintű számítások alapmodellje”, Budapest, MTA Számítástechnikai Központ és OT Tervgazdasági Intézet, 1966. 80–107. 1.).

6. A termék *exportja* szocialista piacra.

7. A termék *exportja* kapitalista piacra.

Mint látjuk, a program nem csupán a külkereskedelem volumeneit, hanem a fő piacok szerinti megoszlásukat is kiszámítja.

Összefoglalva: *a népgazdasági program 491 kiemelt termékre ad komplex termelési, beruházási, műszaki fejlesztési és külkereskedelmi tervet.*

A volumen mérésére lehetőleg a tervezésben szokásos természetes mértékegységet használtuk. (A 491 termék közül 406-nál.) Csupán azoknál a termékeknél, amelyeknek volumene ily módon nem mérhető, alkalmaztunk értékben, termelői árakon alapuló mérést.

Nem mind a 491 termékénél található meg mind a hétféle szabványos változó. Némely termék régi állóalapján nem hajtható végre technikai rekonstrukció. Másoknál nem valósítható meg mind a négyféle külkereskedelmi tevékenység.

A 491 termék nem fogja át a teljes társadalmi termelést. A modellben a változókkal nem reprezentált *külső szféra* két fő részre oszlik. Az egyik kimaradt terület: a modellünkben nem szereplő ágazatok. Így például hiányzik a kohászat és a közlekedés.* A KSH 1965. évi ágazati kapcsolati mérlege 74 ágazatra bontotta a népgazdaságot.** Ebből 52 ágazat kiemelt termékei jelennek meg modellünkben.

A külső szféra másik része: a modellben képviselt ágazatok is csupán *kiemelt* termékeikkel szerepelnek, holott rendszerint van nem kiemelt, egyéb termelő tevékenységük is.

A teljesen kimaradt ágazatok beépítése egy újabb modellbe nem vetne fel érdemleges elvi nehézségeket. Viszont a már bevont ágazatok nem kiemelt termelésének kezelése összefügg mélyebb, bonyolultabb metodikai kérdésekkel, amelyeket majd a második cikkben érintünk.

A modell változóinak definiálásánál feltételeztük: egy-egy termék ugyanazon homogén tulajdonságokkal rendelkezik, akár hazailag termeljük, akár importáljuk; akár hazai, akár külföldi felhasználásra szánjuk. E feltevést alkalmazza minden modell s minden tervezési metodika, amely termékmérlegekkel operál, így a hagyományos szocialista tervezés is.

A modell változóinak definiálásánál kizárólag olyan beruházási akciókat vettünk figyelembe, amelyek nem nyúlnak át a tervperiódus utáni időre. Az ún. „átmenő beruházások” céljaira szolgáló erőforrásokat levontuk a modell által elosztható keretektől.

A modell összes változójának száma 2424. Ez a szám nem tartalmazza az ún. segédváltozókat (a maradék-, felesleg- és mesterséges változókat).

1.2. A korlátozó feltételek közgazdasági tartalma

A feltételi rendszert kétféle osztályozási szempont szerint tekintjük át. Az alábbiakban először közgazdasági tartalmuk alapján csoportosítjuk a korlátozó feltételeket.

* Egyes ágazatok *teljes* kimaradásának kizárólag gyakorlati szervezési okai voltak: nem sikerült megalakítani azokat a kutatócsoportokat, amelyek elvállalták volna a modell megfelelő részének kidolgozását. Nem is törekedtünk minden ágazat átfogására az első kísérleti számításban, hiszen a metodika kipróbálásához erre nem is volt szükség. Még így is jóval nagyobb és átfogóbb lett a modell, mint ahogy azt eredetileg terveztük. A már említett 1. tájékoztatóban pl. mindössze 10–20 ágazat bevonásának szándékát jeleztük.

** Az összehasonlításhoz figyelembe vett 74 ágazat közé nem számítottuk bele a három magánszektor, a három reziduális „egyéb” jellegű szektort, valamint a kézműipari szektort.

A korlátozó feltételek áttekintése

Sorszám	Megnevezés	Mértékegység	Vonatkozási időszak	Hány darab feltétel?			
				Köz-ponti	Főágazati	Szektor	Összesen
1.	Belső termékmérleg	természetes mértékegység vagy forint	utolsó tervév	43	56	405	504
2.	Külső termékmérleg	természetes mértékegység vagy forint	utolsó tervév	10	15	50	75
3.1	Béralap-korlát	Ft	utolsó tervév	3	—	—	3
3.2	Létszám-korlátok	fő	utolsó tervév	4	—	15	19
4.	Föld-korlátok	kat. hold	utolsó tervév	—	7	3	10
5.	Kapacitás-korlátok	azonos az 1. feltételcsoportéval	utolsó tervév	—	10	719	729
6.	Speciális technológiai arányosságok	azonos az 1. feltételcsoportéval	utolsó tervév	—	—	45	45
7.1.-7.3.	Bruttó beruházási keretek: összesített; építés; hazai gép	Ft	egész tervperiódus	3	—	—	3
7.4.-7.5.	Bruttó beruházási keretek: importgépek	rubel, dollár	egész tervperiódus	2	—	—	2
8.1.	Termékenkénti export- és importkorlátok	azonos az 1. feltételcsoportéval	utolsó tervév	—	—	661	661
8.2.	Gépipari export korlátja	rubel, dollár	utolsó tervév	—	2	—	2
9.	Devizamérlegek	rubel, dollár	utolsó tervév	2	—	—	2
Összesen :				67	90	1898	2055

Itt közöljük a feltételeket áttekintő táblázatot. Ebben adjuk meg, hogy egy-egy feltételcsoporthoz hány feltétel tartozik; a használt mértékegységet, s az időszakot (hogy az utolsó tervévre vonatkozik-e, vagy pedig az egész tervperiódusra).

1. *Belső termékmérlegek.* Összehangolják a modellben a változókkal reprezentált források (termelés, import) a változókkal reprezentált felhasználásokkal (termelő felhasználás, export, többletfogyasztás) és a konstansként megadott felhasználásokkal („kötelező” lakossági és közületi fogyasztás, a külső szféra termelő felhasználása, az utolsó tervévben végrehajtandó beruházás és felújítás igénye, készletváltozás).

A legtöbb termékhez egy-egy belső termékmérleg tartozik. Néhány esetben némileg más formában fejezzük ki az input és output egyensúlyát; például olyankor, amikor a kibocsátók másképpen tagolják outputjukat, mint a felhasználók az inputjukat. Ez magyarázza a termékek és a belső termékmérlegek számának eltérését.

2. *Külső anyagmérlegek.* Korlátozzák a modell termelési változóit a *külső anyagok* igénybevételében. Ezek olyan termékek, illetve szolgáltatások, amelyeket a modell termelési változói nem állítanak elő, hanem az összes felhasználható mennyiséget konstansként adjuk meg. (A külső anyagok egy részénél változóként szerepeltettük az anyag importját egyik vagy másik piacról, s csupán a többi importból és a hazai termelésből rendelkezésre álló keretet szabtuk meg konstansként.)

3. *Élőmunka-korlátok.* Korlátozzák az összes béralap és az összes létszám felhasználását. Ezenkívül külön is korlátozzuk a férfimunkaerő igénybevételét, valamint a mezőgazdasági és nem mezőgazdasági szféra közti munkaerő-áramlást.

4. *A föld korlátai.* A mezőgazdaság szocialista üzemi modellünkben hatféle minőségű földet vehetnek igénybe: laza, középötött és kötött talajt, mindhármát vagy száraz, vagy öntözéses technológiával megművelve. E hatféle agronómiai korláton kívül szerepel még egy hetedik — társadalmi-gazdasági jellegű — földkorlát is: a háztáji földterület.

Itt jegyezzük meg: a geológiai kincsek korlátozottságát nem kellett külön feltételekkel kifejeznünk, hanem ezt a bányászati jellegű termelési változók kapacitáskorlátainak meghatározásával vettük számításba.

5. *Kapacitáskorlátok.* Korlátozott a változatlan technológiával folytatott termelés: határt szab a rendelkezésre álló régi kapacitás. Általában korlátozottak a rekonstrukció, illetve üzembővítés lehetőségei is. Néhány esetben, speciális adottságok miatt, ugyancsak felső korlátja van az új üzem létesítésének.

A négy növénytermelő szektorban külön korlátoztuk az 1970-ben rendelkezésre álló 10 legfontosabb gépfajta állományát.

6. *Speciális technológiai arányosságok.* Rendszerint egy-egy szűkebb termelési szférán belül a különböző termelési változók közötti technológiai arányosságokat írják elő. (Például keverési feltételek a vegyiparban.)

7. *A beruházási erőforrások korlátai.* Korlátozzák az egész tervperiódus alatt a bruttó beruházás — fenntartás, rekonstrukció és új üzem létesítése — céljaira rendelkezésre álló összegeket. E kereteket megadjuk összesítve, továbbá kiemelten az építés, a hazai gépek, a szocialista importgépek és a kapitalista importgépek igénybevételének korlátozására.

8. *Külkereskedelmi korlátok.* Minden termékre külön-külön korlátozzuk valamennyi exportváltozót, a külföldi vevők által tanúsított vételképesség határainak kifejezésére. Hasonlóképpen termékenként adtunk egyedi korlátot minden szocialista importváltozóhoz, az eladók által tanúsított eladási képesség határainak reprezentálására. Viszont nem rendeltünk egyedi korlátokat a kapitalista importváltozókhöz, mivel itt az eladó értékesítési képességének gyakorlatilag nincs felső határa, a korlátot a mi vásárlóerőnk jelenti. (Utóbbit a devizamérlegek fejezik ki.)

Ezenkívül felső korlátot szabtuk a gépipari export összegének is, az értékesítés bővítésénél felmerülő nehézségek reprezentálására.

9. *Devizamérlegek.* Külön-külön devizamérleget adtunk meg a szocialista és a kapitalista piacon folyó külkereskedelemre. A mérlegben pozitív tétel az exportból eredő bevétel. Negatív tételek: a modell importváltozóival kapcsolatos kiadás (kiemelt import költsége) és a modell termelési változóinak a nem kiemelt, a modell 491 terméke közt nem szereplő termékek

felhasználásával kapcsolatos importköltség (a nem kiemelt import költsége).

A modellben összesen 2055 korlátozó feltétel szerepel.

Akárcsak a változók definiálásánál, a termékjegyzék meghatározásánál, a feltételi rendszer kialakításánál is igyekeztünk az Országos Tervhivatal és a minisztériumok mutatószámrendszeréhez igazodni. Ez a helyzet az 1. és 2. feltételcsoport esetében, amely közel áll a hagyományos termékmérlegrendszerhez; a 3. feltételcsoport tartalmazza a hagyományos munkaerőmérlegrendszer egy részét; a 7. csoport a beruházási keretek szokásos bonthatását követi. A 9. feltételcsoport szerkezete — modellünk sajátosságai következtében — eléggé eltér a fizetési, illetve külkereskedelmi mérlegek hagyományos felépítésétől; az eltérés azonban levezethető.

A 4., 5., 6. és 8. feltételcsoport nem jelenik meg közvetlenül a hagyományos tervezés mutatószámrendszerében, bár persze a tervezők gyakorlatilag igyekeznek számításba venni a földterület, a régi kapacitások, valamint a külföldi értékesítési és beszerzési lehetőségek korlátait.

Foglaljuk össze a változók és feltételek számáról mondottakat. Modellünk az ötéves terv összefüggéseit egy lineáris egyenletrendszerben írja le, amelyben 2055 egyenlet és (a segédváltozókat is ideszámítva) 4479 változó szerepel. Több országban — így Franciaországban, Indiában, Csehszlovákiában — használtak már lineáris programozást a népgazdasági tervezés céljaira. Tudomásunk szerint *a magyarországi a legnagyobb méretű, legrészletesebb az eddig ismert népgazdasági tervmodellek közül.*

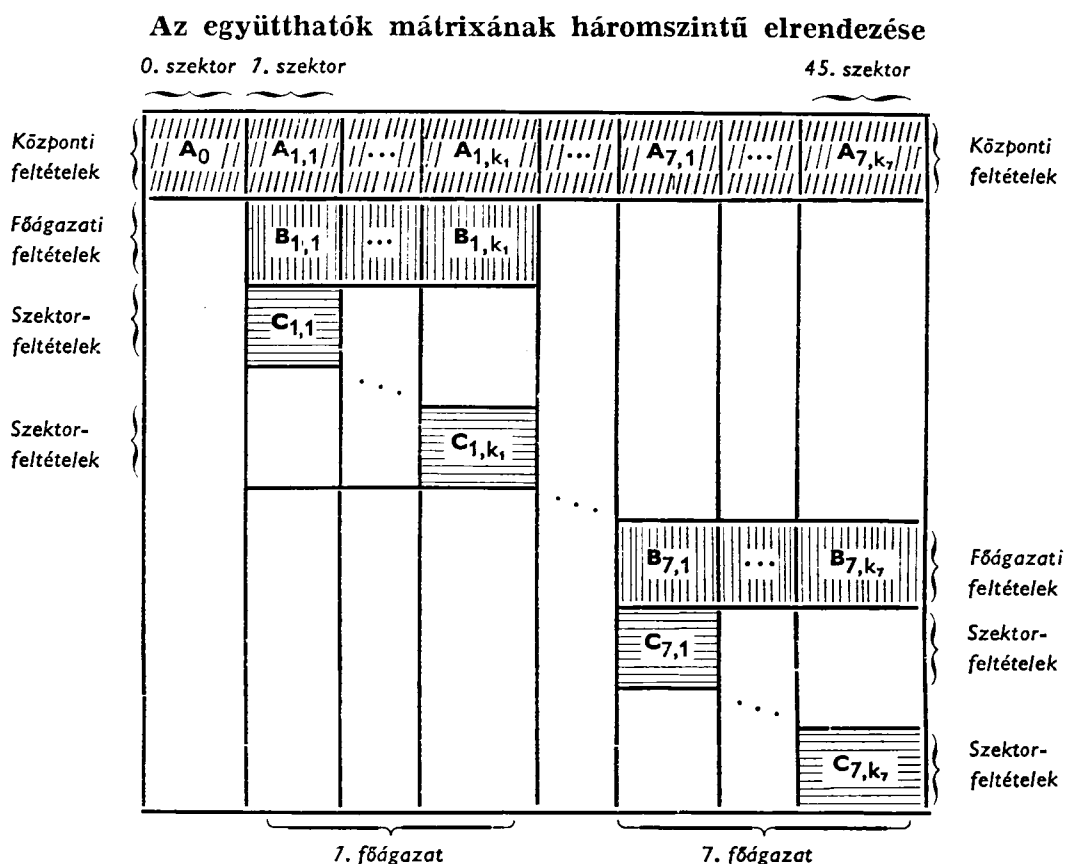
1.3. A feltételi rendszer „szintjei”

Eddig közgazdasági tartalmuk szerint osztályoztuk a korlátozó feltételeket. Most áttérünk egy másfajta csoportosításra: a „szintek” szerinti osztályozásra. Az áttekintés megkönnyítésére közöljük az egyenletrendszer együttható-mátrixának sémáját a 60. lapon.* A sémára többször hivatkozunk majd a modell tagolásának magyarázatakor.

Modellünket 46 szektorra osztottuk; minden tevékenységváltozót egyértelműen besoroltunk a szektorok valamelyikébe. A tagolás nem önkényes, hanem relális közgazdasági tartalmat tükröz. Az 1—45. szektorok egy-egy olyan szférát képviselnek, amelyek a kiemelt termékek egy-egy együttesének termeléséért és külkereskedelméért felelősek. A szektor termelési tevékenységei általában egy vagy több adminisztratív egységet, intézményt (ipari igazgatóságot, trösztöt, vállalatot) reprezentálnak. Így például a papíripari szektor a Papíripari Vállalatot, az autó- és traktoripari szektor az Autó- és Traktoripari Trösztöt és így tovább. A termelő tevékenységek mellé, ugyanazon szektorba soroltuk a megfelelő export- és importtevékenységeket is. Ez utóbbiakat a gyakorlatban többnyire más intézmény — egy vagy több külkereskedelmi vállalat — bonyolítja. A „szektor” tehát mintegy egyesíti a hozzátartozó termékek előállítását és külkereskedelmét végző intézmények tervezését.

A 0. szektorba soroltuk a több szektorban is igényelt külső anyagok import-változóit. Ez a „külső anyagimportszektor” tehát semmilyen tényleges intézményt sem képvisel.

* A séma csupán a tevékenységváltozók együtthatóit tartalmazza; a programozási feladat együttható-mátrixának egy további — itt nem ábrázolt — blokkját alkotják a segédváltozókhoz tartozó, azok együtthatóit tartalmazó egységvektorok.



A 46 szektor függőlegesen 46 keskeny oszlopkötegre tagolja sémánkon az együttható-mátrixot.

A modellt 7 főágazatra osztottuk. Az 1—45. szektorokat egyértelműen besoroltuk egy-egy főágazatba; a 0. szektor kívülmaradt a főágazatokon. Akárcsak a szektorbontás, a főágazati sem önkényes, hanem a gazdaság minisztériumi tagolását követi. Egy-egy főágazat vagy egy egész tárcát reprezentál (például a könnyűipart vagy az építőipart) vagy egy minisztérium olyan részlegét, amely a valóságban is bizonyos fokig elkülönül a többitől (például a vegyipar az energiatermeléstől és a bányászattól, az élelmiszeripar a mezőgazdaságtól).

A 7 főágazat függőlegesen 7 széles oszlopkötegre tagolja sémánkon az együttható-mátrixnak a 0. szektor utáni részét.

A függőleges elrendezés után térjünk rá a vízszintesre. A további leíráshoz a szektorokat kettős index-szel jelöljük. Az első index a főágazat sorszámára utal: $i = 1, \dots, 7$. A második index megadja a szektor sorszámát a főágazaton belül: $j = 1, \dots, k_i$. $\left(\sum_{i=1}^7 k_i = 45 \right)$.

A korlátozó feltételeket három fő osztályba soroljuk.

Szektorális feltételek. Kizárólag a szektoron belül tartalmaznak nullától különböző együtthatókat. Néhány példa:

— A változatlan technológiájú, illetve rekonstruált régi üzemekben folyó termelés kapacitáskorlátai.

— A termékenkénti export- és importkorlátok.

— Belső termékmérlegek azoknál a termékeknél, amelyeket a modell más szektora nem használ fel.

A szektorális feltételek a szektor „belügyeit”, illetve a népgazdasági modellen kívüli „külvilággal” való közvetlen kapcsolatát szabályozzák.

A sémán a szektorális feltételek blokkjait vízszintesen csíkoztuk és $C_{1,1}, \dots, C_{1,k_1}, C_{7,1}, \dots, C_{7,k_7}$ jelöléssel láttuk el.

Modellünk összesen 1898 szektorális feltételt tartalmaz.

Főágazati feltételek. Ezek ugyan több szektorban, de csak ugyanazon főágazathoz tartozó szektorokban tartalmaznak nullától különböző együtt-hatókat. Néhány példa:

- A mezőgazdaság közös föld-, létszám- és gépkorlátai.
- A gépipar közös exportkorlátja.
- Belső termékmérlegek azoknál a termékeknél, amelyeket a főágazat egyik szektora bocsát ki és egy vagy több más szektora használ fel, de a főágazaton kívüli szektorok nem jelentkeznek felhasználóként a modellben (például többféle vegyitermék a vegyipari főágazaton belül).

A főágazati feltételek a főágazat szektorait összekapcsoló „belügyeit”, valamint a népgazdasági modellen kívüli „külvilággal” való közvetlen kapcsolatát szabályozzák.

A sémán a főágazati feltételek blokkjait függőlegesen csíkoztuk és $B_{1,1}, \dots, B_{1,k_1}, \dots, B_{7,1}, \dots, B_{7,k_7}$ jelöléssel láttuk el.

Modellünk összesen 98 főágazati feltételt tartalmaz.

Központi feltételek. Ezek több főágazatnál tartalmaznak nullától különböző együtt-hatókat. Néhány példa:

- Az élő munka népgazdasági korlátai.
- A beruházási keretek.
- A devizamérlegek.
- Belső termékmérlegek azoknál a termékeknél, amelyeket az egyik főágazat valamelyik szektora bocsát ki, de más főágazaton belül is termelő felhasználásra kerülnek (például villamos energia, csomagolópapír).

A központi feltételek a főágazatok „közös ügyeit” szabályozzák.

A sémán a központi feltételek blokkjait ferden csíkoztuk és $A_0, A_{1,1}, \dots, A_{1,k_1}, \dots, A_{7,1}, \dots, A_{7,k_7}$ jelöléssel láttuk el.

Modellünk összesen 67 központi feltételt tartalmaz.

A „szektorális”, a „főágazati” és a „központi” jelző utal metodikánk szóhasználatában a korlátozó feltétel „szintjére”. *Népgazdasági modellünk, végleges alakjában, háromszintű.*

A korlátozó feltételeket áttekintő táblázatban, amelyet az 57. lapon közlünk, megadjuk, hogy a feltételek közgazdasági tartalom szerint osztályozott csoportjaiban hány feltétel sorolható a különböző szintekhez.

Modellünknek különlegesen fontos jellegzetessége a többszintű struktúra. Éppen ez a tulajdonsága különbözteti meg legélesebben azoktól a matematikai programozási modellektől, amelyeket eddig akár hazánkban, akár külföldön tervezési célokra használtak.

1.4. A célfüggvények

Számítássorozatunkban alternatívan többféle célfüggvényt alkalmaztunk:

1. A „kötelező” lakossági fogyasztás feletti többletfogyasztás maximálása. A többletfogyasztás összetételét többféle termékstruktúrában adtuk meg.
2. A kapitalista devizamérleg pozitív egyenlegének maximálása.
3. A szocialista devizamérleg pozitív egyenlegének maximálása.
4. Az összes bruttó beruházás minimálása.

5. Az élőmunka-ráfordítás minimalása (két variánssal: létszámminimalás és beralap-minimalás).

6. Néhány rész-számításban: a folyó árakon mért önköltség, valamint kalkulatív árakon mért költség minimalása.

Egyes számításokban kombinálva (például paraméteres programozás keretében) írtuk elő a fenti célokat. Így együttesen optimaltunk a kétféle devizamérleget stb.

2. Modellek rendszere

2.1. Három modell típus — Modellek egyesítése

Modellünk sajátos többszintű szerkezete lehetővé teszi, hogy ne csak egyetlen nagy népgazdasági modellként használhassuk, hanem külön-külön számításokat végezhessünk megfelelően elkülönített *blokkjaival* is.

Háromféle *modell típust* alakítottunk ki.

Szektormodell. Kizárólag egyetlen szektornak — az i -edik főágazat j -edik szektorának — tevékenységeit programozza. A programozási feladat a következő:

$$(1) \begin{cases} \mathbf{A}_{ij} \mathbf{x}_{ij} = \mathbf{g}_{ij}^{(A)} \\ \mathbf{B}_{ij} \mathbf{x}_{ij} = \mathbf{g}_{ij}^{(B)} \\ \mathbf{C}_{ij} \mathbf{x}_{ij} = \mathbf{g}_{ij}^{(C)} \\ \mathbf{x}_{ij} \geq 0 \\ \mathbf{p}'_{ij} \mathbf{x}_{ij} \rightarrow \max! \end{cases}$$

ahol

\mathbf{x}_{ij} = a programvektor
 $[\mathbf{g}_{ij}^{(A)}, \mathbf{g}_{ij}^{(B)}, \mathbf{g}_{ij}^{(C)}]$ = a szektor korlátvektora, a központi, főágazati és szektorfeltételeknek megfelelően partícionálva
 \mathbf{p}'_{ij} = a célfüggvény-együtthatók vektora.

Az (1) szektormodell felállításánál kiszakítjuk a szektort a népgazdaság egészéből. A népgazdaság többi részéhez, s ezen belül a többi modellezett szektorhoz is kizárólag a $\mathbf{g}_{ij}^{(A)}$ és $\mathbf{g}_{ij}^{(B)}$ vektorok, a központi és a főágazati feltételekhez tartozó korlátok alkalmas megadásával kapcsoljuk.

A szektormodellek szokásos mérete: 30—80 korlátozó feltétel, 60—100 tevékenységváltozó.

Főágazati modell. Egyesíti az i -edik főágazat valamennyi, k_i darab szektorát. A programozási feladat a következő:

$$(2) \begin{cases} \sum_{j=1}^{k_i} \mathbf{A}_{ij} \mathbf{x}_{ij} = \mathbf{g}_i^{(A)} \\ \sum_{j=1}^{k_i} \mathbf{B}_{ij} \mathbf{x}_{ij} = \mathbf{g}_i^{(B)} \\ \mathbf{C}_{ij} \mathbf{x}_{ij} = \mathbf{g}_{ij}^{(C)} & j = 1, \dots, k_i \\ \mathbf{x}_{ij} \geq 0 & j = 1, \dots, k_i \\ \sum_{j=1}^{k_i} \mathbf{p}'_{ij} \mathbf{x}_{ij} \rightarrow \max! \end{cases}$$

ahol $\mathbf{g}^{(A)}, \mathbf{g}_i^{(B)}$] = a főágazat korlátvektora, a központi és főágazati feltételeknek megfelelően partícionálva.

A (2) főágazati modell felállításával összekapcsoljuk egymással a főágazat valamennyi szektorát, de a főágazat összességét kiszakítjuk a népgazdaság egészéből. A népgazdaság többi részéhez, s ezen belül a többi modellezett főágazathoz is kizárólag a $\mathbf{g}_i^{(A)}$ vektor, a központi feltételekhez tartozó korlátok alkalmas megadásával kapcsoljuk.

A főágazati modellek szokásos mérete: 150—300 korlátozó feltétel, 300—500 tevékenységváltozó.

Népgazdasági modell. Egyesíti valamennyi szektormodellt. A programozási feladat a következő:

$$(3) \left\{ \begin{array}{l} \mathbf{A}_0 \mathbf{x}_0 + \sum_{i=1}^7 \sum_{j=1}^{k_i} \mathbf{A}_{ij} \mathbf{x}_{ij} = \mathbf{g}^{(A)} \\ \sum_{j=1}^{k_i} \mathbf{B}_{ij} \mathbf{x}_{ij} = \mathbf{g}_i^{(B)} \quad i = 1, \dots, 7 \\ \mathbf{C}_{ij} \mathbf{x}_{ij} = \mathbf{g}_{ij}^{(C)} \quad i = 1, \dots, 7; j = 1, \dots, k_i \\ \mathbf{x}_{ij} \geq 0 \quad i = 1, \dots, 7; j = 1, \dots, k_i \\ \sum_{i=1}^7 \sum_{j=1}^{k_i} \mathbf{p}'_{ij} \mathbf{x}_{ij} \rightarrow \max! , \end{array} \right.$$

ahol $\mathbf{g}^{(A)}$ = a népgazdaságnak a központi feltételekhez rendelt korlátvektora.

A (3) népgazdasági modell mérete, mint már említettük, 2055 korlátozó feltétel és 2424 tevékenységváltozó.

A háromféle modell típus az átfogott szféra szélességében különbözik egymástól: egyetlen szektort, 3—11 szektort egyesítő főágazatot, vagy pedig mind a 46 szektort egyesítő népgazdaságot foghat át.

2.2. Dekompozíció — Modellek összekapcsolása

Programozási feladataink megoldására két fő lehetőség kínálkozott:

1. *Direkt megoldás.* Alkalmas algoritmussal (például a szimplex eljárással) közvetlenül megoldjuk a feladatot. Minden esetben ezt tettük a szektormodellekkel. Viszont a felsőszintű modell típusok esetében — hazai adottságaink mellett — nem volt erre módunk.*

2. *Dekompozíció.* Több „felbontásos”, dekompozíciós eljárás ismeretes, így elsősorban Dantzig—Wolfe módszer**, valamint a játékelméleti megfogalmazáson alapuló módszer***.

Anélkül, hogy a különböző dekompozíciós eljárások részletes ismertetésére vagy összehasonlítására törekednénk, csupán néhány jellegzetes, közös vonásukra térünk ki, mégpedig a mi feladatunk sajátosságaival össze-

* A számítástechnika mai világszínvonala mellett ez nem lenne lehetetlen. Külföldön megoldottak már direkt eljárással, dekompozíció nélkül, több ezer feltételes lineáris programozási feladatokat.

** Lásd Dantzig, G. B.—Wolfe, P.: „The decomposition algorithm for linear programs”, *Econometrica*, 29 (1961) 767—778.

*** Lásd Kornai J.—Lipták T.: „Two-level planning”, *Econometrica*, 33 (1965) 141—169.

függésben. A fejtegetés egyszerűsítése kedvéért nem három, hanem kétszintű modellről szólunk ezen a helyen.

Direkt megoldás alkalmazásakor egyszerre számolunk az egész egyenletrendszerrel. (Esetünkben: mind a 2055 egyenlettel egyszerre végzünk bizonyos műveleteket.) Ezzel szemben dekompozíció alkalmazásakor egyszerre csupán jóval kisebb egyenletrendszerekkel kell dolgoznunk. E kisebb egyenletrendszereket két fő osztályba soroljuk: *felsőszintű és alsószintű egyenletrendszerek*. Ennek megfelelően a velük végzett számításokat is *felsőszintű, illetve alsószintű számításoknak* nevezzük.

A dekompozíciós eljárások négy fő közös ismérve a következő:

a) *Egyetlen* nagy egyenletrendszer *egyszeri* megoldása helyett *több* kisebb egyenletrendszert kell *többször* megoldani.

b) A felsőszintű számítások aggregáltabbak, az alsószintű számítások dezaggregáltabbak, részletezettebbek.

c) Az eljárás iteratív. Minden iterációban sor került mind felsőszintű, mind alsószintű számításokra.

d) Minden iterációban a felsőszintű számítások releváns új információt nyújtanak az alsószintűekhez és viszont. Kétoldalú információáramlás megy végbe; éppen ez ad alapot a számítások többszöri megismétlésére mindkét szinten.

A dekompozíciós eljárások abban különböznek egymástól, hogyan valóítják meg a fenti négy közös ismérvet:

a) Mi a modell felbontásának elve, a felső és alsószintű egyenletrendszerek tartalma és mérete.

b) Mi az aggregáció, illetve dezaggregáció foka és jellege a felső és az alsó szinten.

c) Milyen számításokat kell végezni felső és alsó szinten.

d) Milyen információk áramlanak a két szint között.

Tapasztalatunk szerint az ismert dekompozíciós eljárások rendkívül lassúak. Ezért — jelenlegi számítástechnikai adottságaink mellett — kénytelenek voltunk lemondani használatukról. Helyettük egy erre a célra kialakított *közelítő dekompozíciós eljárással* számoltunk. Alapgondolatait a Dantzig—Wolfe módszerből vettük át; tulajdonképpen úgy tekinthető, mint annak „naiv” változata.* Csupán közelítő jellegű; s ellentétben pl. a Dantzig—Wolfe módszerrel, nem garantálja az exakt optimum elérését véges számú lépésben. Előnyei viszont a következők:

Messzemenően hasznosítja a tervező közgazdász heurisztikus logikáját, s a rendelkezésre álló (az exakt eljárásban elhanyagolt) többlet-információt. Így például kihasználja azt a körülményt, hogy a felsőszintű számítás megkezdésekor már rendszerint ismerünk egy, esetleg több elég jó (bár nem optimális) megoldást. Így a többi között ismert lehet a hagyományos módszerekkel kidolgozott hivatalos program. A közelítő eljárás már az *első* iterációban olyan programhoz vezet, amely biztosan nem rosszabb az ismert megoldásoknál, s nagy valószínűséggel jobb azoknál.** A soronkövetkező

* Az eljárást a szerző dolgozta ki. Részletesebb leírását lásd a népgazdasági programozás 17. tájékoztatójában. („Közelítő eljárás a kétszintű tervezéshez”, Budapest, 1966. MTA Számítás-technikai Központ — OT Tervgazdasági Intézet, sokszorosítva).

** Így például a közelítő eljárás alkalmazásával a népgazdasági modellnél már az első iterációban kb. 150 millió dolláros célfüggvényjavulást sikerült elérni a hivatalos programhoz képest.

néhány iterációban is lényegesen javítja még a célfüggvényt. Ezzel szemben az exakt eljárások rendszerint csak nagyszámú iteráció után adnak közgazdaságilag elfogadható programokat.

A közelítő eljárás alkalmazására számítástechnikai nehézségek szorítottak bennünket; nem akarjuk tehát a kényszermegoldást erénynek feltüntetni. Tény azonban, hogy — tekintettel a kiinduló adatok bizonytalanságára — a tervezés nem tulajdonít túl nagy jelentőséget az exakt optimalitásnak, a szó matematikai értelmében. Ezért a közelítő eljárás alkalmazása gyakorlati célokra egyenlőre kielégítőnek tűnik.

2.3. Mennyiben „rendszer”?

A rendszer kifejezést (rendszerelméleti, kibernetikai értelemben) akkor indokolt használni, ha egymással összekapcsolt elemek szervezetéről, hálózataról van szó. Ebben az értelemben metodikánk egy *modellrendszert* alakított ki, melynek elemei: különböző modellek.

Kétféle értelemben beszélhetünk ezeknek az elemeknek a kapcsolatról. Az egyik aspektusról a 2.1. szakaszban volt szó: a részmodelleket *egyesíthetjük*. Részmodellek egyesítésével „modell-épületeket” alakíthatunk ki. Így például „kétemeletes” épületet: egy-egy szektormodell-együttes egyesítésével főágazati modellt, vagy mind a 46 szektormodell közvetlen egyesítésével népgazdasági modellt. Vagy „háromemeletes” épületet: a 7 főágazati modell (valamint a 0. szektormodell) egyesítésével egy népgazdasági modellt.

A másik aspektust a 2.2 szakaszban tárgyaltuk: dekompozíciós eljárások alkalmazása esetén nem egyesítünk, hanem *információáramlással összekapcsolunk* részmodelleket, mégpedig a dekompozíciós eljárás konkrét felbontási elveinek megfelelően kialakított alsó- és felsőszintű egyenletrendszereket.

Mind a részmodellek egyesítését, mind pedig információáramlással való összekapcsolásukat egyebek között az tette lehetővé, hogy *valamennyi modell egységes mutatószámrendszerre épül*. Valamennyit szigorúan azonos nomenklatúrák, statisztikai definíciók, osztályozások alapján számszerűsítettük.

Modellrendszerünk egyik lényeges tulajdonsága, hogy *egyértelmű „közlekedés”, kommunikáció van a magasabb szintű és az alacsonyabb szintű modellek, illetve számítások között*. A magasabb szintű számításokban egyebek között aggregált gazdasági mutatókat nyerhetünk, de ezeknek mindig egyértelműen megfeleltethetünk részletes termelési, beruházási és külkereskedelmi programokat. S megfordítva: a termelés, beruházás és külkereskedelmi részletes programjaiból egyértelműen levezethetünk szektorális főágazati és népgazdasági szinten összesített aggregátumokat.

Itt ismét eljutottunk metodikánk egy vonásához, amely megkülönbözteti a tervezési célokra korábban alkalmazott matematikai programozási modellektől. Mind a hazai, mind a külföldi irodalomból csupán olyan kutatások ismeretesek, amelyek egy-egy különálló modellt dolgoztak ki a tervezés céljaira. Most *első ízben sikerült kialakítani a tervmodellek összefüggő rendszerét, aggregált és dezaggregált modellek hálózatát, felső- és alsószintű modellek összekapcsolt hierarchikus struktúráját*.

3. A modell adatai

A gazdasági döntések megalapozására szolgáló számításokban felhasznált adatok, paraméterek meghatározásához többféle módszer áll rendelkezésre. Az alábbiakban három tiszta esetet különböztetünk meg, s később tárgyaljuk majd ezek kombinációit.

1. Teljeskörűen megfigyeljük azt a jelenséget, amelyet a paraméternek számszerűen le kell írnia. Ez történik például akkor, ha egy pontosan körülhatárolt gazdasági egység (vállalat, ágazat stb.) inputjait és outputjait teljeskörű statisztikai megfigyelés alapján határozzuk meg.

A gazdasági számítást végző közgazdász itt közvetlenül a teljeskörű megfigyelést összegező *statisztikustól* kapja a paramétert és azt átalakítás nélkül építi be a gazdasági számításba.

Nevezzük ezt *egyszerű gazdaságstatisztikai módszernek*.

2. Rendelkezésre állnak statisztikai megfigyelések. Ezek azonban nem jellemzik közvetlenül a gazdasági számítás paraméterében leírandó jelenséget, csupán indirekt úton következtethetünk belőlük. Az indirekt következtetést a matematikai statisztika alkalmazásával végezzük el. Például egy idősor alapján trendet számolunk, s azt extrapoláljuk a jövőre. Vagy az adatok eloszlásának matematikai statisztikai elemzése alapján konfidencia-intervallum becslést adunk. Vagy reprezentatív mintavétel alapján alkalmas átlag meghatározásával adunk becslést a paraméterre.

A gazdasági számítást végző közgazdász itt nem közvetlenül a megfigyelések végzőitől, összegezőitől kapja az adatot, hanem az azt feldolgozó *matematikai statisztikustól*.

Nevezzük ezt *matematikai statisztikai módszernek*. (A Nyugaton jelenleg elterjedt szóhasználat ezt nevezi *ökonometriai* módszernek.)

3. Rendelkezésre állnak megfigyelések: statisztikai adatok, műszaki, kereskedelmi információk stb. Ezek azonban nem jellemzik közvetlenül a gazdasági számítás paraméterében leírandó jelenséget, csupán indirekt úton következtethetünk belőlük. Az indirekt következtetést nem a matematikai statisztika szabályainak alkalmazásával végzik el, hanem alapjában véve intuitív úton. Például egy mérnök pontosan ismeri a jelenleg alkalmazott technológia számszerű jellemzőit, s vannak bizonyos információi a jövőben alkalmazható új technológiáról. Ismeri, kvalitatíve, a régítől való eltérés műszaki sajátosságait; esetleg számszerű információi is vannak a szakirodalomból, személyes konzultációkból. Mindezek alapján megbecsüli az új technológia számszerű jellemzőit. Vagy: egy külkereskedő pontosan ismeri az elmúlt évek piaci helyzetét, árait, értékesítési adatait. Személyes beszélgetések alapján rendelkezik némi ismerettel a vevők jövőbeli szándékáról. Mindezek alapján becslést ad a jövőbeli árakra és értékesítési lehetőségekre.

A becslés lehet primitív, ügyetlen, felelőtlen — de támaszkodhat mérnöki számításokra, műszaki képletek felhasználására, nagyon gondos információgyűjtésre, készülhet nagy szakmai rutinnal és felelősségérzettel is. Az utóbbi esetben jóval megbízhatóbb, de még így sem „exakt”. A felhasznált információ és az adott becslés közti út, átalakítás ugyanis — mint-hogy mindig szerephez jut benne az intuíció — nem írható le formálisan, valamilyen rögzíthető szabállyal.

A gazdasági számítást végző közgazdász itt most a *mérnöktől*, a *külkereskedőtől*, a *szakértőtől* kapja az adatot.

Nevezzük ezt a *szakértői becslés módszerének*.

A háromféle módszer eltérésének lényege eszerint a következő:

Az első esetben *közvetlenül* beépítjük a megfigyelt adatokat a gazdasági számításba, míg a második és harmadik esetben csak *közvetve* használjuk fel. A közvetítés, a megfigyelések transzformációja a második esetben *formalizált szabályok alapján*, matematikai statisztikai módszerekkel megy végbe, míg a harmadik esetben *formalizált szabályok nélkül*, szakértői rutin alapján történik.

A valóságban gyakori e három módszer kombinációja. Például az első vagy második módszerrel nyert adatot nem közvetlenül használják fel a gazdasági számításban, hanem előbb szakértői becsléssel *korrigálják*, hogy jobban kifejezze a múltban megfigyelt és a jövőben várható jelenség közti eltérést. Vagy alapján véve a harmadik módszert alkalmazzák, de a szakértői becsléshez messzemenően felhasználnak teljes körű statisztikai megfigyeléseket, s matematikai statisztikai úton nyert információkat (trendszámításokat, különböző átlagokat, ökonometriai módszerrel számszerűsített függvényeket stb.).

A valóságos gazdasági döntések zöme a harmadik módszerrel, szakértői becslésekkel megalapozott számításokon nyugszik, részben — az előbb említett módon — kiegészítve, kombinálva az első és a második módszerrel. Különösen így van ez a beruházási döntéseknél mind a szocialista, mind a kapitalista gazdaságban. A döntésekhez ugyanis messzemenően fel kell használni olyan számításokat, amelyek új, eddig még széles körben meg nem figyelhető technológiákkal, ár-előrebecslésekkel, jövőbeli értékesítési lehetőségekkel kapcsolatosak.

A tervezésben alkalmazott matematikai modellek egy része alapján véve az első, egyszerű gazdaságstatisztikai módszeren nyugszik. Ez a helyzet például a teljeskörű statisztikai megfigyelés alapján számszerűsített ágazati kapcsolati mérlegekkel.

A tervmodellek másik része alapján véve a második, matematikai statisztikai módszeren alapul. Ez jellemzi az ún. „ökonometriai makromodelleket” (a holland tervezés modelljeit, az amerikai Klein—Goldberger modellt, a magyar M—1., M—2. modelleket stb.).

A mi modellünk számszerűsítését alapján véve a harmadik módszerrel, szakértői becslések alapján végeztük. Ez fontos jellegzetessége, amely megkülönbözteti számos más hazai és külföldi tervmodelltől. Modellünk szerkezete — főként a termelési-beruházási és külkereskedelmi változók mély bontása — nélkülözhetetlenné teszi, hogy messzemenően támaszkodjunk műszaki és külkereskedelmi szakértők becsléseire.

Az adatok aránylag kisebb hányada alapult egyszerű gazdaságstatisztikai megfigyelésen; leginkább az 1. típusú változók (változatlan technológiával üzemeltetett régi üzem működtetése) paramétereinek meghatározásánál alkalmazzuk ezt a módszert. Az adatok egy további csoportjánál alkalmazzunk matematikai statisztikai módszereket: így például világszerte ártrendek kiszámításánál, a fogyasztás szerkezetének meghatározásához szükséges keresleti függvények megállapításánál stb. De többnyire még az így kapott adatokat is korrigálni kellett szakértői becslésekkel, hogy valóban gyakorlatilag használható adathoz jussunk.

Adataink egy részét a hagyományos, nem matematikai módon végzett tervezés hivatalos dokumentációs anyagából vettük át, változtatás nélkül

vagy szakértők bevonásával végzett korrekciókkal. Az adatok másik részét — amelyeket a hivatalos dokumentációban nem sikerült megtalálnunk — kifejezetten a mi céljainkra becsülték meg a szakértők, mégpedig rendszerint ugyanazok, akik hasonló feladatokat végeznek a hivatalos tervezés számára. A becslés színvonala feltehetően tehát hasonló volt.

A második cikkben még visszatérünk a hagyományos tervezés információellátására. Egyelőre csupán azt kell leszögeznünk: információs bázisunk alapján véve hasonló jellegű volt, mint a hagyományos tervezésé s a nem matematikai módszerekkel végzett beruházási számításoké; illetve bázisunk részben közös volt. *Azokat az információkat, amelyek egyébként messzemenően befolyásolják a középtávú gazdasági döntéseket, de amelyeket szétforgácsoltan, szigorú logikai sémák nélkül használnak fel, most modellünk egységes osztályozások szerint, következetesen, logikus elrendezésben foglalta össze.*

★

Befejezésül elmondhatjuk: a népgazdasági programozás első kísérleti számítássorozata *igazolja, hogy egy többszintű modellrendszer kiépítése lehetséges.*

Ez önmagában is jelentős. Nem elégedhetünk meg azonban csupán az életképességnek, a létezés pusztá lehetőségének igazolásával. További kérdésekre kell felelnünk: vajon hogyan használható ez a metodika a tényleges tervezésben; mi a gyakorlati rendeltetése, szerepe? Melyek az első kísérlet gyengéi; hogyan kellene a modellt továbbfejlesztetni? Melyek a rendszeres gyakorlati alkalmazás feltételei? E kérdésekre a következő cikk lesz hivatott felelni.

Neményi István:

BERUHÁZÁSI POLITIKÁNK

A munka célja, hogy áttekintést adjon a magyar beruházási politika elvi és gyakorlati problémáiról, és bemutassa a beruházási politikát mint a gazdasági fejlődés egyik fő tényezőjét. A szerző tisztázza a gazdaságpolitika és beruházáspolitiká összefüggését, valamint a távlati és középtávú tervezés szerepét a beruházási politika kialakításában. Értékeli eddigi beruházási tevékenységünk hatékonyságát, és ismerteti harmadik ötéves tervünk fő fejlesztési feladatait. A könyv megvilágítja a beruházási politika és a munkaerő-gazdálkodás, valamint az iparpolitika kapcsolatát, elemelve az iparszerkezetre ható tényezőket, így pl. a piaci hatásokat, a beruházásokkal összefüggésben.

A közgazdasági irodalom főbb megállapításaira támaszkodva a szerző bemutatja a nemzeti jövedelem és a beruházási tevékenység néhány lényeges összefüggését. Az itt tárgyalt kérdések (pl. a multiplikátor-akcelerátor hatása, a tőkeigényesség alakulása, az időtényező szerepe) a közgazdasági elmélet és gyakorlat legizgalmasabb problémái. Az új gazdaságirányítási rendszer bevezetéséhez szorosan kapcsolódva elemzi az irányítási formák szerepét, a döntési jogkörök centralizálásának illetve decentralizálásának kérdését a beruházások hatékonyságával összefüggésben. Végül áttekinti a beruházás-gazdaságossági számításokat, és bemutatja a beruházások pénzügyi lebonyolításának módszereit a gazdaságirányítás új rendszerében.

364 l., kötve 49,— Ft

A Közgazdasági és Jogi Könyvkiadó kiadványa