

Összevont programozási modell alkalmazása az ötéves tervezésben

Magyarországon, akárcsak a legtöbb szocialista országban, az elmúlt években némileg elvált egymástól a tervezési modellek kidolgozásának két irányzata: az ágazati kapcsolatok mérlegével végzett munka és a matematikai programozás. Többször felmerült a szakirodalomban az a gondolat, hogy kapcsolatot kell teremteni a két munka között. Magyarországon is történtek erőfeszítések ennek érdekében.* Cikkünk az egyik ilyen kísérletről számol be: egy aránylag összevont, kb. nyolcvanegyenletes népgazdasági programozási modellről, amelynek adatanyagát az Országos Tervhivatal ágazati kapcsolati mérlegéből vettük át.

A cikk végén térünk majd ki arra a kérdésre, hogyan kapcsolódik modellünk az ún. „kétszintű tervezés” modelljéhez, a részletes, erősen dezagregált matematikai programozás alkalmazásához. Ezt megelőzően leírjuk magát az összevont modellt, elemezzük a számításnak néhány tapasztalatát. Nem tekintjük cikkünk feladatának ismertetni azokat a tanulságokat, amelyek számításainkból a gazdaságpolitika, a konkrét gyakorlati tervezés számára adódtak. Fő célunk: az általánosítható közgazdasági és tervezés-módszertani eredmények kifejtése.**

A modell leírása

Modellünk megszerkesztésekor az ország adottságaiból indultunk ki. Gazdaságunk erősen „kifelé fordult”. Egyrészt számos alapvető nyersanyagból állandó behozatalra szorulunk. Másrészt, kis ország lévén, nem vállalkozhatunk arra, hogy minden feldolgozó ipart magunk fejlesszünk ki, hanem célszerű munkamegosztásra törekedünk más országokkal. Ezért Magyarországon minden beruházási probléma elválaszthatatlanul összekapcsolódik külkereskedelmi kérdésekkel: egy-egy ágazat fejlesztése mindig „versenyez” a többletszükséglet import útján történő fedezésével; illetve egy-egy ágazat fejlesztésének mértékét célszerű az export igényeinek figyelembevételével megszabni. Hogyan kapcsolódhatunk be legkedvezőbben a nemzetközi gazdasági munkamegosztásba — ez a kérdés húzó-

* Lásd például Simon György–Kondor György: „A külkereskedelmi kapcsolatok optimalizálása” című cikkét (Közgazdasági Szemle, 1960. 7. szám).

** A kutatás számszerű eredményeit és gazdaságpolitikai tanulságait részletesen ismerteti a cikk szerzőinek tanulmánya: „Második jelentés az összevont népgazdasági programozásról” (sokszorosítva, az Országos Tervhivatal Távlati Tervek Főosztálya és az MTA Számítástechnikai Központja kiadványa, 1966).

dik meg szinte minden tervezési probléma mögött. Ráadásul jelenleg számottevő külkereskedelmi nehézségeink is vannak, amelyek még inkább előtérbe állítják a tervdöntések külkereskedelmi vonatkozásait. Modellünket igyekeztünk úgy megszerkeszteni, hogy a számítások eredményei a felsorolt kérdésekre felelhessenek.

A modell — matematikai formáját tekintve — szabványos lineáris programozási feladat. A program az ötéves terv záróévének, 1970-nek termelési és külkereskedelmi előirányzatait adja meg.

A népgazdaság termelését 18 termelőszektorra bontottuk; a modell változóinak zöme ehhez a tagolódáshoz kapcsolódik.

A változók típusai a következők:

1. Az i -edik szektor termelése, a tervidőszak kezdetén már fennállott kapacitásokon.

2. Az i -edik szektor termelése, a tervidőszak alatt létesített többletkapacitásokon.

3. Az i -edik szektor termékeinek exportja szocialista piacra.

4. Az i -edik szektor termékeinek exportja kapitalista piacra.

5. Az i -edik szektor termékeit helyettesítő kompetitív import szocialista piacról.

6. Az i -edik szektor termékeit helyettesítő kompetitív import kapitalista piacról.*

A fentiekén kívül még egy további 7-ik változótípus szerepelt modellünkben, az ún. *indikátorváltozók*.

7.1. A program számára kötelezően előírt lakossági fogyasztáson felül elérhető 1970. évi többletfogyasztás volumene. Ennek belső összetételét, 18 szektoros bontásban rögzítettük; azaz előírtuk, hogy 1 millió forint többletfogyasztásból 141 ezer forintot adjon az élelmiszeripar, 219 ezer forintot a textilipar és így tovább.

7.2. A szocialista áruforgalmi mérleg 1970. évi egyenlege.

7.3. A kapitalista áruforgalmi mérleg 1970. évi egyenlege.

Mint látjuk, a három indikátorváltozó a gazdasági élet egy-egy szintikus mutatószáma. Módszertanilag nem lett volna semmi akadálya további indikátorváltozók beépítésének sem. Így például szerepeltethettük volna indikátorváltozóként az 1970. évi összes hazai végső felhasználást, vagy a beruházási célra történő végső felhasználásnak egy kötelező minimális szint feletti többletét stb.

Mielőtt áttérnénk a modell korlátozó feltételeinek ismertetésére, egy előzetes megjegyzést kell tennünk az import kezeléséről. A népgazdaság importját két fő tételre bontottuk: *kompetitív* és *nem kompetitív importra*. Nem kompetitívnek tekintettünk minden olyan behozatalt, amely 1970-ig semmiképpen sem helyettesíthető hazai termeléssel. (Például bizonyos természeti tényezők hiánya vagy műszaki okok folytán, vagy mert már végérvényesen lerögzített kereskedelmi megállapodások köteleznek bennünket stb.) A végső felhasználás nem kompetitív importigényét konstansnak tekintettük, s így számításainkban figyelmen kívül hagyhattuk. A termelés nem kompetitív importigényét a termelési változók függvényeként kezeltük: minden termelési változóhoz meghatároztuk a nem kompetitív importigény koefficienseit mind a szocialista, mind a kapitalista piacról

* A gyakorlatban nem volt értelmezhető valamennyi szektorban mind a hat változótípus. Ezért a gazdasági tevékenységeket reprezentáló változók száma kevesebb mint 6×18 .

történő beszerzésre. Az anyagigény koefficiensekből (azaz az ágazati kapcsolati mérlegek szokványos technológiai koefficienseiből) levonva a nem kompetitív importigény koefficienseket, megkapjuk a kompetitív inputkoefficienset. (Egy későbbi egyenletben ezt g_{ij} -vel fogjuk jelölni.) Ez azt az anyagigényt adja meg, amelynek kielégítése szabadon történhet akár hazai termelésből, akár importból; a program ebben szabadon dönt. Magát a kompetitív importot, amely a kompetitív igények fedezésére szolgálhat, önálló változók reprezentálják a modellben, amint az a változók felsorolásából is kitűnik.

Az importra vonatkozó előzetes megjegyzés után rátérhetünk a modell korlátozó feltételeinek ismertetésére.

I. Termékmérlegek. Tartalmuk az import speciális kezelése miatt tér el a szokásostól. Az i -edik szektorra vonatkozó termékmérleg szerkezete a következő:

$$(1) \quad x_{i1} + x_{i2} + y_i^{(S)} + y_i^{(K)} - z_i^{(S)} - z_i^{(K)} - \sum_{j=1}^{18} g_{ij}(x_{j1} + x_{j2}) - h_j w_1 \geq d_i, \text{ ahol}$$

x_{i1}, x_{i2} = az i -edik szektor termelése a tervidőszak előtt már fennálló (1), illetve a tervidőszak alatt létesített új (2) kapacitásokon;

$y_i^{(S)}, y_i^{(K)}$ = az i -edik szektor termékeit helyettesítő kompetitív import szocialista, illetve kapitalista piacról;

$z_i^{(S)}, z_i^{(K)}$ = az i -edik szektor termékeinek exportja szocialista, illetve kapitalista piacra;

g_{ij} = kompetitív inputkoefficiens (értelmezését fentebb, az import kezelésének magyarázatakor megadtuk);

h_i = az i -edik szektor hozzájárulása az egységnyi többletfogyasztáshoz;

w_1 = a többletfogyasztási indikátorváltozó;

d_i = az 1970. évi hazai végső felhasználás: a lakossági és közületi fogyasztás, a készletnövelés és az 1970. évi beruházási-felújítási tevékenység termelő felhasználása.

Mint látjuk, az (1) feltétel csupán azokat a termékeket osztja el, amelyeknek forrása egymással versenyezve a hazai termelés és a kompetitív import.

II. Erőforrás-korlátok. Ide tartoznak a következő feltételek:

II.1. A termelő tevékenységek 1970. évi állóalapigénye nem lehet több a rendelkezésre álló összes 1970. évi állóalagnál.

II.2. A termelő tevékenységek 1970. évi összes létszámigénye nem lehet több a rendelkezésre álló létszámnál. A globális létszámkorláton belül külön feltételekben korlátozzuk a mezőgazdasági és a nem mezőgazdasági létszámigényt, továbbá a férfi-létszámigényt, mivel ez utóbbi képezi jelenleg a hazai munkaerő-ellátás egyik fő szűk keresztmetszetét.

II.3. Az ötéves terv időszaka alatt létesített új kapacitások megteremtéséhez szükséges importgépigény nem haladhatja meg a tervidőszak alatt rendelkezésre álló importgépkereteket.

II.4. A természeti erőforrásokat igénylő szektorokban felső határt szab a szükséges természeti erőforrás korlátozott mennyisége.

III. Kapacitáskorlátok. Ezek a régi, a tervidőszak kezdetén már fennálló kapacitásokon folyó termelést reprezentáló változók felső korlátai.

IV. Export- és importkorlátok.

IV.1. Felső határt szabunk minden exporttevékenységnek, a külföldi vevők korlátozott vételképességének kifejezésére.

IV.2. Felső korlátot szabunk minden szocialista piacról származó importnak, általában az eladók korlátozott eladási képességének kifejezésére. Egyes esetekben a korlát saját vételképességünk felső határát reprezentálja; néhány ágazatban ugyanis a szükséglet — meghatározott műszaki, minőségi stb. követelmények miatt — csak részben elégíthető ki szocialista importból. A kapitalista piacról származó importnak nem szabunk felső határt, mivel a beszerzésnek általában nincs felső határa az eladók oldaláról. Csupán részünkről, a vevő oldaláról, devizális okokból vannak felső határok; ezt azonban nem importkorlátok formájában kell kifejezni, hanem a meghatározott egyenleget biztosító áruforgalmi mérlegek segítségével.

IV.3. A már lekötött exportügyletek kötelező előírása, alsó korlátok formájában. Modellünkkel, amint arra később még részletesen visszatérünk, nem egyetlen számítást, hanem egész számításorozatot hajtottunk végre. Egyes számításokban előírtunk IV.3. típusú alsó korlátokat, másokban nem.*

V. *Devizamérlegek.* Külön devizamérleget (vagy pontosabban: az áruforgalom devizális bevételeinek és kiadásainak mérlegeit) írtuk elő a szocialista piacra rubelben számítva és a kapitalista piacra dollárban számítva. E mérlegek pozitív tételként tartalmazzák az exportból eredő tételt, negatív tételként pedig egyrészt a kompetitív importváltozókból, másrészt a termelési változók nem kompetitív importigényeiből eredő kiadásokat.

A korlátozó feltételi rendszer áttekintése után még röviden szólunk a célfüggvényekről is. Számításainkban általában paraméteres célfüggvényt alkalmaztunk, a következő formában:

$$(2) \quad \lambda w_i + (1 - \lambda)w_j \longrightarrow \max! \quad 0 \leq \lambda \leq 1, \quad \text{ahol}$$

λ = a paraméter

w_i, w_j = a három indikátorváltozó közül kettő.

Vegyük például ezt az esetet: w_i a többletfogyasztás, w_j pedig a tőkés devizamérleg egyenlege. Ha a λ paraméter értéke 1, úgy a cél „tisztán” a fogyasztás maximalizálása; ha a paraméter értéke 0, úgy a cél „tisztán” a tőkés devizamérleg pozitív egyenlegének maximalizálása. Közbeeső paraméterértékeknél a két célt különböző súlyok szerint kombináljuk. A számításoknál a paramétert végigfuttatjuk az egész [0,1] intervallumon. Ezen felül külön számításokat végeztünk oly módon, hogy a fogyasztás és a szocialista devizamérleg optimalizálását kombináltuk, továbbá a kétféle devizamérleg optimalizálásának kombinációjával is.

* Gyakorlatilag nem volt szükséges az export alsó korlátait külön feltételként megadni, hanem azt beépíthettük az (1) termékmérlegbe. Ilyenkor tartalmazta a hazai végső felhasználáson felül a „kötelező” exportot is; a $z_i^{(S)}, z_i^{(K)}$ exportváltozók pedig nem az egész, hanem csupán a kötelező szint feletti többletexportot reprezentálták.

Az adatok forrásai

Modellünk fő adatforrása az 1970. évi terv kidolgozásához az Országos Tervhivatal Távlati Főosztályán összeállított ágazati kapcsolati mérleg volt.

A terv kidolgozása a szokásos hagyományos, nem matematikai módszerekkel indult meg. Az ily módon kialakított első tervvázlatot, egyes előirányzatait nem sikerült teljes mértékben összhangba hozni, hanem aránytalanságok, potenciális jövőbeli egyensúlyzavarok mutatkoztak benne. Az ágazati kapcsolati mérleg összeállítása s a gyakorlati tervezőkkel való megvitatása segítséget nyújtott az aránytalanságok, potenciális egyensúlyzavarok feltárásában és a terv koordinálásának javításában. Végeredményben egy olyan ágazati kapcsolati mérleg birtokába jutottunk, amely megközelítően tükrözte az Országos Tervhivatalban kialakított 1970. évi terv fő előirányzatait; a gyakorlati tervezők elgondolásait írta le egy input-output tábla formájában.*

Összevont programozási modellünk alapvető adatait ebből az input-output táblából, az Országos Tervhivatal 1970. évi ágazati kapcsolati mérlegéből vettük át. Mindenekelőtt innen vettük át azokat a technológiai koeficienseket, amelyek az (1) egyenletben szereplő g_{ij} koeficiensek becsléséhez kiindulópontként szolgáltak.

Az ágazati kapcsolati mérleg összeállításához kapcsolódva készültek el a Távlati Főosztályon az ún. importsakktáblák, amelyek megadták az egyes szektorok importszerkezetét, szocialista és kapitalista piacok szerinti bontásban. Itt összesítve szerepeltek az importigény-koeficiensek, amelyeket azután — az ágazati tervezők közreműködésével — szétbontottunk kompetitív és nem kompetitív importigényekre, modellünk szerkezetének megfelelően.

A hazai végső felhasználás előirányzatait a hagyományos módon készült hivatalos tervelőirányzatokkal megegyező, említett 1970. évi ágazati kapcsolati mérlegből vettük át. A hivatalos tervből merítettük az erőforrás-korlátokat. Az állóalap-, importgép- és létszámigényeket a hagyományos módszerekkel kialakított tervmutatószámokból vezettük le, azokat mintegy az 1970. évi ágazati kapcsolati mérleg kiegészítő adatainak tekintve.

Mind az anyag- és importkoeficienseket, mind az állóalap- és létszám-koeficienseket összehasonlítottuk hasonló bontású, statisztikai ténytípusokon alapuló input-output táblák megfelelő adataival, s szükség esetén megfelelő korrekciókat hajtottunk végre.

A külkereskedelmi árak forrása a külkereskedelmi statisztika volt, amely a tényleges magyar üzletkötésekről számol be. Célszerű lett volna statisztikai adatok közvetlen felhasználása helyett az 1970. évi várható árakra becsléseket kidolgozni; erre azonban ebben az első kísérleti számításban nem tudtunk vállalkozni. Az export- és importkorlátok becslésében a Tervhivatal külkereskedelmi szakértői működtek közre.

Amint az elmondottakból kitűnt, adatainkat — amennyiben nem statisztikai adatok egyszerű átvételén alapulnak — vagy a hagyományos, nem matematikai tervezés dokumentumaiból vettük át, vagy az Országos Terv-

* Az Országos Tervhivatal 1970. évi ágazati kapcsolati mérlege összeállításának munkálatait jelen cikk egyik szerzője, Ujlaki Lászlóné irányította.

hivatal gyakorlati tervezőinek becslésein alapulnak. A matematikai programozási modellel végzett számítás tehát nem tekinthető az Országos Tervhivatal munkájától független kutatásnak. Ha a modellel végzett számítások eltérnek a hagyományos módon összeállított terv egyes előirányzataitól, úgy az nem minősíthető a tervhivatali munka kívülről jövő kritikájának, hanem inkább egyfajta „önkritikájának”. Jól tudjuk, hogy egy matematikai modell számszerű eredményei messzemenően függenek azoktól a kiinduló adatoktól, amelyeket az elektronikus számológépbe betáplálunk. A mi esetünkben csupa olyan adatból indultunk ki, amelyek forrása valamilyen formában maga a gyakorlati tervező apparátus. Ezt a szoros összefonódást a matematikai modellel végzett munka és a hagyományos tervezés között annál is inkább érdemes hangsúlyozni, mert — tudomásunk szerint — sok országban a matematikai közgazdászok nehezen jutnak el a gyakorlati tervezőmunka közvetlen közelébe s kevés támogatást kapnak a tervezőktől.

A félreértések elkerülése végett meg kell mondanunk: a tervhivatali munkával való szoros kapcsolat nem jelenti azt, hogy az 1966—70. évi terv véglegesen elfogadott előirányzatai végül is az összevont modellel végzett számításokon alapulnának. Az összevont programozással — főképpen a közreműködő munkatársak kis száma és a számítástechnikai nehézségek miatt — csak a tervezés elég késői stádiumában készültünk el; túl későn ahhoz, hogy eredményeink perdöntő hatással lehettek volna a tervre. Emellett mi magunk is kellő fenntartással fogadtuk számszerű eredményeinket, a munka kísérleti jellege, s az adatokban rejlő számos bizonytalanság miatt. A matematikai programok ilyenformán inkább a terv kisebb, részleges módosításaihoz, s a későbbi, végrehajtás közbeni korrekciókhoz adtak és adnak támpontot. A jövőben, a következő ötéves tervek kidolgozásakor arra kell majd törekedni, hogy hasonló összevont programozások már a tervmunka elején, a kiinduló számok kidolgozásában szerephez jussanak.

A modellel végzett számításorozat

Magyarországon a matematikai módszerek megjelenése előtt általában nem készültek szimultán tervvariánsok. A tervezők arra törekedtek, hogy egyetlen elfogadható tervjavaslatot dolgozzanak ki. A hagyományos „kézműves” technikával ennek az egyetlen javaslatnak az összeállítása is olyan óriási erőfeszítést igényel, hogy végképp nem jutott erő párhuzamos variánsok kidolgozására. Sőt rendszerint azt sem sikerült maradéktalanul biztosítani, hogy ez az egyetlen javaslat valóban minden részletében koordinált, egyensúlyban levő tervet alkosson.

Ezt a helyzetet a múltban sokszor nem úgy írták le, mint a tervezés „kézműves” technikájának sajnálatos, de elkerülhetetlen negatív következményét, hanem mintegy „megideologizálták”. Élt a tervezők, s a tervezéssel foglalkozó elméleti közgazdászok körében az az elgondolás, hogy tulajdonképpen egyetlen „igazi” terv létezik; amely „kifejezésre juttatja a gazdaság objektív törvényszerűségeit”. Időnként meg is nyugtatták önmagukat a tervezők, javaslataik kidolgozásakor és végleges lerögzítésekor, hogy sikerült ezt az egyetlen „igazi”, „szükségszerű” tervet megtalálni.

A tervezés matematikai technikáinak megjelenésével világossá vált: egy-egy adott konkrét objektív helyzetben nem egyetlen, hanem többféle — önmagában végrehajtható, reális — terv dolgozható ki, amelyek abban különböznek egymástól, hogy milyen arányban szolgálják a különböző lehetséges gazdaságpolitikai törekvéseket s mennyire hatékonyan. Ezek közül kell kiválasztani azt a tervet, amelyet végre akarunk hajtani. Már az egyszerű input-output modellek is módot adtak ilyen szimultán tervvariánsok kidolgozására.

A matematikai programozási, optimalizációs modellek megjelenésével együtt azonban ismét új „ideológiához” jutott az egyedül üdvözítő, egyetlen terv gondolata. Igaz, aki ismerős a matematikai programozásban, jól tudja: ha egyáltalán van megengedett, a korlátozó feltételeket kielégítő program, akkor rendszerint végtelenül sok ilyen program van. De a programozási modell típusok igen széles osztályában s köztük a lineáris programozási modelleknél is (a degeneráció kivételes eseteiről eltekintve), csupán egyetlen olyan program van, amely mellett a maximálandó célfüggvény a maximumát veszi fel. Létezne tehát egyetlen „igazi” optimális terv, s a matematikai tervezők dolga, hogy ezt megtalálják.

Ez valóban így lenne, ha létezne valamilyen egyedül üdvözítő célfüggvény, amely szintétikusan kifejezi a társadalom érdekeit. Ennek létezésében azonban nem hiszünk s ezért minden egyes „optimális” (a célfüggvény szélső értékét biztosító) program optimalitását relatívnak tartjuk. Ez viszonylag a legkedvezőbb program — a korlátok adott numerikus értéke, s az elkerülhetetlenül bizonyos fokú önkényességgel megválasztott optimalizálási kritérium mellett. Márpedig mind a korlátok numerikus értékében, mind a célfüggvény megválasztásában nemcsak a gazdaság objektív adottságai s szükségszerű tendenciái fejeződnek ki, hanem gazdaságpolitikai elhatározások is; továbbá a jövő bizonytalan jelenségeire vonatkozó elkerülhetetlenül pontatlan becslések és feltételezések is.

Nézetünk szerint egy matematikai programozási modellel nem egyetlen „optimális” tervet kell kidolgozni, hanem a tervvariánsok egész sorozatát. Az összevont modellel például összesen 43 variánst számítottunk ki. Valamennyi egy-egy komplett ötéves tervet ír le, s kielégíti a termelés, a külkereskedelem és a fogyasztás egyes alapvető arányosságait. A variánsok a következőkben különböztek egymástól:

1. Milyen fő törekvésekre összpontosítjuk a gazdaság erőfeszítéseit: a fogyasztás maximalizálására vagy az ország külkereskedelmi pozíciójának javítására? Tisztában vagyunk azzal, hogy hosszú lejáratú, 15—20 éves tervezésnél nem szerepelhetne célfüggvényként egyik vagy másik devizamérleg javítása, hiszen ez végeredményben nem cél, hanem eszköz a gazdasági haladás szolgálatában. Itt azonban középlejáratú, ötéves tervről van szó, s Magyarország adott helyzetében, amelyet cikkünk elején vázoltunk, hasznosnak bizonyult a két devizamérleg-egyenleget is alternatív maximalizálándóként megadni.

Matematikai szempontból a tervvariánsok készítése ebben az esetben különböző célfüggvények alternatív alkalmazását, illetve paraméteres programozás végzésével a különböző célok alternatív súlyozását jelenti. Természetesen módszertanilag semmi akadálya nincs annak, hogy hasonló számításokhoz más alternatív célfüggvényeket is használjunk s ily módon

más gazdaságpolitikai törekvéseket is reprezentáljunk a tervvariánsok kidolgozásánál.

2. A tervvariánsok egyes csoportjai különböznek egymástól abban a tekintetben, mennyire tekintettük a programozáskor már eleve eldöntöttnek exportfeladatainkat. Néhány számításban egyszerűen átvettük s kötelező alsó korlátként írtuk elő a hagyományos módon már eldöntött valamennyi exportfeladatot. Csupán az alsó korlátok feletti többletexport megválasztásában engedtünk szabadságot a modellnek. Más számításokban csak az egyik vagy a másik piaci relációban írtuk elő ezeket az alsó korlátokat. Végül a számítások egy harmadik csoportjában feltételeztük: módunk van az egész exportot szabadon újratervezni, tekintet nélkül a már lezajlott nemzetközi megállapodásokra. Ez utóbbi feltevés természetesen nem reális; a vizsgálat mégis tanulságos, mert támpontokat adhat a magyar gazdasági vezetés álláspontjának kialakításához a jövőbeni nemzetközi megállapodásokat előkészítő tárgyalásokon.

3. A becslések egy részében — például néhány exportkorlát megadásában — bizonytalanok voltunk. Ezért e becsléseknek nem egy, hanem kétféle értéket adtunk, egy optimistábbat és egy pesszimistábbat s a számításokat mindkét feltevés mellett lefuttattuk.

A 2. és 3. típusú számítás módszertanilag a korlátozó feltételek jobb oldalán levő korlátok számszerű módosítását jelentette, azaz a számítás ismételt lefuttatását az

$$(3) \quad \mathbf{Ax} = \mathbf{b}_k$$

korlátozó feltételi rendszer mellett, állandó \mathbf{A} koefficiens-matrixszal, de más és más $\mathbf{b}_1, \mathbf{b}_2, \dots$ korlátvektorokkal.

A számítássorozat hasznosítása

Meg kell vallanunk őszintén: találkoztunk azzal a nézettel, hogy egy ilyesfajta számítássorozat csak zavart és bizonytalanságot okoz. Mit kezdjen a gazdasági vezetés egyszerre, ilyen sok szimultán variánssal? Hiszen sokkal egyszerűbb lenne, ha az elektronikus számológép csupán egyetlen javaslatot adna ki, s a matematikai közgazdászok egyértelműen ajánlhatnák ennek az egynek elfogadását. Pedig éppen ebben — a választási lehetőségek kiterjesztésében — áll a matematikai programozás legnagyobb jelentősége. Persze, nem arról van szó, mintha a matematikai programozóknak minden kommentár és „súlyozás” nélkül, egyenrangú alternatívaként kellene átadniok a vezető szerveknek 43-féle tervvariánst. Szükség van ezek egyfajta előzetes szelekciójára, az igazán lényeges alternatívák összehasonlító közgazdasági értékelésére. De végül is nyitva marad a lehetőség a végső döntésekre. Ez a többféle lehetőséget szimultán mérlegelő tervezési munkastílus persze kezdetben szokatlan, de meggyőződésünk, hogy érdemes a vele járó többletmunkát vállalni.

Vegyük sorra, mi az a többlet, amit a hagyományos tervezéshez képest a matematikai programozási modellel végzett számítássorozat nyújt:

1. Először is biztosítja, hogy *valamennyi tervvariáns reális legyen az alapvető arányosságok szempontjából*, azaz a matematikai programozás nyelvén megengedett, a korlátozó feltételi rendszert kielégítő programok-

kal legyen dolgunk. Ez, bármily magától értetődő követelmény, nem biztosítható egykönnyen a hagyományos módszerekkel. Amint azt már említettük, a harmadik ötéves terv kidolgozása során a hagyományos módon nem sikerült teljesen koordinált tervhez jutni. A modellel végzett számításokat megelőző utolsó hivatalos tervjavaslat eredetileg nem volt megengedett program. Bizonyos szektorokban értékesítetlen felesleg, más szektorokban pedig hiány mutatkozott.

Természetesen a programozás révén nyert terv realizálhatóságának mérve szorosan összefügg a modell aggregáltságának fokával. Egy erősen összevont modellel nyert program megengedettsége nem zárja ki a potenciális egyensúlyzavarokat a modellben elhanyagolt részletösszefüggésekben. Márcsak ezért is szükség van kevésbé aggregált modellekre is — amint arra még később visszatérünk.

2. *Matematikai programozási modellünkkel előállíthatunk ún. „efficiens” programokat.* Efficiensnek nevezzük azt a programot, amellyel nem állítható szembe olyan másik program, amely többféle szempontból jobb lenne nála, csupán olyan program, amely egyik szempontból kedvezőbb ugyan, egy másik szempontból azonban kedvezőtlenebb. Például egy x_1 program efficiens lehet, ha található vele szemben egy másik x_2 program, amelynek szocialista devizamérlege kedvezőbb, de kapitalista devizamérlege kedvezőtlenebb. Viszont mondjuk az x_3 program már nem minősül efficiensnek, ha akár az x_1 , akár az x_2 program mind a szocialista, mind a kapitalista devizamérleg szempontjából kedvező.*

Efficiens programok előállítására szerényebb, de realisabb követelmény mint az „optimális” program megtalálása. A fenti értelemben mind a 43 tervvariánsunk efficiens program.

3. *A számítássorozattal megtalálható, melyek a népgazdasági terv viszonylag stabil, a különböző gazdaságpolitikai törekvésekre, alternatív feltevésekre aránylag kevésbé érzékeny pontjai, s melyek a nem stabil, az említett tényezők módosítására érzékeny pontok.* Ezért is nevezik az ilyen számításokat *érzékenységi vizsgálatoknak.*

Számításainkban többféle módon elemeztük a programok érzékenységét. Meghatároztuk a termelés és külkereskedelmi előirányzatok minimális és maximális értékét a különböző variánsokban és a két érték közti intervallummal jellemeztük az előirányzat stabilitását. Megmutatkozott, hogy például a szénbányászat vagy az építőipar termelési előirányzatai viszonylag stabilak; előbbinél 2,2%, utóbbinál 0,1% a maximális érték eltérése a minimálistól. Viszont aránylag labilis a gépipar vagy a textilipar termelési előirányzata.

Egy másik elemzési eszköz: kiszámítottuk a különböző tervvariánsokban szereplő, azonos tevékenységre vonatkozó előirányzatok szórását, illetve variációs együtthatóit, azaz a szórást a középérték százalékában. Kitűnt, hogy a népgazdaság összes termelésének előirányzata aránylag stabil; a variációs együttható 0,4%. Ezzel szemben a külkereskedelmi előirányzatok sokkal érzékenyebbek; a variációs együttható a szocialista importnál 6,6%, a tőkés importnál 12,3%, a szocialista exportnál 7,4%, és a tőkés exportnál 10,2%. Ha ennél mélyebbre hatolunk, s a 18 szektoros bontásban fi-

* Adott $Ax = b$, $x \geq 0$ feltételek mellett efficiens programnak minősül minden, a megengedett programok halmazának csúcspontjaihoz tartozó program, valamint azok konvex kombinációi.

gyeljük az előirányzatokat, még sokkal nagyobb eltéréseket tapasztalunk. Például az élelmiszeripar tőkés exportja aránylag stabil tevékenység (variációs együttható: $5^0/0$), míg a vegyipar tőkés exportja rendkívül érzékeny mind a gazdaságpolitikai törekvések, mind a külkereskedelmi feltevések megválasztására (variációs együttható: $166,3^0/0$).

A programok érzékenységének vizsgálata megkönnyíti, hogy a tervezők elválasszák a valóban megvitatásra, mélyebb elemzésre váró problémákat az aránylag könnyen tisztázhatóktól. Az aránylag stabilabb előirányzatokon nem érdemes túl sokat vitatkozni; a tervezők szellemi energiája az érzékeny pontok vizsgálatára koncentrálható.

4. A számítássorozat segítségével kimutathatjuk az alapvető gazdaságpolitikai döntési problémákkal kapcsolatban az alternatív elhatározások következményeit. Lássunk erre egy példát:

Célfüggvényként a fogyasztás és a tőkés devizamérleg kombinált optimalizálását írtuk elő. Megszabtuk a fogyasztás alsó korlátait és a tőkés devizamérleg pozitív egyenlegének alsó korlátját; mindkettőt a hivatalos tervjavaslat színvonalán. A matematikai programozási modell képes ehhez viszonyítva némi többletet felszínre hozni: ez a többlet vagy lakossági többletfogyasztásban realizálódik, vagy a devizamérleg egyenlegének többlet-dollárjában, vagy a kettő valamilyen kombinációjában. Így megállapítható a többletfogyasztás „opportunity cost”-ja: hány dollár devizamérlegjavulásról mondunk le, ha a fogyasztást maximalizáljuk. Vagy megfordítva, hány forint többletfogyasztásról mondunk le, ha az egész többletet a tőkés devizamérleg javítására összpontosítjuk. Kitűnt, hogy — amennyiben a hivatalos tervjavaslat exportfeladatait alsó korlátként előírjuk — ez a mutatószám 61 forint per dollár. Ez a dollármérleg javításának „ára” az elvesztett többletfogyasztás forintjában mérve.

A matematikai programozási modell nem foglal állást abban a kérdésben, milyen arányban fordítsuk a hivatalos tervjavaslaton felül elérhető többletet fogyasztásra, a tőkés vagy a szocialista devizamérleg javítására, vagy valami másra (mondjuk beruházásra stb.). Ehelyett azt mondja meg: mi a következménye annak, ha ezt a kérdést a gazdaság legfelső vezetői eldöntik, mégpedig mi a következmény abban az esetben, ha e döntést a leghatékonyabb terv, az alapvető döntés szempontjából viszonylag legkedvezőbb program támasztja alá. A legfelsőbb intézményeknek tehát nem arról kell vitatkozniuk, mennyi legyen mondjuk a gépipar vagy az élelmiszeripar termelése, mert ezeket a részletelőirányzatokat kiszámítja a matematikai modell. Ehelyett a végső, az alapvető gazdaságpolitikai kérdésekben kell állást foglalni. Ily módon a számítássorozat magasabb színvonalra, az alapvető kérdések színvonalára emeli a gazdasági vezetés döntési problémáit.

Az árnyékárakról

Valamennyi kiszámított tervvariáns egy-egy lineáris programozási feladat *primális* programját jelenti. Természetesen ezzel együtt kiszámítottuk a *duális* programokat is, azaz az egy-egy tervvariánshoz tartozó *árnyékárrendszert*.

Mivel az árnyékárak abszolút nagysága a célfüggvény közgazdasági tartalmától és mértékegységétől is függ, az összehasonlítások céljaira ki-

számítottuk az árnyékárarányokat, a relatív árnyékárrendszereket is. Egyésgesen az élelmiszeripari hazai végső felhasználás árnyékárát vettük száznak, ehhez arányítottuk a többi korlát árnyékárát.

Az egyik fontos tanulság a relatív árnyékárrendszerek instabilitásának megállapítása volt. Nem szabad azt hinnünk, hogy itt valamilyen „objektíve meghatározott” értékelésekkel van dolgunk. *Az árnyékárak arányai messzemenően függenek attól, hogy — adott objektív gazdasági helyzet mellett — milyen célokat állít maga elé a gazdaságpolitika s milyen feltételezésekkel élünk a jövő bizonytalanságaira vonatkozóan.*

Lássunk erre egy példát. Megvizsgáltuk, hogyan alakul modellünkben az állóalap és az élő munka helyettesítési aránya. Az állóalapkeret árnyékára azt fejezi ki: mennyivel növekedne a célfüggvény értéke, ha egységnyivel növelnénk az állóalapkeretet. Ez tehát az állóalap differenciális hatékonyságát mutatja. A létszámkeret árnyékára azt fejezi ki, mennyivel növekszik a célfüggvény értéke, ha egységnyivel növelnénk a létszámkeretet. Ez utóbbi eszerint a létszám, az élőmunka differenciális termelékenységét adja meg. A két árnyékár hányadosa, amelyet R -rel jelölünk, az állóalap és a létszám differenciális helyettesítési arányát fejezi ki:

$$(4) \quad R = \frac{\frac{\partial C}{\partial K}}{\frac{\partial C}{\partial L}},$$

ahol K az állóalapkeret, L pedig a létszámkeret. Az angol nyelvű irodalom ezt a mutatószámot nevezi „marginal rate of substitution”-nak.

E mutatószámnak igen fontos közgazdasági jelentősége van. Ezzel analóg mutató rendszerint levezethető a különböző aggregált makroökonomiai termelési függvényekből is. Elterjedt az a vélemény, hogy kizárólag technológiai tényezők határozzák meg: az állóalap és az élő munka kombinációjának technológiai lehetőségei. Amennyiben az árnyékárakat árképzéshez használnánk fel, úgy ehhez a mutatóhoz kellene igazodnia az állóalapok után számított eszközlekötési járulék és a létszám után számított, azzal arányos költségek (bérek és béradók) arányának.

Számítássorozatunk keretében meghatároztuk az R hányadost az egyik paraméteres programozás során nyert valamennyi programhoz. E számításnál feltételeztük, hogy az exportot nem kötik meg a már korábban megtervezett exportügyletek. A $\lambda = 0$ paraméter állásnál, „tisztán” a tőkés devizaegyenleget optimalizálva a differenciális helyettesítési arány, $R = 4800$ forint per fő, vagyis 4800 forint többlet állóalap helyettesít egy többletlétszámot. A $\lambda = 1$ paraméter állásnál, „tisztán” a fogyasztást maximalizálva a differenciális helyettesítési arány $R = 12\,400$ forint per fő. A paraméter közbeeső értékeinél a két szám közé eső értékeket kapjuk.

Kitűnt tehát, hogy *a helyettesítés differenciális aránya nemcsak technológiai, hanem gazdaságpolitikai tényezőktől is függ; attól, milyen célra kívánjuk a népgazdaság erőtartalékait mozgósítani. Ha a minimális fogyasztás és a minimális devizaegyenleg biztosítása feletti többletet a fogyasztás növelésére fordítjuk, úgy a munka válik viszonylag szűkebb keresztmetszetté. Ha viszont a külkereskedelmi pozíció javítására összpontosítjuk, úgy az állóalap válik viszonylag szűkebb keresztmetszetté. S a*

különbség nem is kicsi; a helyettesítési arány rendkívül érzékenyen reagál erre a választásra: a fogyasztás maximalizálása esetén több mint kétszerese a devizaegyenleg maximalizálása mellett kapott értéknek. Ez — az árképzés nyelvére lefordítva — kb. a következőket jelentené: ha mindkét gazdaságpolitika mellett azonos béreket és béradókat alkalmaznánk, úgy a devizamérleget optimalizáló tervet több mint kétszer akkora eszközlektési járulékkal kellene alátámasztanunk, mint a fogyasztást maximalizáló tervet.

Az árnyékárrendszer érzékenységevel kapcsolatos tapasztalatok elgondolkoztatóak. Ismereteseek azok a javaslatok, amelyek az árnyékárak közvetlen felhasználását ajánlják az árképzésben. Néhányan túlságosan egyszerűnek képzelik ezt. Úgy hiszik: mivel könnyű megtalálni az egyetlen optimális tervet, ehhez egyszerűen kiszámítjuk az ugyancsak egyetlen optimális árnyékárrendszert. Már az elmondottakból is kitűnt, hogy ez sajnos nem megy ilyen könnyen. Éppen mert nincs egy kézenfekvően adott, egyedül lehetséges optimális primális terv, nincsen egy hasonlóképpen kézenfekvően adott duális árnyékárrendszer sem. Az árnyékárrendszer rendkívül érzékeny a gazdaságpolitikai törekvések megválasztására. Bizonyos tehát, hogy a programozási modellekből nyert árnyékárak csak akkor használhatók fel a tényleges árképzéshez, ha (más feltételekről nem is szólván) a gazdasági vezetésnek jól definiált, világosan kidolgozott, hosszú időre aránylag stabil gazdaságpolitikája van, s ez a gazdaságpolitika kellőképpen kifejezésre jut a matematikai modell szerkezetében és numerikus adataiban.

Az összevont és a „kétszintű” programozás kapcsolata

Az összevont programozási modell számításaival egyidejűleg a kutatók egy nagy kollektívája dolgozott az 1966—70-es terv ún. „kétszintű tervezési” modelljén.* Mindkét esetben mind közgazdasági, mind matematikai szempontból rokontermészetű modellekről van szó. Mindkettőnél lineáris programozást végzünk. Mindkettőnél a program a tervidőszak végére, 1970-re határozza meg a termelés és a külkereskedelem előirányzatait, ezen keresztül, indirekt módon az 1966—70. évi beruházási tevékenységek szerkezetét. Mind a célfüggvények, mind a korlátozó feltételek gazdasági tartalma rokon egymással mindkét modellben. A két modell között azonban lényegbevágó eltérések is vannak:

— Az összevont modell 18 szektorra, azaz 18 igen nagy termékaggregátumra bontja a termelést, míg a kétszintű modell 505 sokkal kevésbé aggregált termékcsoporthoz tagolja. Ennek megfelelően az összevont modellben kb. 80, a kétszintű modellben kb. 2500 változó szerepel; az összevont modellben kb. 80, a kétszintű modellben pedig kb. 2000 egyenlet. Az egyik lényeges különbség tehát a részletezettség, illetve összevontság fokában rejlik.

— Az összevont modellben nem szerepelnek alternatív technológiák,

* A kétszintű tervezés kutatócsoportját jelen cikk egyik szerzője, Kornai János irányítja. A kutatásról lásd a „Kísérleti népgazdasági programozás a III. ötéves terv előkészítéséhez” című cikket (Közgazdasági Szemle, 1965. 6. szám), valamint a népgazdasági programozás metodikáját és számszerű eredményeit ismertető sokszorosított tájékoztatókat. (Utóbbiakból eddig 18 kötet jelent meg.)

műszaki variánsok, viszont a kétszintű modell megengedi a választást ilyesfajta variánsok között is. Utóbbi tehát nemcsak az ágazati arányok, s ezen belül a termékstruktúra, hanem a műszaki fejlesztés tervezésére is alkalmas.

— Az összevont modell, ha ugyan aggregált formában is, de átfogja az egész társadalmi termelést, akárcsak az alapjául szolgáló ágazati kapcsolati mérleg. Ezzel szemben a kétszintű modell, ha sokkal részletesebb is, de nem teljeskörű. Csupán 505 kiemelt, az Országos Tervhivatal mérlegeiben elosztott termék előállítását, s az ezzel összefüggő beruházási és külkereskedelmi tevékenységeket tervezi.

— Az összevont modell, akárcsak az alapjául szolgáló ágazati kapcsolati mérleg, értékben, folyó árakon számolja el a társadalmi termelést. Ezzel szemben a kétszintű modell megszerkesztésekor lehetőség szerint a folyó árakon végzett mérés kiküszöbölésére törekedtünk, az érvényes árrendszer ismeretes torzításainak megkerülése érdekében. Ahol természetes fizikai mértékegységek egyáltalán értelmezhetők s ahol ezeket alkalmazza az Országos Tervhivatal is, ott mi is ezeket használtuk. Csupán az ily módon nem mérhető termékcsoporthoz használtuk mértékegységként a folyó árakat.

Az összehasonlítás világosan jelzi, hogy itt nem két egymással konkuráló modellről van szó, hanem egymást kiegészítő kutatásokról. Nem érdekes felvetni azt a kérdést, melyik modell „jobb”, mert mindkettőnek megvannak a maga előnyei, amelyekért bizonyos hátrányokkal kell fizetni. Az erős aggregáció előnye a könnyebb kezelhetőség; egyszerűbb nagyszámú tervvariánst kidolgozni, sokféle érzékenységi vizsgálatot folytatni. A nagy modell sokkal nehezkesebb, de kevésbé torzítják az erős aggregáció okozta egyszerűsítések. Hasonló a helyzet a többi eltérésben is. A teljeskörűségnek nagy a jelentősége; de ezen belül a legfontosabb termékmozgások, s a legfontosabb beruházási akciók külön kiemelésének is van jogosultsága. A hagyományos tervezés egyik racionális vonása, hogy megkísérli mind a teljes körű tervezést, mind a kiemelt termékek és legfontosabb beruházási akciók részletes tervezését is. Ami a mértékegységet illeti, a folyó árak megkerülésének, torzító hatásaik kikapcsolásának sok előnye van. Viszont kizárólag természetes mérés esetén lehetetlenné válik a különböző előirányzatok egyszerű összegezése.

Az összevont modellnek, éppen mert könnyen kezelhető, a tervezés korai szakaszában, a kiinduló számításoknál van fokozott jelentősége. Ilyenkor különösen fontos, hogy sok variánst dolgozzunk ki és elemezzük azok jellegzetességeit, következményeit. A tervmunka előrehaladtával azután szelektálnunk kell a nagyszámú variáns között, s a részleteket már csak néhány alapvető változatra érdemes kidolgozni. Ebben a későbbi fázisban kerül előtérbe a dezaggregált, kétszintű modell, amely biztosítja, hogy az egyes ágazatok speciális adottságait is figyelembe vevő, a részletekben is végrehajtható tervhez jussunk.*

Úgy gondoljuk, mindezek alapján, hogy az ötéves tervek megalapozá-

* Az összevont modell felhasználása a tervmunka korai stádiumában azért is lehetséges, mert tulajdonképpen összeállításához — a most követett gyakorlattól eltérően — nem nélkülözhetetlen egy már hagyományosan kidolgozott tervjavaslat, illetve az ebből a hivatalos tervjavaslatból levezetett ágazati kapcsolati mérleg. Már a mostani kutatás során is megkíséreltük más forrásból — az 1961. évi statisztikai ténymérlegből — előrebecsülni az 1970. évi tervmérleget, legalábbis az összehasonlítás céljaira. A további kutatást érdemes lesz ebben az irányban is folytatni.

sában mindkét modelltípusnak helye van. (Arról nem is szólva, hogy e két től túlmenően létjogosultsága van más modelleknek is: akár még aggregáltabb, néhány változós, nem lineáris növekedési modelleknek, akár többidőszakos programozási modelleknek, akár más számításoknak.)

Az összevont és a részletes, kétszintű lineáris programozási modell rokonságának és eltéréseinek elemzése sugallja azt a gondolatot, hogy megkíséreljük egyesíteni ezt a két modelltípust. Matematikai szempontból ez teljes mértékben lehetséges, hiszen mindkettőnél lineáris egyenletek szerepelnek. Közgazdaságilag az összekapcsolás azt jelentené, hogy egy nagy egyenletrendszer keretében az egyenletek egy része biztosítaná az aggregált fő arányosságok érvényesülését, az egyenletek másik része viszont a részletesen bontott összefüggések harmonikus alakulását. Az aggregált és a dezaggregált összefüggéseket leíró egyenleteket összekapcsolhatjuk különböző aggregáló, illetve dezaggregáló változók és egyenletek segítségével.

Az összekapcsolás igazi nehézségei az ilyen aggregáló és dezaggregáló változók és egyenletek számszerűsítésénél várhatók. Meg kell kísérelnünk például lineáris összefüggések formájában leírni a kapcsolatot egy szektor összes termelési értéke és legfontosabb, kiemelt termékeinek fizikai mértékegységben mért termelési volumene között. Itt olyan nehézségről van szó, amelyet most e két modelltípus összekapcsolása állít előtérbe, amely azonban tulajdonképpen benne rejtett a hagyományos, nem matematikai tervezés egész eddigi gyakorlatában. Ez a gyakorlat, legalábbis Magyarországon, sohasem hatolt el annak mélyreható tisztázásáig, biztosítva van-e a szükséges arányosság a termelés összevont (s rendszerint értékben mért) mutatószámai és a részletesebb (s gyakran természetes mértékegységben mért) mutatószámok között. Ezek az összefüggések további részletes vizsgálatot igényelnek.

Befejezésül még egy megjegyzést kívánunk tenni a két modell kapcsolatáról. Az ágazati kapcsolati mérlegre épülő összevont modell és a részletes kétszintű modell egyesítésére tett erőfeszítésektől egyebek között azt is várjuk, hogy elősegítik a matematikai tervezők eddig egymástól némileg különvált két irányzatának, két „iskolájának”, az „input-outputos közgazdászoknak” és a „programozó közgazdászoknak” a közeledését. Hozzájárul ahhoz, hogy szorosabb együttműködés alakuljon ki közöttük a tervezés módszereinek tökéletesítésében.