

KORNAI JÁNOS:

Egy iparág optimális beruházási tervének meghatározása lineáris programozással

A pamutszövő iparágban végzett számítás tapasztalatai

Nemrég fejeződött be az a kutatás, amely matematikai módszerekkel számította ki a pamutszövő iparág optimális beruházási, műszaki fejlesztési programját a II. ötéves terv időszakára.

A programozást kiterjedt vizsgálatok előzték meg. Kidolgoztuk a számítás metodikáját, s ezt előbb egy üzem — a Goldberger-szövöde — méreteiben próbáltuk ki.* E kísérlet tapasztalatait közgazdászok és textilmérnökök részletesen megvitatták, s csak ezután került sor az egész iparág méreteiben végzett számításokra. Az adatok összegyűjtésében s a számítás modelljének megszerkesztésében számos szakértő működött közre.** Végül a Magyar Tudományos Akadémia Számítás-technikai Központjának M 3-as típusú elektronikus számológépén végezték el a legfontosabb numerikus számításokat.***

A modell alapvonásai

A közgazdasági elemzés céljaira összesen 17-féle modellt alkalmaztunk. Ezek — alapkoncepciójukat tekintve — megegyeznek egymással, s csupán egyik-másik részletükben különböznek.

E cikkben csupán a modellek leglényegesebb vonásait ismertetem; lehetőleg mellőzve a speciális textilipari-műszaki problémákat és a modell matematikai vonatkozásait. A modell részletesebb leírása a cikkhez csatolt *Függelék*ben található.

1. *A programozás köre.* Számításunk kiterjedt a Pamutipari Igazgatóság összes vállalatára, de a vállalatokon belül kizárólag a szövődékekkel foglalkoztunk.

A szövőgépparkot három nagy kategóriára bontottuk: keskeny sima gépekre, széles sima gépekre és vetüléktarkázó gépekre. Ez a három kategória magában foglalja a jelenlegi szövőgép-állomány 97%-át. A

* A kísérleti programozás eredményeiről számolt be a *Közgazdasági Szemle* 1960. júniusi számában megjelent cikkem: „A műszaki fejlesztés és a beruházások gazdaságosságának számítása”.

Arra törekszem, hogy a jelen tanulmány elkerülje a felesleges ismétléseket a tavalyi cikkhez képest. Ezért nem térek vissza az ott már tisztázott fogalmak definíciójára.

** Az iparági programozás adatgyűjtésében és numerikus számításában közreműködő munkatársak: *Kotányi* Ferenc (Kistext), *Papp* Zoltán (Goldberger), dr. *Pécsi* János (Goldberger), *Szabó* László (Textilipari Kutató Intézet) és *Wellisch* Péter (Textilipari Kutató Intézet).

*** Ez volt az első nagyobb méretű általános lineáris programozási feladat, amelyet hazánkban elektronikus számológépen megoldottak. A numerikus számítást *Frey* Tamás (Számítás-technikai Központ) irányította.

fennmaradó 3% speciális (jacquard, frottier stb.) szövőgépből áll; ezeket számításunkban figyelmen kívül hagytuk.

A szövődékhez tartoznak — műszaki és szervezeti szempontból egyaránt — a szövőelőkészítő berendezések. Az előkészítés műveletei közül a négy legjelentősebbel foglalkoztunk: a keresztcsévéléssel, a vetülécsévéléssel, a felvetéssel és az irezéssel. Néhány kisebb jelentőségű, jóval kevesebb állóeszközt lekötő műveletet (pl. a kötözést) számításon kívül hagytunk.

2. *A választási problémák.* A beruházási terv meghatározásakor számos lehetséges alternatíva között választhatunk. A programozás jellegzetessége, hogy *szimultán* felel a választási problémák egész sorára. Modellünket úgy szerkesztettük meg, hogy az feleletet adjon a következő, a pamutiparban széles körben vitatott kérdésekre:

— A meglévő gyárakban hajtsunk-e végre rekonstrukciót, vagy építsünk új gyárakat?

— A jelenlegi régi gépek egy része kisebb-nagyobb beruházással átalakítható, korszerűsíthető. Mi történjék ezekkel: megtartsuk-e jelenlegi formájukban, korszerűsítsük vagy pedig szereljük le ezeket a gépeket?

— A meglévő régi gépek egy másik részénél nincsen érdemleges átalakítási lehetőség. Tehát csak két lehetőség kínálkozik: vagy megtartjuk, vagy leszereljük őket.

— Az új gépek beszerzésekor sokféle új típus közül választhatunk. Melyik típust válasszuk, s egy-egy típusból mennyit szerezzünk be?

Az a *program*, amelyet a számítás eredményeképpen kapunk, meghatározza a pamutszövő iparág 1965. évi állóeszköz-állományát. Megszabja: milyen legyen a géppark összetétele 1965-ben; továbbá: mennyi új épületteret létesítsünk a régi épülettér kiegészítésére. A program az 1965. évi állapot előírása révén megszabja azt az akciótervet, amelyet addig végre kell hajtani.*

3. *A feltételek.* Nem hajthatunk végre tetszőleges beruházási programot. Vannak reális adottságok — műszaki összefüggések, gazdaságpolitikai követelmények —, amelyekhez alkalmazkodni kell. Ezeket az adottságokat matematikai formában leírt feltételek alakjában fejeztük ki. Csak azt tekintjük „megengedett” programnak, amely ezeket a feltételeket teljesíti.

A feltételeket négy fő csoportba sorolhatjuk.

Az első csoport a *pamutszövő iparág extern termelési kötelezettségeit* írja elő. Az iparág gépi kapacitását úgy kell kialakítani, hogy az képes legyen teljesíteni az 1965-re előírt termelési tervet. Külön feltételek szabályozták a keskeny sima, a széles sima és a vetüléktarkázott szövetek kibocsátását.

Számításunk kiinduló adatainak rögzítésekor (1960 közepén) még nem alakult ki véglegesen az 1965. évi termelési terv. Az akkor érvényes előírászat szerint 1965-ben összesen 310,8 millió négyzetméter nyersszövetet kell termelni. (Ezt a továbbiakban „alacsonyabb termelési tervnek” nevezzük.) Felmerült azonban az az elgondolás is, hogy a termelést további 50 millió m²-rel emelni kell. (Ezt hívjuk a későbbiek-

* A számítás az akcióterv időbeli ütemezésével nem foglalkozott.

ben „magasabb termelési tervnek”.) A számításokat párhuzamosan mindkét esetre elvégeztük.

A feltételek második csoportja a pamutszövő iparág rendelkezésére álló beruházási erőforrásokat korlátozza. Ezzel kapcsolatban a következőkből indultunk ki:

Számításainktól függetlenül, a Könnyűipari Minisztérium már korábban meghatározta, mennyi legyen a pamutszövő iparág összes beruházása; ezen belül mennyit költenek építésre, valamint tőkésországokból behozoti gépekre.* Bármilyen programot javasoljon is számításunk, egyik sem igényelhet nagyobb beruházási összeget, több építést, s több tőkés devizát, mint az eredeti előirányzat.**

A feltételek harmadik csoportja a pamutszövő iparágon belüli vertikális arányosságokat írja elő. Biztosítani kell, hogy a szövőelőkészítő gépek zavartalanul kiszolgálhassák a szövőgépeket. A feltételeknek ez a csoportja tulajdonképpen matematikai formában kifejezett anyagmérlegekből áll.

Ide sorolhatók egyes speciális anyagmérlegek is. A korszerű automata szövőgépeket ugyanis nem akármilyen előkészítővel, hanem jó fonalminőséget biztosító korszerű előkészítő gépekkel kell kiszolgálni. Ez nélkülözhetetlen ahhoz, hogy az automata szövőgépek elérjék a jellemző teljesítményükként számításunkban feltételezettet. Ezt a speciális minőségi követelményt is feltételek formájában írtuk elő.

Végül a feltételek negyedik csoportja a programozáskor fennálló, az előző időszaktól örökölt állapotot, a „status quo”-t fejezi ki, amelyet természetesen számításba kell venni, amikor a további teendőket meghatározzuk.

Egyrészt, adottak a meglévő épületek. Azoknak a gépeknek a helyigénye, amelyeket a régi épületekben kívánunk elhelyezni, nem lépheti túl a jelenlegi épülettér határait.

Másrészt, adott a jelenlegi géppark, amelyről a programnak rendelkeznie kell: a régi gépeket vagy megtartjuk, vagy (ha lehet) átalakítjuk, vagy leszereljük őket.

4. Az optimum-kritériumok. A fent leírt feltételrendszerrel teljesítő, megengedett programok száma igen nagy. Melyiket tekintjük ezek közül optimálisnak?

Azt, amelyik az előírt termelési tervet (s persze a többi feltételt is) a legkisebb költséggel teljesíti. Ezt a követelményt fejezi ki a programozás célfüggvénye, amelyet minimalizálni akarunk.

A költségek közé csupán azokat a ráfordításokat soroltuk, amelyek nagysága a géppark összetételétől, s általában a programban előírt beruházási akcióktól függ. Idé tartozik mindenekelőtt az összes beruházási költség, továbbá az üzemeltetési költségek közül a közvetlen kiszolgáló személyzet bére, a közvetlen műszaki felügyelet bére, az energiaköltség, egyes segédanyagok költsége és így tovább. Viszont nem kell figyelembe vennünk azokat a költségeket, amelyek — a termelési tervben rögzített volumen, s a számításnál feltételezett rögzített cikk-

* A szocialista országokból származó gépimportot nem tekintettük speciálisan korlátozottnak, hanem feltételeztük, hogy az összes beruházási keret szabadon osztható el hazai ráfordítás és szocialista országokból származó import között.

** Ún. „bruttó beruházási kerettel” számoltunk. Ez magában foglalja a nettó beruházási kereten felül a géppark felújítási keretet is. (Az épület felújítási keretet nem soroltuk ide.)

összetétel mellett — függetlenek (vagy megközelítően függetlenek) a géppark összetételétől, a beruházási programtól. (Ilyen pl. a közvetlen anyagköltség zöme.)

Mint minden beruházás-gazdaságossági számításban, ebben is nehéz problémát jelent a különböző időpontokban felmerülő költségek összegezése. Erre a célra felváltva kétféle formulát alkalmaztunk:

— Az Országos Tervhivatal beruházás-gazdaságossági képletében (a „ G_n ” mutatóban) használt formulát, amely az évi üzemeltetési költséghez hozzáadja a beruházási költség 20%-át. Ez úgy tekinthető, mint a beruházási összeg után számított kalkulatív „egyszerű kamat”, 20%-os kamatláb mellett.

— A diszkontálás módszerét. Ez esetben hosszabb, 25 éves elszámolási időszak összes beruházási és üzemeltetési költségeit összegezzük, felmerülésük éve szerint diszkontálva (10%-os kamatos kamatlábbal). Ez a formula módot ad annak figyelembevételére, hogy amennyiben új gyárat építünk, ez több éves beruházási időt igényel, szemben az egyszerű gépcserével, amely rövid idő alatt végrehajtható. Ezenkívül, egyes modellekben számoltunk azzal a ténnyel, hogy a szocialista tervgazdaságban a bér rendszeresen emelkedik. Ennek az időbeli változásnak, béremelkedési tendenciának a figyelembevételét megkönnyítette a diszkontálási formula, amely egy hosszú időszak költségeit összegezi.

Számítási modellünkben mind a célfüggvény, mind pedig a feltételek lineáris jellegűek. Ezért úgynevezett *lineáris programozást* kellett elvégeznünk.

A programozás méretei a feltételek és a változók (alternatív gazdasági tevékenységek) számával jellemezhetők. A Goldberger-gyári kísérleti programozás alkalmával 4 feltételes, 11 változós modellel számoltunk, míg most lényegesen nagyobb, 24 feltételes, 50 változós modell alapján dolgoztunk.*

Gyakorlati következtetések

Kutatásunknak kettős célja volt. Az egyik: gyakorlatilag használható következtetésekhez akartunk eljutni a pamutipar aktuális beruházási problémáival kapcsolatban. A másik cél: általánosítható tapasztalatokat akartunk szerezni a beruházások matematikai programozásában.

Most előbb a gyakorlati jellegű következtetéseket ismertetjük. Ennek során összehasonlításokat teszünk azzal az eredetileg kidolgozott beruházási tervvel, amelyet számításunktól függetlenül, azt megelőzően, a tervezés szokásos módszereivel készítettek el. (Kutatási feladatunk éppen az volt, hogy egyfajta *kontroll-számítást* végezzünk a matematikai programozás eszközeivel.) A továbbiakban a korábban elkészült előirányzatokat „*eredeti programnak*” nevezem, ellentétben a mi számításainkon alapuló „*javasolt programmal*”.**

* A változók száma magában foglalja a segédváltozókat is.

** Az „eredeti program” az alacsonyabb, 310,8 millió m²-es termelési terv teljesítését kívánta biztosítani. Ezért az összehasonlításoknál mindig azt a javasolt programot állítjuk közvetlenül szembe vele, amely ugyanennek a termelési tervnek a teljesítésére hivatott. Amennyiben olyan számításokról szólnunk, amelyek a magasabb, 50 millió m²-rel emelt termelési tervet feltételezték, úgy erre külön utalunk.

1. Az eredeti program a régi gépparknak aránylag csekély részét kívánta végképp leszerelni. Ugyanakkor jelentős építkezéseket irányzott elő. Ezzel szemben a *javasolt program a meglevő üzemek rekonstrukcióját helyezi előtérbe, s az építés minimumra szorítását ajánlja.**

Az eltérések jellemzésére közöljük az alábbi táblázatot:

Az építési feladat

Megnevezés	Eredeti program az alacsonyabb termelési terv esetére	Javasolt program az alacsonyabb termelési terv esetére	Javasolt program a magasabb termelési terv esetére
Az összes nettó beruházásból (%-ban)			
gépi beruházás	67	98,6	90
építés*	33	1,4	10

* Az épületek felújítására szolgáló összegek nélkül.

A javasolt program (az alacsonyabb termelési terv esetére) lényegében az egész beruházási keretet igénybe veszi. De ezen belül *szinte teljesen kihasználatlanul hagyja az építési keretet, ehelyett ezt az összeget gépre költi.* Figyelemre méltó, hogy a szűken vett pamutipari költségek szempontjából is célszerű a lehető legkisebbre szorítani az építést, nem is szólva arról, hogy ez egyébként is kívánatos, hiszen az építés szűk keresztmetszete a népgazdaságnak.

Egy régi üzem korszerűsítése talán kevésbé vonzó munka, mint egy tetőtől talpig vadonatúj, eleve korszerűen épített üzem megteremtése. A régi üzemek elmaradottságát azonban nem cipelhetjük örökös kolonc-ként magunkkal. A pamutszövő iparág műszaki gárdájának latba kell vetnie minden leleményességét, műszaki tudását ahhoz, hogy a lehető legjobban kihasználja a régi üzemek minden négyzetméterét.

2. A számítás egyértelműen bebizonyította a régi sima szövőgépek kisebb átalakítással járó *felgyorsításának* előnyösségét.

3. Célszerű jelentősen előbbre lépni a pamutszövő iparág *automatizálásának* útján. Különösen az elavult előkészítő géppark radikális cseréje bizonyult gazdaságosnak. Az automatizálás, a gépcseré aránya (különösen az előkészítőben) jóval nagyobb lehet, mint az eredeti programban. Ezt mutatja be a következő oldalon levő táblázat (amely az alacsonyabb termelési terv esetére vonatkozik).

Milyen forrásokból hajtható végre ez a nagyobb gépberuházási program? (Leszögeztük, hogy az eredetileg tervezett beruházási összeget nem szabad túllépni.)

— Mint már említettük: az eredetileg építésre szánt összegek nagy részét gépek beszerzésére kellene fordítani.

* Számításunk a pamutszövő iparág esetére teljes mértékben igazolja azt az irányelvet, amelyet korábban már számos hivatalos dokumentum a Szovjetunióban és Magyarországon is kiemelt. Így pl. a II. ötéves terv irányelveiről szóló tézisek a következőket szögezték le: „A második ötéves terv éveiben fokozott mértékben kell arra törekedni, hogy a termelés bővítését ne új üzemek építésével érjük el, hanem a meglevők legjobb kihasználásával, szükség esetén bővítésével, a meglevő kapacitások gazdaságosabb kihasználásával, a termelési folyamatok korszerűsítésével...”

A korszerű gépek által szolgáltatott termelés aránya (%-ban)

Megnevezés	1960. Tényleges helyzet	1965. Eredeti program	1965. Javasolt program
Szövőgép	14	35	57
Irezógép	0	57	100
Felvetógép	0	53	100
Vetülékcsévélő	0	54	60
Keresztcsévélő	36	66	100

— A gépcsere alkalmával kiesik egy nagyjavítás. A régi gépen már nem, az új gépen még nem kell nagyjavítást végrehajtani. Hogy ezt a megtakarítási lehetőséget figyelembe vehessük, *bruttó* beruházási kerettel számoltunk. Ez tartalmazza nemcsak a nettó beruházási keretet, hanem a nagyjavítás céljait szolgáló felújítási keretet is. Jellemző, hogy az eredeti program az összes bruttó gépberuházásnak csak 73⁰/₀-át szánta új gépek beszerzésére, s 27⁰/₀-át nagyjavításra. Ezzel szemben a javasolt program a bruttó gépberuházás 91⁰/₀-át veszi igénybe új gépekre, s csak 9⁰/₀-át nagyjavításra.*

4. Az eredeti program nem biztosította eléggé az arányosságot a vertikálisan egymáshoz kapcsolódó részlegek beruházásai között. Így pl. egyes előkészítő részlegek eredetileg tervezett kapacitása túlzottnak látszik; a kapacitás-felesleg jóval több a műszakilag indokolt tartaléknál.

Hasonlóképpen: az eredeti programban bizonyos mértékű ellentmondás van az előirányzott cikkösszetétel (a keskeny sima, a széles sima és a vetüléktarkázott *árúk* aránya) és az előirányzott gépi kapacitás (a keskeny sima, a széles sima és a vetüléktarkázó *gépek* aránya) között.

A javasolt program mentes ezektől a fogyatékoságoktól, hiszen a modell feltételei eleve gondoskodnak a szükséges arányosságok betartásáról.

5. Mint minden területen, a pamutiparban is vita folyik a különböző géptípusok előnyeiről és hátrányairól. A programozás eredményei módot adnak arra, hogy néhány vitatott kérdésben állást foglaljunk. Így pl. kiderült: a mi viszonyaink között egyelőre nem gazdaságos a vetelő nélküli szövőgép. Ez ugyan a legtermelékenyebb, de egyúttal a legdrágább szövőautomata típus. A keresztcsévélő gépeknél viszont a drágább, de termelékenyebb típus alkalmazása bizonyult gazdaságosabbnak.

6. A javasolt program végeredményben 15 százalék megtakarítást hoz az eredeti programhoz képest.**

A gyakorlati következtetések ismertetéséhez még egy általános megjegyzést kell fűznünk.

A matematikai programozás végeredményei — természetüknél fogva — aprólékos részletességgel jelölik meg a feladatokat (pl. 4943 szövő-

* A *bruttó* beruházási kerettel való számolás természetesen nincsen ahhoz kötve, hogy matematikai programozást alkalmazzunk. Erdemes lenne ezt az átcsoportosítási lehetőséget rendszeresen mérlegelni a beruházási tervek szokásos módon történő összeállításakor is.

** A célfüggvény értéke az eredeti program esetén 5946 millió forint, a matematikai programozás alapján javasolt program esetén pedig 5048 millió forint. Mindkét adat a pamutszövő ipar szövődjében a második öt éves terv időszakában felmerülő beruházási költségek és a következő 25 évben felmerülő diszkontált üzemeltetési költségek összegére vonatkozik.

gépet kell leszerelni és így tovább). Figyelmeztetni kell azonban a számítás eredményeit hasznosítani akaró gyakorlati vezetőket: a program ajánlásait nem kell, nem is célszerű „betű szerint” értelmezni. Mint minden matematikai-közgazdasági modell, a miénk is a valóság leegyszerűsítését jelenti. Kénytelen a bonyolult valóság egyes oldalaitól elvonatkoztatni, egyes összefüggéseket elhanyagolni. Ráadásul a felhasznált adatok egy része nem is egészen pontos, hanem elkerülhetetlenül többé-kevésbé bizonytalan becslésen alapul. *A programozási modell alapján meghatározhatjuk a beruházási, műszaki fejlesztési politika „stratégiáját”. A „taktika” kidolgozása, az operatív részletek megtervezése csak ezután következik, s a programozás eredményeinek gyakorlati alkalmazóira vár.* Ez egyébként azt is jelenti, hogy ott, ahol azt a modellben elhanyagolt, de a valóságban létező összefüggések szükségessé teszik, a programot kisebb-nagyobb mértékben ki kell igazítani — ahhoz képest, amit az elektronikus számológép kiírt a számunkra.

„Érzékenységi” vizsgálatok

A számítás eredményeire jelentős mértékben hatnak olyan adatok, amelyek nagysága nem tekinthető egyértelműen meghatározottnak, hanem többé-kevésbé bizonytalan. Ilyen pl. a kamatláb, a devizaárfolyam, egyes gépek teljesítményjellemzője stb.

Ahhoz, hogy gyakorlati állásfoglalásunkat kialakíthassuk, meg kellett vizsgálnunk, mennyire „érzékeny” az optimális program a bizonytalan adatok nagyságának módosulására. E kérdés tisztázására szolgáló számításokat nevezem „*érzékenységi vizsgálatoknak*”.

Sokféle ilyen vizsgálatot végeztünk.* E vizsgálatok leggyakrabban alkalmazott módszere: párhuzamosan többször programozunk, mégpedig eltérő modellek, különböző kiinduló adatok alapján (pl. alacsonyabb és magasabb kamatlábbal). Az így kapott, egymástól esetleg eltérő optimális programokat hasonlítjuk össze.**

A vizsgálatok megmutatták, hogy a programnak nem minden eleme egyformán érzékeny, hanem vannak *stabil* eredmények. Így pl. bármilyen reális kamatlábbal vagy devizaárfolyammal számoltunk is, az előkészítő rekonstrukciója előnyösnek mutatkozott.

Stabil eredménynek tekinthető az is, hogy egyes alternatívák mindegyik programból következetesen *kimaradtak*. A gazdasági vezetés számára nemcsak pozitív ajánlások nyújthatnak segítséget, hanem az is, ha egyes, a megelőző vitákban szóba került javaslatokról egyértelműen kiderül: nem célszerű azokat megvalósítani. Így pl. az érzékenységi vizsgálatok fényében teljes határozottsággal elvethetjük azt az elgondolást, hogy importált „ráépített automaták” segítségével korszerűsítsük a régi szövőgépeket — pedig ez a javaslat többször felmerült a pamutiparban.

A „stabil” (biztosan jó vagy biztosan rossz) alternatívák mellett vannak „labilisak” is: ezek hol bekerülnek az optimális programba, hol

* A Függelékben ismertetem az érzékenységi vizsgálatok osztályozását, a feladat matematikai természetét szempontjából.

** Számítás-sorozatunk keretében több, egymástól eltérő „optimális” programot kaptunk. Mindegyik optimális — abban az értelemben, hogy az adott modell keretei között, adott numerikus értékek mellett ez a program minimalizálja a célfüggvényt. E különböző „optimális” programok összehasonlítása, közgazdasági értékelése alapján állapítottuk meg, melyiket tekinthetjük legkedvezőbbnek. A cikk előző része az ily módon kialakított állásfoglalást, az érzékenységi vizsgálatok nyomán levont következtetéseket ismertette.

nem — aszerint, hogy milyen feltételezések mellett szerkesztettük meg a modellt. Ezekkel kapcsolatban fontos tudni (s az érzékenységi vizsgálatok éppen ezt világítják meg): mi az a tényező, az a közgazdasági összefüggés, amelynek változásaira érzékenyen reagálnak. Térjünk rá a program néhány ilyen érzékeny pontjára.

1. *A program kamatérzékenysége.* Sokféle számítást végeztünk arra: mennyire érzékeny a program az időtényező kifejezését szolgáló matematikai formulák eltéréseire (egyszerű kamat vagy diszkontálás), valamint a kamatláb számszerű nagyságára. E számítások közül különösen tanulságos a következő:

Az OT-képletben alkalmazott formulához hasonló célfüggvényt alkalmaztunk, azaz az évi üzemeltetési költséghez hozzáadtuk a beruházási költség egy bizonyos hányadát. De nem döntöttük el előre, hogy ez a hányad, ez a kalkulatív egyszerű kamatláb hány százalék legyen. Ehelyett azt vizsgáltuk: hogyan módosul az optimális program, ha a kamatlábat „végigfuttatjuk” a 3 és 30% közötti egész tartományon. Ezt az eljárást hívják *parametrikus programozásnak*. Ilyenkor úgy tekintjük az optimális programot, mint egy bizonyos paraméter — jelen esetben a kamatláb — függvényét.

Kiderült, hogy a kamatláb változása nyomán tulajdonképpen három fő programtípust kapunk.* Az egyiket úgy nevezhetnénk: az „ultraradikális” műszaki fejlesztés programja. Ez akkor érvényesül, ha az egyszerű kamatláb 6—7%-nál alacsonyabb. A program ilyenkor leszerelni javasolja még azokat a régi gépeket is, amelyek felgyorsítása — mint említettük — jó eredményeket hoz; a legtermékenyebb, de legdrágább automata beszerzését irányozza elő és így tovább. Mindez óriási beruházási összegeket, az eredeti keret sokszorosát igényli. A másik véglet: a teljes műszaki konzervativizmus programja. Ez a régi géppark hiánytalan megtartását írja elő; egyetlen gép kicserélését sem javasolja. Ez a program akkor, ha a kamatláb 15%-nál magasabb.

A magunk részéről — sokoldalú megfontolások alapján, amelyekre itt nem térhetünk ki — a 10—15%-os kamatláb-tartományt vettük alapul gyakorlati állásfoglalásunk kialakításánál. Az ehhez tartozó program a fenti két véglet között helyezkedik el: ha szerény mértékben is, de azért határozottan a műszaki fejlesztés irányában halad; részleges gépcserét, részleges automatizálást javasol (ha nem is a legtermékenyebb, hanem egy viszonylag olcsóbb típus alkalmazásával).

Hiba lenne a pamutszövő iparági programozásból túl messzemenő következtetéseket levonni a kalkulatív kamatláb, a beruházás-gazdaságossági képletekben alkalmazott eszközeletési együttható nagyságára vonatkozóan. Ez olyan közgazdasági-elméleti és gazdaságpolitikai megfontolásokat kíván, amelyek fejtegetése túlnő e cikk keretein. Mégis, érdemes figyelmet szentelni az itt leírt jelenségnek: ezen a területen a szokásos 20%-os kamatláb feltűnően a műszaki konzerválás irányában, a munkatermelékenység emelése ellen hat. (Gondoljunk csak arra, hogy a javasolt — a műszaki fejlesztés irányában előrelépő — program, amelyet 20%-nál *alacsonyabb* kamatláb alapján számítottunk ki, „belefér” abba a beruházási keretbe, amelyet a szokásos gazdaságossági szá-

* Ennél a számításhoz nem korlátoztuk az igénybevehető beruházási forrásokat.

mításokkal alátámasztott eredeti beruházási tervek költségigénye szerint szabtuk meg.)

2. *A devizaárfolyam hatása.* Nézetem szerint a beruházás-gazdaságossági számításokban olyan devizaárfolyamot kell alkalmazni, amely azt fejezi ki: mennyi hazai ráfordításba került (forintban kifejezve) 1 rubel, illetve 1 dollár nettó deviza kitermelése az export útján, azaz annak a devizának az előteremtése, amelyet a beruházási célokra importált gépért, berendezésért fizetni fogunk.

Különböző számítások azt mutatják, hogy azok az átszámítási kulcsok, amelyek jelenleg a kötelezően előírt beruházás-gazdaságossági mutatókban szerepelnek, nem felelnek meg ennek az elvnek. Ezért mi párhuzamosan számoltunk egyfelől a hivatalos kulcsokkal, másfelől egy „korrigált” árfolyammal, amely — véleményünk szerint — inkább megfelelt a fenti közgazdasági követelménynek. A kétféle programozás összehasonlítása azt mutatja, hogy a hivatalos kulcs indokolatlanul kedvez egyes import relációknak, mások rovására, míg a korrigált árfolyam ezt az aránytalanságot kiküszöböli.

Hasznos lenne, ha mélyreható és sokoldalú számítások alapján felülvizsgálják: milyen átszámítási kulcsokat, devizaárfolyamokat indokolt alkalmazni a beruházás-gazdaságossági számításokban.

3. *Egyes teljesítmény-jellemzők bizonytalansága.* A pamutiparban dolgozó mérnökök, közgazdászok körében vita folyik arról, hogy vetélőváltós vagy cséveváltós automatát célszerű-e alkalmazni. Az utóbbi műszakilag fejlettebb, ám az előbbi lényegesen olcsóbb.

Az optimális programba az olcsóbb típus került bele. Ellenőrzésképpen számítást végeztünk: mi az a kritikus műszaki teljesítőképesség (vetés per gépóra), amelyet elérve a cséveváltós típus kiszorítja a vetélőváltós típust az optimális programból. Ennél a kritikus teljesítőképességnél ugyanis az üzemeltetési költségekben elért rendszeres megtakarítások már ellensúlyozzák a magasabb beszerzési árat. Kiderült, hogy a kritikus teljesítőképesség elérése nem irreális.

Ahhoz azonban, hogy végérvényesen állást lehessen foglalni, az szükséges, hogy a két gépet hasonló körülmények között, normális üzemeltetés mellett figyeljük meg, mégpedig huzamosabb időn át. Az így nyert, kellően reprezentatív műszaki adatok birtokában eldönthető a vitatott kérdés. Egyelőre tehát — végleges állásfoglalás helyett — az összehasonlító megfigyelés megszervezését kellett javasolnunk.

Ez a probléma egyébként felhívja a figyelmet arra, hogy nagyobb gondot kell fordítani — a beszerzésre vonatkozó végleges döntés előtt — az új géptípusok jellemző üzemeltetési, műszaki adatainak előzetes megfigyelésére. Több géptípus közötti választás esetén biztosítani kell az előzetes megfigyelési adatok összehasonlíthatóságát. Sajnos, az előzetes megfigyelés megszervezését a beruházásról döntő szervek gyakran elmulasztják, ami feleslegesen növeli a beruházás-gazdaságossági számítások bizonytalanságát.

Szektor-optimum és népgazdasági optimum

A tervezés két kipróbált, immár mély gyökereket vert, begyakorolt technikája: a *mérlegmódszer* és a *gazdaságossági számítás*. A mérlegmódszer hivatott a szükséges arányosságok biztosítására, a gazdaságos-

sági számítás pedig a különböző alternatívák rangsorolására, az előnyös alternatívák kiválasztására.

Az ágazati méreteken végzett programozás e két „hagyományos” eljárás — a mérlegmódszer és a gazdaságossági számítás — szerves összekapcsolását jelenti. Némi egyszerűsítéssel így mondhatnánk: programozási modellünkben a feltételi egyenletek látják el a mérlegek funkcióját: biztosítják az arányosságot az ágazaton belül, az előírt arányos kapcsolatokat a népgazdaság felhasználó szektoraival és a rendelkezésre álló erőforrásokkal; a célfüggvény pedig ellátja a gazdaságossági számítás funkcióját: gazdaságossági szempontból befolyásolja a választást.

Mindez azonban — s ezt nyomatékosan hangsúlyoznunk kell — a pamutszövő iparági számítás esetében egyetlen szektor méreteiben történt. Az iparág részére kidolgozott szektor-optimum nem esik szükségképpen egybe a népgazdasági optimummal.

Konkréten: megállapítottuk a pamutszövő ipar optimális programját arra az esetre, ha a népgazdasági terv már előírta: hány millió m² szövetet kell gyártani, mennyi pénz áll a beruházások rendelkezésére és így tovább. Csak akkor jutunk el számításainkkal a népgazdasági optimumhoz, ha ezek az általános keretszámok helyesek voltak. E keretszámok helyességét programozásunk során nem vizsgáltuk felül.

Ebből következik, hogy valamely ágazat fejlesztésének matematikai programozása nem teszi feleslegessé az egyéb tervezési módszerek alkalmazását. Ez a tervezés egyik eszköze, amely azonban nem pótolja pl. azokat a vizsgálatokat, amelyek különböző szektorok, különböző iparágak fejlesztési terveinek gazdasági hatását hasonlítják össze. S természetesen nem pótolja, ellenkezőleg, feltételezi, saját kiindulópontjának tekinti a népgazdasági méreteken végzett tervezést: a népgazdasági mérlegek, az ágazatok közötti arányok központi meghatározását, a népgazdaság összes erőforrásainak tervszerű meghatározását és így tovább.*

Ugyanakkor az ágazati szinten végzett programozás képes visszahatni a népgazdasági tervezésre; hasznos segítséget adhat ehhez. Így például megvizsgáltuk: mi az optimális program alacsonyabb és magasabb termelési terv esetén. Nem foglaltunk állást abban, célszerű-e a tervet felemelni, de megállapítottuk: mi az a minimális többletköltség, amellyel a terv 50 millió m²-rel való felemelése megvalósítható. Vagy egy másik példa: kiindultunk abból a tőkés devizakeretből, amelyet a felső szervek eredetileg jóváhagytak. Utána azonban kiszámítottuk azt is: elérhető-e megtakarítás e kötöttség, a tőkés devizakeret feloldása útján?

A programozás (pontosabban: a többféle kiinduló feltételezés alapján végrehajtott programozás-sorozat) haszna egyebek között abban van, hogy kimutatja egyes gazdaságpolitikai döntések *konzekvenciáit*. Mégpedig nem csupán egyetlen kiragadott következményre világít rá (pl. a tőkés devizakeret feloldása esetén mennyi többlet deviza-igény jelentkezik), hanem feltárja a *konzekvenciák egész rendszerét*: hogyan hat a szóban forgó döntés a beruházás-igényre, az építés-igényre, a géppark összetételére, a gépimport szerkezetére és így tovább. A konzekvenciák kiterjedt ismerete fontos támpont lehet a felső gazdasági vezetés számára a gazdasági döntések meghozatalánál.

* Más kérdés, hogy népgazdasági méreteken is felhasználhatók matematikai programozási módszerek; felhasználásukkal tökéletesíthető a tervezés jelenlegi technikája.

A kutatás további útjai

Az utóbbi időben mind gyakrabban és erőteljesebben igényli a gazdasági vezetés matematikai módszerek alkalmazását a beruházások gazdaságosságának megállapításához.* A pamutszövő iparági számítás az *első hazai kísérlet* ennek az igénynek a kielégítésére. Éppen, mert első, az itt leírt metodika még nem egészen kiforrott; kiegészítésekre, tökéletesítésekre szorul.

A pamutipari tapasztalatok felhasználásával most két másik területen, két másik iparágban folyik kutatás a beruházás, a fejlesztés programozására. E számítások során igyekszünk előbbre jutni a beruházás-programozási metodika továbbfejlesztésében:

1. Sor kerül egy *nem-lineáris* (úgynevezett konvex) programozási modell alkalmazására. Ez lehetővé teszi a nagyobb üzemmél együttjáró relatív megtakarítások, a költség-degresszió figyelembevételét.

2. Az adott szektorban végrehajtott beruházási akciók hatása „továbbgyűrűzik” más szektorokra, más népgazdasági ágakra. Gondoljunk pl. a kapcsolódó beruházásokra; azoknak a kapacitásoknak a létesítésére, amelyek anyaggal látják majd el az általunk közelebbről vizsgált új létesítményt. A továbbgyűrűző, közvetett hatások, kapcsolódó eredmények és kapcsolódó ráfordítások számbavételére felhasználjuk az *ága-zati kapcsolatok mérlegét*.

3. Szeretnénk továbbfejleszteni a beruházási számításokban felhasználásra kerülő, elkerülhetetlenül *bizonytalan* adatok kezelésének technikáját. Ismeretes, hogy a különböző alternatíváknál nem azonos a bizonytalanság foka; egyesek megvalósítása kisebb, másoké nagyobb bizonytalansággal, nagyobb kockázattal jár. Olyan metodikát akarunk alkalmazni, amely képes érzékelni a bizonytalanság fokában mutakozó különbségeket.

Itt csak röviden utaltam a munkában levő, még be nem fejezett programozások néhány új vonására. A részletesebb beszámoló majd akkor lesz időszerű, ha ezek a munkák is eljutnak a numerikus számítás befejezéséig.

A programozási módszerek továbbfejlesztésének legjobb, legmegbízhatóbban célhoz vezető útja: a gyakorlati kipróbálás. Egy-egy konkrét számítási feladat megoldása közben mindig kénytelenek vagyunk kompromisszumot kötni az elméletileg „ideális” konstrukció és a reális lehetőségek (a rendelkezésre álló adatok hiányosságai, a számológépkapacitás korlátai, a sürgető határidő) között. Mégis, úgy gondolom, talán többet ér egy-egy ilyen fogyatékos, de numerikusan megoldott, gyakorlati javaslatokig eljutó számítás, mint a legszebb, legteljesebb, de papíron maradt modell. Az elmélet fejlesztésének inspirátora: a gyakorlatlól kapott feladatok megoldása.

* Ez az igény nemcsak hazánkban mutatkozik, hanem más szocialista országokban is. Így pl. nagy nyomatékkal hívta fel a figyelmet erre a feladatra az a tanácskozás, amelyet a Szovjetunió Tudományos Akadémiája hívott össze a matematikai módszerek gazdasági alkalmazásáról. (Lásd Voproszi Ekonomiki, 1960. 8. sz.) A tanácskozás alapján született határozat szerint „a beruházások gazdasági hatékonysága meghatározásának matematikai módszereit egy sor állami bizottság és intézmény fogja kidolgozni...”

FÜGGELÉK: A számítás modelljének leírása

Az 1. számú modellben 50 változó szerepel; közülük 43 az érdemleges gazdasági akció. A változók tételesen a következők:

1. A régi rosszabb sima keskeny szövőgépek továbbműködtetése. (A régi sima keskeny gépparkot műszaki ismérvek alapján két csoportra osztottuk: a kevésbé termelékeny „rosszabb” és a termelékenyebb „jobb” gépek kategóriájára. Hasonló felosztást hajtottunk végre a régi keresztcsévéelő és vetülékcsevéelő gépparknál is.)

2. A régi rosszabb sima keskeny szövőgépek leszerelése.

3. A régi jobb sima keskeny szövőgépek továbbműködtetése.

4. A régi jobb sima keskeny szövőgépek leszerelése.

5. A régi jobb sima keskeny szövőgépek gyorsítása. (Ez kisebb átalakítást jelent, ami lehetővé teszi a fordulatszám jelentős emelését. A műszaki szakértők körében vitatott kérdés, hogy a régi géppark mekkora hányadát lehet felgyorsítani. Mi talán túlságosan is óvatosak voltunk, amikor a gyorsítható gépek körét a „jobb” kategóriára korlátoztuk.)

6. A régi jobb sima keskeny szövőgépek automatizálása, import berendezéssel. (Ez esetben úgynevezett „ráépített automata” felszerelésével korszerűsítik a gépet.)

7. Új vetélőváltós sima keskeny automata szövőgépek felállítása a régi üzemekben. (Ez a legolcsóbb, de legkevésbé termelékeny típus.)

8. Új vetélőváltós sima keskeny automata szövőgépek felállítása új üzemben. (Az új üzemben, új épületben elhelyezett szövőgéphez — itt és a későbbi hasonló változóknál — megfelelő irező, felvető és vetülékcsevéelő kapacitás kapcsolódik. Itt tehát nem pusztán szövőgépek beszerzéséről és felállításáról van szó, hanem ezekhez egy „előkészítő-agregát” kapcsolódik, valamint annak az épületternek a megteremtése, amelyben a szövőgépet és az előkészítő-agregátot elhelyezik. Mindezt azért építettük be ebben a formában a modellbe, mert új gyár esetén feltétlenül a helyszínen kell rendelkezésre állnia a szükséges irező, felvető és vetülékcsevéelő kapacitásnak is. Ezzel szemben a keresztcsévéelt fonal szállítható; ezért a keresztcsévéelőgép felállítása nem szerepel az „agregátban”.)

9. Új cséveváltós sima keskeny automata szövőgépek felállítása a régi üzemekben. (Ez az előbbinél termelékenyebb, de drágább típus.)

10. Új cséveváltós sima keskeny automata szövőgépek és a hozzájuk kapcsolt előkészítő-agregát felállítása új üzemben.

11. Új, vetélő nélküli sima keskeny automata szövőgépek felállítása a régi üzemekben. (Ez mindkét előbbi típusnál termelékenyebb, de drágább gépfajta.)

12. Új, vetélő nélküli sima keskeny automata szövőgépek és a hozzájuk kapcsolt előkészítő agregát felállítása új üzemben.

13. A régi sima széles szövőgépek továbbműködtetése.

14. A régi sima széles szövőgépek leszerelése.

15. Új, sima, széles automata szövőgépek felállítása a régi üzemekben.

16. Új, sima, széles automata szövőgépek és a hozzájuk kapcsolt előkészítő agregát felállítása új üzemben.

17. A régi vetüléktarkázó szövőgépek továbbműködtetése.

18. A régi vetüléktarkázó szövőgépek leszerelése.

19. Új, olcsóbb vetüléktarkázó automata szövőgépek felállítása régi üzemekben.

20. Új, olcsóbb vetüléktarkázó automata szövőgépek és a hozzájuk kapcsolt előkészítő agregát felállítása új üzemben.

21. Új, drágább, de az előbbinél termelékenyebb vetüléktarkázó szövőgépek felállítása a régi üzemekben.

22. Új, drágább vetüléktarkázó szövőgépek és a hozzájuk kapcsolt előkészítő-agregát felállítása új üzemben.

23. A régi irezőgépek továbbműködtetése.

24. A régi irezőgépek leszerelése.

25. A régi irezőgépek korszerűsítése. (A szekrényt átépítik, automatikus szabályozó berendezéseket szerelnek be stb.)

26. Új automata irezőgépek felállítása. (Az új irezőgépek felállításánál, s hasonlóképpen az új felvető és vetülékcsevéelő gépeknél is mindenkor a régi üzemekben való elhelyezésről van szó. Azt a lehetőséget, hogy új üzemben helyezünk el új irező, felvető vagy vetülékcsevéelő gépet, már magában foglalja az új üzemekben elhelyezett szövőgépekhez kapcsolt előkészítő-agregát.)

27. A régi felvetőgépek továbbműködtetése.
28. A régi felvetőgépek leszerelése.
29. Új, olcsóbb felvető gépek felállítása.
30. Új, drágább, de az előbbinél termelékenyebb felvető gépek felállítása.
31. A régi rosszabb vetülékcsevélők továbbműködtetése.
32. A régi rosszabb vetülékcsevélők leszerelése.
33. A régi jobb vetülékcsevélők továbbműködtetése.
34. A régi jobb vetülékcsevélők leszerelése.
35. Új automata vetülékcsevélők felállítása.
36. A régi rosszabb keresztcsévélők továbbműködtetése.
37. A régi rosszabb keresztcsévélők leszerelése.
38. A régi jobb keresztcsévélők továbbműködtetése.
39. A régi jobb keresztcsévélők leszerelése.
40. Új, viszonylag olcsóbb automata keresztcsévélők felállítása a régi üzemekben.
41. Új, viszonylag olcsóbb automata keresztcsévélők felállítása új üzemben.
42. Új, drágább, de az előbbinél termelékenyebb automata keresztcsévélők felállítása a régi üzemekben.
43. Új, drágább automata keresztcsévélők felállítása új üzemben.

A felsorolt 43 változón kívül még 7 úgynevezett segédváltozó is szerepel a modellben. Ezek azért szükségesek, hogy a közgazdasági tartalmuk alapján eredetileg egyenlőtlenség formájában megadott feltételeket beiktatásukkal egyenlőséggé alakíthassuk át.

A modell 24 feltételt tartalmaz. A feltételi egyenletek rendszerét a következő egyenletben foglalhatjuk össze:

$$(1) \quad \mathbf{A} \mathbf{x} = \mathbf{b},$$

ahol \mathbf{A} = a feltételekben szereplő a_{ik} együtthatók ($i = 1, 2, \dots, 24$; $k = 1, 2, \dots, 50$) mátrixa,

\mathbf{x} = a program vektora,

\mathbf{b} = a feltételi egyenletek jobboldalán szereplő konstansok vektora.

A feltétel-rendszer szerkezetének áttekintésére a mellékelt táblázatban közöljük az 1. számú modellben szereplő \mathbf{A} mátrixot és \mathbf{b} vektort. Mivel a táblázat a feltételek konstrukciójának áttekintését szolgálja, numerikus értékek helyett a következő jelöléseket használjuk:

Az „a” szimbólum szerepel ott, ahol az eredeti numerikus mátrixban 0-tól és 1-től különböző szám szerepelt. Az 1-es szám szerepel ott, ahol az eredeti mátrixban is ez szerepelt. Végül a táblázatot üresen hagytuk ott, ahol a numerikus mátrixban 0 szerepelt. (L. az 583. lapon levő táblázatot.)

Hasonlóképpen a \mathbf{b} vektorban a „b” szimbólum szerepel ott, ahol a numerikus vektorban 0-tól különböző szám szerepelt.

A feltételek tartalmának áttekintésére szolgál az 584. lapon levő táblázat.

Optimális az a program, amely teljesíti az (1) képletben leírt feltételrendszert, s amely mellett a

$$(2) \quad C(\mathbf{x}) = \sum_{k=1}^{50} c_k x_k$$

célfüggvény értéke minimális.

A c_k költségtényező tartalma — és ezzel együtt numerikus értéke — eltérő, aszerint, hogy melyik célfüggvény-típust alkalmazzuk.

Az 1. számú modellben a $c_k^{(1)}$ költségtényezőt következőképpen definiáltuk:

$$(3) \quad c_k^{(1)} = \sum_{t=1}^{25} \frac{q_k(t)}{(1+r)^t} + \frac{p_k(t)(1+z)^t}{(1+r)^t} \quad (k = 1, 2, \dots, 50)$$

ahol $q_k(t)$ = a k-adik változó egy egységével kapcsolatban a t-edik évben felmerülő, nem-bérjellegű költség,

$p_k(t)$ = a k-adik változó egy egységével kapcsolatban a t-edik évben felmerülő, bér jellegű költség,

r = a kamatláb,

z = a béremelkedés évi üteme.

A feltételek közgazdasági tartalma

A feltétel sorszáma	A feltétel tartalma	Az a_{ik} együttható tartalma	A jobboldalon szereplő b_i konstans tartalma
1	keskenyszövödei terv	a gép évi teljesítő-képessége	évi termelési terv
2	szélesszövödei terv	a gép évi teljesítő-képessége	évi termelési terv
3	vetüléktarkázó szövödei terv	a gép évi teljesítő-képessége	évi termelési terv
4	általános erező-mérleg	pozitív előjellel: az erezőgép évi teljesítőképessége; negatív előjellel: a szövőgép évi fonal-igénye	a programozásba be nem vont gépek igénye
5	általános felvető-mérleg	analóg a 4. feltétellel	a programozásba be nem vont gépek igénye
6	általános vetülékcsevélő-mérleg	analóg a 4. feltétellel	a programozásba be nem vont gépek igénye
7	általános kereszt-csevélő-mérleg	analóg a 4. feltétellel	a programozásba be nem vont gépek igénye és a pamutiparon kívüli szektorok igénye
8	speciális erező-mérleg	pozitív előjellel: a korszerű erezőgép évi teljesítőképessége; negatív előjellel: az automata szövőgép évi igénye	
9	speciális felvető-mérleg	analóg a 8. feltétellel	
19	speciális vetülékcsevélő-mérleg	analóg a 8. feltétellel	
11	bruttó beruházási keret	pozitív előjellel: a beruházási költség-igény; negatív előjellel: a leszerelési akcióknál jelentkező bevétel	az 1961—65. évi keret
12	tőkés devizakeret	tőkés gépimport devizaigénye	az 1961—65. évi keret
13	régi üzemterület	a régi üzemben elhelyezett gép helyigénye	az összes régi üzemterület
14	építési keret	az új üzemben elhelyezett gép helyigénye	az építési keretből összesen megépíthető új üzemterület
15	a régi rosszabb sima keskeny szövőgéppark elosztása		a régi rosszabb sima keskeny szövőgéppark állománya
16—24	a régi géppark többi csoportjának elosztása		analóg a 15. feltétellel

A 4. számú modellben alkalmazott $c_k^{(4)}$ költségtenyezőt a következőképpen határoztuk meg:

$$(4) \quad c_k^{(4)} = b_k \lambda + d_k \quad (k = 1, 2, \dots, 50)$$

ahol b_k = az egyszeri beruházási költség,

d_k = az évi üzemeltetési költség,

λ = az (egyszerű) kamatláb.

A továbbiakban röviden áttekintjük, miben különbözött egymástól a számítás-sorozatban alkalmazott 17-féle modell. A főbb eltérések:

— Egyes modellek kiterjedtek mind a keskeny, mind a széles, mind a vetüléktarkázó szövőgépekre („nagy modellek”), mások csupán a keskeny gépekre, s ezekkel kapcsolatban is kevesebb alternatívára („kis modellek”). Az összevontabb „kis modellek” alkalmazására azért volt szükség, hogy egyes kiegészítő számításokat elektronikus számológép igénybevétele nélkül végezhessünk el.

— Egyes modellekben diszkontálási formulát, másokban egyszerű kamatozási formulát alkalmaztunk.

— Egyes modellekben számba vettük a béremelkedés tendenciáját, másokban nem.

— Egyes modellekben hivatalos, másokban korrigált devizaárfolyammal számoltunk.

— Egyes modellekben az alacsonyabb, másokban a magasabb termelési tervet vettük alapul.

— Egyes modellekben korlátozottnak tekintettük a beruházási erőforrásokat, másokban nem.

A „kis modelleknél” a lineáris programozás feladatát a szokásos szimplex eljárással oldottuk meg. A „nagy modellekkel” végzett programozáshoz a szimplex eljárás némileg módosított, az elektronikus számológép korlátozott memóriakapacitásával is jól alkalmazható változatát használták fel.

A különböző modellek felhasználásával számos „érzékenységi vizsgálatot” hajtottunk végre. E vizsgálatok osztályozásának egyik szempontja: a modell mely részében megy végbe az a változás, amelynek hatását meg akarjuk figyelni:

1. Mi a hatása annak, ha a célfüggvényben szereplő c költségtenyezőt módosítjuk. (Ez történik pl. a kamatláb változtatása esetén.)

2. Mi a hatása annak, ha a feltételei egyenletek jobboldalán szereplő konstansok b vektorát módosítjuk. (Ez történik pl. a termelési terv változtatása esetén.)

3. Mi a hatása annak, ha az A mátrix egyik eredeti a_k oszlopvektora helyébe egy módosított a_k oszlopvektort iktatunk, s ezzel együtt a célfüggvényben szereplő c_k költségtenyező helyébe is más c_k költségtenyezőt iktatunk. (Ez történik akkor, ha valamelyik alternatíva műszaki-gazdasági jellemzőit, pl. a gép feltételezett teljesítőképességét módosítjuk.)

4. Mi a hatása annak, ha az A mátrix sorai közül egyeseket elhagyunk. (Ez történik akkor, ha egy eddig korlátozott erőforrás korlátozottságát feloldjuk.)

A fenti felsorolás első három feladat-típusánál a válaszadás teljessége szempontjából kétféle megoldás adódik:

a) A teljesebb választ az úgynevezett parametrikus programozás adja meg. Ennél az optimális programot úgy tekintjük, mint valamely φ paraméter függvényét. A feladat: meghatározni az $x(\varphi)$ függvény értékét φ minden lehetséges értékéhez (vagy legalábbis φ összes értékeihez egy rögzített intervallumon belül.)

Ezt az eljárást alkalmaztuk a kamatlábbal kapcsolatos egyik vizsgálatunkhoz.

b) A szóban forgó problematikus paraméternek nem vesszük számításba minden lehetséges értékét, hanem csupán néhány előre kiválasztott értéke mellett külön-külön programozunk. (Ezt az eljárást alkalmaztuk pl. a termelési tervvel vagy a devizaárfolyammal kapcsolatban.) Ez nyilván kevésbé teljes választ ad a problematikus paraméter változásának hatásáról, mint az a) alatt ismertetett eljárás.

A programozás további részleteit, az ezzel kapcsolatos műszaki, statisztikai és matematikai problémákat részletes tanulmány ismerteti. („A pamutszövőipar optimális beruházási programjának meghatározása”, Textilipari Kutató Közleményei, 1960. sokszorosítva.)