

Tóth József

A termelési tényezők
felhasználásának
optimalizálása
a mezőgazdaságban

Közgazdasági és Jogi Könyvkiadó
Budapest 1973

Írta:

DR. TÓTH JÓZSEF

Lektorok:

DR. CSETE LÁSZLÓ

DR. KREKÓ BÉLA

© Dr. Tóth József, Budapest, 1973

Tartalomjegyzék

Bevezetés	9
1. A tervezés munkafázisai	15
1.1. Helyzetfelmérés	15
1.2. A koncepciók kialakítása	17
1.3. A technológiák tervezése	18
1.4. A matematikai modell összeállítása	19
1.5. A variánszámítás	20
1.6. Döntés	21
1.7. A tervmérlegek kidolgozása	22
2. A matematikai programozási modell általános megfogalmazása, s alkalmazásának lehetőségei	25
2.1. Az általános matematikai programozási modell	25
2.2. A lineáris programozási modell általános megfogalmazása	31
2.3. A lineáris programozás lényegének ismertetése egyszerű példa alapján ..	34
2.4. A dualitásról	44
2.5. A matematikai programozás alkalmazásának területei és lehetőségei a mezőgazdaságban	46
3. A klasszikus lineáris programozási modell alkalmazása a mezőgazdasági vállalatok tervezésében	51

3.1. A matematikai modell változói	52
3.1.1. Szántóföldi növénytermelési és -értékesítési tevékenységek	55
3.1.2. Szántóföldi takarmánytermelési tevékenységek	56
3.1.3. Zöldségtermelési és -értékesítési tevékenységek	57
3.1.4. Szőlő- és gyümölcs-termelési tevékenységek	58
3.1.5. Rét- és legelőgazdálkodási tevékenységek	59
3.1.6. Állattenyésztési tevékenységek	59
3.1.7. Segédüzemi tevékenységek	60
3.1.8. Kiegészítő tevékenységek	61
3.1.9. Piaci (értékesítési és beszerzési) tevékenységek	62
3.1.10. Egyéb tevékenységek	63
3.1.11. A változók szimbolizálása	63
3.2. A mérlegfeltételek	64
3.2.1. A földterület-felhasználás mérlegfeltételei	66
3.2.2. A munkaerő-felhasználás mérlegfeltételei	70
3.2.3. Gépfelhasználási mérlegfeltételek	71
3.2.4. Anyagfelhasználási mérlegfeltételek	73
3.2.5. Takarmány-mérlegfeltételek	74
3.2.6. Férőhely- és tárolóhely-mérlegfeltételek	77
3.2.7. Egyéb mérlegfeltételek	78
3.3. A célfüggvény	80
4. A termelési tényezők jellemzése. A klasszikus lineáris programozási modell értékelése	81
5. A klasszikus lineáris programozási modell továbbfejlesztése; célrealisztikus lineáris programozási modell	97
5.1. A célrealisztikus lineáris programozási modell	97
5.2. Egyszerű példa a célrealisztikus modell alkalmazására	113
6. A célrealisztikus lineáris programozási modell gyakorlati alkalmazása	121
7. A célfüggvény közgazdasági tartalma a mezőgazdasági vállalatok tervezésében	137
8. A termőföld közgazdasági értékelése és hasznosításának vizsgálata	153
9. A munkaerő-felhasználás és a munkaerő-sűrűség hatásának vizsgálata	169
9.1. A munkaerő jellemzői; a munkaerő mint a termelés korlátozó tényezője	170
9.2. A munkaerő-sűrűség hatásának vizsgálata	179

10. A termelési eszközökkel való gazdálkodás néhány kérdése	191
10.1. A termelési eszközök csoportosítása és jellemzése	191
10.2. Az eszközök kihasználásának kérdései	196
10.3. Az eszközellátottság és a jövedelem összefüggése	199
11. A termőföld, a munkaerő és a termelési eszközök felhasználásának össze- függő vizsgálata	203
11.1. Az alkalmazott módszer és feltételezés	204
11.2. A termőföld, a munkaerő és a termelési eszközök, valamint a ter- melési szerkezet és a jövedelem kapcsolatának vizsgálata lineáris prog- ramozással	208
Irodalom	229

Bevezetés

A vállalati gazdálkodás kérdéseinek tanulmányozása és a vállalati döntések megalapozása a szocialista vállalatok fejlődésével mindinkább előtérbe kerül. A vállalat fejlődése során a gazdasági döntések mind nagyobb jelentőségre tesznek szert, s egy-egy jól vagy rosszul megalapozott döntés hatásaiban és arányaiban egyre nagyobb befolyást gyakorol a vállalat gazdálkodására és a jövedelmezőségre.

A szocialista vállalat (értve alatta a termelőszövetkezetet is) önálló gazdasági egység, a szocialista népgazdaság alapegysége. *A vállalati önállóság* azonban sohasem abszolút önállóság, hanem *mindig meghatározott — a fejlődés során változó — tágabb vagy szűkebb keretek között érvényesül. Az önállóság kereteit behatárolják a termelés feltételei és tényezői, a környezet* (a partnerek helyzete és magatartása) *és a szocialista állam gazdaságirányító tevékenysége.* A gazdasági fejlődés a vállalati önállóság kereteit általában tágítja, de ugyanakkor szűkíti is; tehát ellentétes tendenciák jutnak érvényre.

Az önállóság kereteinek *tágítása* irányában hat egyrészt a vállalati eszközök gyarapodása és korszerűsödése, a partnerválasztás lehetőségeinek kiterjedése, másrészt az, hogy fejlettebb, s egyben bonyolultabb gazdasági viszonyok között az állam gazdaságirányító tevékenysége mindinkább közvetett formában, a gazdasági szabályozás eszközein keresztül ér-

vényesül, nem mondva le természetesen arról, hogy adott esetben a közvetlen irányítás eszközeivel is hatást gyakoroljon a vállalatokra.

A vállalati önállóság és a döntési lehetőségek kereteinek *korlátozódása* irányában hat, hogy egyrészt a megvalósított állóeszköz-beruházások (különösen a nagy erőforrásokat lekötők) hosszabb időre behatárolhatják a vállalat tevékenységét és döntési lehetőségeit, másrészt a partnerekkel kialakult sokoldalú kapcsolat is jelentős mértékben befolyásolhatja az adott vállalat önállóságát és döntési lehetőségeit.

A döntések gazdasági súlyának növekedése, bonyolultabb és komplexebb formában való jelentkezése, a gazdasági fejlődéssel járó ellentétes tendenciák és a döntési felelősség fokozódása ösztönzik azokat a törekvéseket, amelyek a gazdasági döntések célszerűbb megalapozását kívánják előmozdítani. Különösen vonatkozik ez a hosszú vagy a középtávú döntésekre.

A vállalatok tevékenységét és döntéseit az összes népgazdasági ágazatokban egyaránt érvényesülő gazdasági törvények mellett az adott ágazat sajátosságaiból adódó törvényszerűségek is befolyásolják. A mezőgazdaság különösen sok és lényeges ilyen sajátossággal rendelkezik. „A mezőgazdaságnak vannak olyan sajátosságai, amelyek egyáltalán nem küszöbölhetők ki (ha eltekintünk a fehérje és a táplálék laboratóriumi előállításának túlságosan távoli és túlságosan problematikus lehetőségétől). E sajátosságok következtében a gépesített nagyüzemi termelésnek a mezőgazdaságban sohasem lesznek mindazok a lehetőségei, amelyekkel az ipar tűnik ki.”¹

A vállalati tevékenységet és döntéseket befolyásoló mezőgazdasági sajátosságok közül — mint arra számos szakmunka utal — a legfontosabbak a következők:

a) A mezőgazdasági termelés alapvetően termőföldhöz kötött, s a földterület nagysága és minősége a mezőgazdasági termelésben nagy szerepet játszik. A termelés nagyrészt a szabadban, különböző fekvésű területeken folyik.

¹ V. I. Lenin: Művei 5. kötet. Szikra, Budapest, 1953. 139—140. oldal.

b) A mezőgazdasági termelés nagyrészt élő anyaggal van kapcsolatban, aminek következtében a természeti és biológiai tényezők jelentős szerepe nem küszöbölhető ki.

c) A munkafolyamat és a termelési folyamat legtöbbször nem esik egybe, ezekre az idényszerűség jellemző.

d) A mezőgazdaság termelőeszközeinek jelentős részét önmaga számára termeli meg, ami számos belső vállalati összefüggés érvényrejutását vonja maga után.

e) Az előbbieket összhathatásaként a mezőgazdasági vállalatok tevékenységeiben és döntéseiben nagyfokú komplexitásnak kell érvényre jutni.

f) A szövetkezeti tulajdonforma uralkodó. Ennek folytán nagy szerephez jutnak a szövetkezeti tulajdonformából adódó sajátosságok.

A mezőgazdasági vállalati döntések során figyelemmel kell lenni a felsorolt sajátosságokra, s mérlegelni kell, hogy az adott termék termelésére, illetve az adott ágazatra vonatkozó döntések milyen hatással vannak más termékek előállítására, más ágazatokra vagy az egész vállalatra. Figyelembe kell venni a földterület nagyságát, minőségi tulajdonságait és hatékony felhasználásának lehetőségeit, a természeti és biológiai tényezők szerepét, a munkaerő- és az eszközfelhasználás idényszerűségét, valamint több ágazatban történő hasznosíthatóságának lehetőségét és összehangolásának szükségességét, a belső vállalati összefüggéseket, továbbá a termelőszövetkezetekben a szövetkezeti tulajdonformából adódó sajátosságokat, különösen a tagok tulajdonosi pozícióját.

A sokféle tényező szerepének és kölcsönhatásának mérlegelése, a döntési problémák és a döntések hatásának bonyolult és komplex felvetődése a vállalat feltételeinek, lehetőségeinek és eddigi tevékenységének sokoldalú vizsgálatát teszi szükségessé. E vizsgálatok során döntő jelentőségű annak elemzése, hogy az adott döntésnek milyen hatása várható a vállalat teljes komplexumára. Ennek „laboratóriumi” — gazdasági modellek alapján történő — vizsgálata, mielőtt a döntést meghoznánk, feltétlenül célszerű.

A döntések megalapozása olyan módszereket igényel, amelyek birtokában egyre inkább képesek vagyunk átfogni a gazdasági jelenségeket a maguk bonyolultságában és komplex kapcsolatukban. Különösen kíváncsatos lehet, hogy a döntések jövőbeni hatását előre lejátsszuk, „labora-

tóriumú úton” megvizsgáljuk.² Egy ilyen vizsgálat célszerűsége vitathatatlan, mert megóv attól, hogy olyan döntések szülessenek, amelyek hosszú időre visszavethetik a vállalatot.

A matematikai programozás éppen azáltal válik mindinkább a döntések megalapozásának hatékony eszközévé, hogy lehetővé teszi a vállalat tevékenységének komplex elemzését, a döntések várható következményeinek egzakt módszerrel, rövid idő alatt történő „laboratóriumi” vizsgálatát. Egy ilyen vizsgálat még semmire sem kötelez, eredményét hasznosíthatjuk vagy elvethetjük, legfeljebb a vizsgálat költségeit, néhány ezer forintot veszítettünk, míg egy megalapozatlan döntés megvalósítása által néhány millió forint veszteség érheti a vállalatot.

A matematikai programozás alkalmazásának — amint azt a továbbiakban látni fogjuk — számos előnye van, kezdve a különböző döntési változatok „laboratóriumi” vizsgálatának lehetőségétől, a legjobb, legjövődmezőbb döntési változat kiválasztásának lehetőségén keresztül egészen a vállalatvezetés szemléletére gyakorolt jó hatásig.

A matematikai programozás alkalmazásának vállalati tervezésben történő széles körű elterjesztéséhez mindinkább ki kell dolgozni a különböző népgazdasági ágak sajátosságainak megfelelően a konkrét alkalmazások rendszerét, fejleszteni kell a modellszerkesztés módszerét, hogy a gyakorlati problémákat mindinkább a maguk bonyolultságában és komplexitásában tudjuk megközelíteni. Munkámban e tekintetben is szeretnék előrelépést tenni, természetesen nem tartva igényt a teljességre.

Célkitűzésem többirányú. Bizonyos értelemben módszertani kézikönyvnek szánom azok számára, akik a matematikai programozás mezőgazdasági alkalmazásával foglalkoznak vagy foglalkozni kívánnak, különösen azoknak akik a programozás legszükségesebb matematikai alapjait már elsajátították. Egyben azonban az érdeklődők táborát is szélesíteni szeretném; ezért törekszem arra, hogy megfelelően leegyszerűsített

² Vannak akik idegenkednek az olyan megfogalmazásoktól, mint „a gazdasági döntések hatásának laboratóriumi vizsgálata”, vagy általában „a közgazdasági problémák laboratóriumi vizsgálata”. Márpedig a gazdasági modellekkel végzett vizsgálatok elvileg semmiben sem különböznek attól, mint amikor például laboratóriumi úton kikísérletezik valamely termék előállítását egy nagy vegyipari gyárban vagy konzervgyárban. Laboratóriumi vizsgálatról beszélni a közgazdasági tudományban éppen úgy helyénvaló, mint a fizikában, a kémiában vagy más tudományokban.

magyarázatokkal szolgáljak a matematikában kevésbé járatos mezőgazdasági mérnök olvasó számára. Egyes részek — pl. a 2.3. alfejezet —, kimondottan e célt szolgálják. Másrészt a gyakorlati alkalmazások eredményeinek bemutatásával szeretném ráirányítani a figyelmet a matematikai programozás mezőgazdasági alkalmazásának eredményességére, hasznosságára.

Vizsgálataim lehetőségessé és szükségessé teszik, hogy néhány elméleti kérdéssel is foglalkozzak, amelyek mind a matematikai programozással, mind a közgazdasági elméleti kérdésekkel, mind pedig a mezőgazdasági irányítással és vezetéssel foglalkozók körében érdeklődésre tarthatnak számot.

E többirányú célkitűzés egyeztetése nem könnyű feladat és bizonyosan nem sikerül maradéktalanul megoldanom. A matematikai programozás mezőgazdasági alkalmazásának sokoldalúsága azonban ösztönöz e sokirányú célkitűzésre.

Töreksem arra, hogy a valóságot megközelítő lineáris programozási modellt adjak közre, amelyet már több mezőgazdasági vállalat középtávú fejlesztési tervének elkészítése során alkalmaztunk, s amely sikeresen állta ki a gyakorlat próbáját. Munkám során különös figyelmet fordítok a legfontosabb termelési tényezők vizsgálatára, a termelési szerkezet és a termelési tényezők összefüggéseinek elemzésére, a komplex vállalati modellek vizsgálatára. Természetesen a modell mindig csak valamilyen közelítése a valóságnak. A közelítés pontossága függ a tudományok fejlődésétől, s azok fejlődésével várhatóan egyre pontosabb lesz, de a modell soha nem lesz még csak adakvát sem a valósággal.

Az a tény, hogy munkám során a matematikai programozásnak legegyszerűbb formáját, a lineáris programozást vagyok kénytelen alkalmazni, önmagában is a valóság leegyszerűsítéséhez vezet. A jövő tágabb lehetőségekkel kecsegtet, de jelenleg e lehetőségek (nemlineáris programozás, egészszámú programozás, sztochasztikus programozás stb.) jórészt csak elméleti formában állnak rendelkezésre; szélesebb körű gyakorlati elterjesztésre ma még nem alkalmasak.

Munkám nem történeti jellegű, s a probléma természeténél és szerteágazó jellegénél fogva nem tesz lehetővé egy összefüggő irodalmi áttekintést. Általában csak a tárgyalás során felmerülő irodalmi hivatkozásokra

szorítkoznak, nem tartva számot itt sem a teljességre, a terjedelmesség elkerülése érdekében.

Nem törekszem elméleti matematikai eredményekre. A matematikát segédeszközként alkalmazom, ezért kerülöm az önmagában való matematikai tárgyalásmódot. Természetesen, a probléma természetéből adódóan, nem mondhatok le a matematikai formulák alkalmazásáról, azokat azonban igyekszem minden esetben gazdasági tartalommal megtölteni.

Eljutok néhány közgazdasági elméleti megállapításhoz is. Esetenként egzakt módon alátámasztom a jelenleg elfogadott közgazdasági elméleti tételek érvényesülését adott körülmények között. Más esetben a jelenleg elfogadott elméleti tételek érvényesülését egzakt módon nem találtam bizonyíthatónak, azokkal ellentétes, vagy más formában érvényesülő tételekhez jutottam. Előfordul az is, hogy ismert tételeket más oldalról vizsgálítok meg.

Elméleti megállapításaim egzakt módon bizonyíthatók, illetve a vizsgálat során alkalmazott körülmények és feltételezések között bizonyíthatóan fennállnak. Az elméleti tételek és törvényszerűségek általában bizonyos körülményekhez és feltételekhez kötődnek, s *csak* ezen körülmények között érvényesülnek. Ez természetesen vonatkozik az általam tett megállapításokra is, s ezt szükségesnek tartom már most hangsúlyozni. Ezért arra is törekszem, hogy vizsgáljam a különböző feltételek között érvényesülő törvényszerűségeket. Ez esetenként absztrakciókat tesz szükségessé, azonban úgy vélem, egy tudományos vizsgálatban ez nemcsak lehetséges, de szükségszerű is.

A szerző

1. A tervezés munkafázisai

Mielőtt részletesen foglalkoznánk a matematikai modell kérdéseivel, célszerű ha legalább nagy vonalakban áttekintjük a tervező munka egész folyamatát, vizsgálva e munka egyes fázisait. Ennek során a középtávú tervezést tekintjük mintának, hiszen az éves tervezés lényegében hasonló körülmények között, azonos munkafázisokban megy végbe, természetesen több kötöttséggel, azaz korlátozottabb döntési lehetőségek mellett. A tervezés munkafázisait döntően a lineáris programozás alkalmazása szempontjából vizsgáljuk.

A tervezés fázisaival számos munka foglalkozik. Vizsgálatunk során a tervezés hét munkafázisát különböztetjük meg.

1.1. Helyzetfelmérés

A tervezés általában a vállalat kiindulási helyzetének áttekintésével, vizsgálatával, illetve megismerésével kezdődik. A helyzetfelmérés, bármely tervezési módszert is alkalmazunk, azonos lehet, bár *a lineáris programozást alkalmazva általában már a helyzetfelmérés szakaszában alkalmazzuk a fejlettebb matematikai eszközöket*. Különösen célszerű az átlag-

termékek vizsgálata szóráselemzéssel, trendszámítással és regressziós analízissel. Az ilyen elemzések képet adnak a különböző termékek termelésének múltbeli helyzetéről, a termelés biztonságáról, illetve bizonytalanságáról, a terméshozamok időbeli változásának tendenciájáról, s az egyes termelési tényezők változásának a terméshozamra gyakorolt hatásáról.

Ezek az elemzések a múltbeli helyzetre vonatkoznak, s a feltárt összefüggések a múltban meglevő feltételek és alkalmazott technológiai körülmények között érvényesültek — tükrözve azoknak minden jó vagy rossz vonatkozásait —, ezért természetesen nem fogadhatók el egyértelműen a jövőt illetően. Mégis, a múltbeli feltételek és technológiai körülmények, valamint az e tekintetben tervezett vagy tervezhető változtatások ismeretében hozzájárulnak ahhoz, hogy a terméshozamokra vonatkozó döntéseink megalapozottabbak, realisabbak legyenek.

A különböző termékek hozamával kapcsolatos bizonytalansági tényezők és tendenciák összehasonlítása, valamint e tényezők és tendenciák kialakításában szerepet játszó faktorok hatásának feltárása nemcsak az egyes termékek összehasonlító elemzését teszi lehetővé, hanem azt is, hogy a jövőre vonatkozóan a terméshozamokat — a tervezett technológiai változtatásokat messzemenően figyelembe véve — realisabban tervezhessük meg.

A helyzetfelmérés során általában vizsgálni kell a vállalat földrajzi elhelyezkedését, az adott termőterületen kialakult termelési irányt, a termelési hagyományokat, az éghajlati, illetve időjárási tényezőket, a talajadottságokat és a domborzati viszonyokat, a talajvizsgálati eredményeket, az öntözési és a vízgazdálkodási helyzetet és lehetőségeket, a vállalat közigazgatási elhelyezkedését, a piaci lehetőségeket, a szállítási és útviszonyokat, a települési viszonyokat, a közművesítettséget, a munkaerőhelyzetet, az állóeszköz-ellátottságot (az épületekkel, a gépekkel és egyéb eszközökkel való ellátottságot), a földterület művelési ágak szerinti megoszlását (talajtípus és domborzat szerint is), a szántóföldi vetésszerkezetet és a növénytermelés hozamainak alakulását, a szőlő- és gyümölcsstermelés helyzetét, a rét- és legelőgazdálkodást, a talajerőpótlás múltbeli helyzetét, az állatállomány nagyságát, összetételét és termelési mutatóit, a férőhely-ellátottságot és az istállók berendezését, a háztáji állattenyésztés jellemzőit, a gazdálkodás általános színvonalát, a termelési értéket, a ráfordítás és a jövedelem színvonalát és összetételét, a jövedelem felhasználá-

sát, a forgó vagyon nagyságát és szerkezetét, az árutermelés helyzetét, a vállalat általános pénzügyi, hitel- és vagyoni helyzetét stb.

A helyzetfelméréshez alapul szolgálnak a vállalat könyvelése által meghatározott rendszerben szolgáltatott adatok, a talajvizsgálati eredmények, a víz- és a talajrendezési, valamint a talajjavítási tervek és térképek, a helyszíni szemle és a vállalatvezetés kikérdezése.

Már a helyzetfelmérés során rá kell mutatni a várható vagy szükséges látszó, valamint lehetséges változásokra. *A vállalat helyzetének tanulmányozása ugyanis semmiképpen sem célozhatja a meglevő helyzet konzerválását, sőt éppen ellenkezőleg, az egyik legfontosabb feladata, hogy feltárja; mi az ami a jövőben feloldható, javítható, változtatható.* Az sem hiba, ha itt még „merész” elképzeléseket is felszínre juttatunk, hiszen a későbbiekben úgyis kiderül, hogy megvalósításuk reális és jövedelmező-e, vagy sem.

1.2. A koncepciók kialakítása

A vállalat adottságait megismerve kerülhet sor a koncepciók kialakítására. Ez nagymértékben különbözik aszerint, hogy milyen tervezési módszert vagy eljárást alkalmazunk.

Semmiképpen *sem célszerű* ha már a koncepciók kialakítása során egyértelműen rögzítik a termelés szerkezetét, mondhatnánk, leglényegesebb bázisszámait, mert így *tulajdonképpen már ekkor kialakul a döntés.*

A lineáris programozásnál a koncepciók valóban csak elképzeléseket rögzítenek. Mindenekelőtt meghatározzuk, hogy egyáltalán milyen termékek termelése, illetve tevékenységek folytatása lehetséges a vállalat keretei között. Ezeket azonban általában csak mint *lehetőségeket* vesszük számba, de nem döntjük el eleve sem azt, hogy melyik termék termelését folytatjuk, sem pedig azt, hogy mik legyenek a termelés méretei; legfeljebb bizonyos korlátokat állapítunk meg. Egy-egy termék termelésének pontos terjedelmét tehát csak ritkán rögzítjük a koncepciók kialakítása során. Valamely termék termelésének vagy valamely tevékenységnek a méretét csak akkor rögzítjük eleve egyértelműen, ha az adott termék termelésének vagy az adott tevékenységnek a szintjét valamilyen ok miatt egyáltalán nem kívánjuk változtatni. (Például valamely állattenyésztési ág

méretét, valamely gyümölcs termelési területét stb. nem kívánjuk megváltoztatni.) Már ekkor jelzünk olyan követelményeket, hogy adott termékeket csak bizonyos nagyságrendben, illetve ennek többszörösében kívánatos termelni.

A koncepciók kialakítása során rögzítjük (szintén csak mint lehetőségeket) a különböző termékek termelésekor alkalmazható technológiai változatokat, illetve a tevékenységek lehetséges változatait, meghatározva a változatok főbb koncepcióelveit.

Leírjuk továbbá a terület, a munkaerő és más erőforrások várható alakulását. Rögzítjük a hozamokra vonatkozó elképzeléseinket (természetes mértékegységben). Már most leírjuk a matematikai modellre és a variánsszámításokra vonatkozó elképzeléseinket.

A lineáris programozásnál az ilyenformán, előzetesen kialakított koncepciókat csak mint előzetes elképzeléseket, lehetőségeket kezeljük. A variánsszámítások során mind az adatokat, mind a modell feltételrendszerét megváltoztathatjuk, és ténylegesen nagyon sokszor megváltoztatjuk.

1.3. A technológiák tervezése

Az előző munkafázisban meghatároztuk, hogy milyen termékek termelését vesszük figyelembe, milyen technológiai változatokkal, illetve milyen más tevékenységek folytatását, milyen módszerekkel. Most az egyes technológiai változatokat és tevékenységeket részletesen is megtervezzük. Meghatározzuk egységnyi termelés vagy tevékenység átlaghozamait, a munkaműveletek rendjét, elvégzésének idejét, eszközét és munkanormáit, anyag- és költségáfordításait. A technológiák tervezésekor a lineáris programozási modell szükségletét és könnyebb összeállítási lehetőségét figyelembe kell venni, és a technológiai adatokat meghatározott rendszer és felépítés szerint célszerű kidolgozni. Sőt e rendszer, és az adatok kidolgozásának elvei, aszerint is különbözhetnek, hogy a lineáris programozási modellt milyen módon kívánjuk felépíteni.

A technológiák tervezése a lineáris programozásnál különösen gondos munkát igényel, mert egy-egy hibás adat a későbbiekben jelentős problémákat okozhat.

A vállalatvezetés a terv megvalósítását csak akkor képes biztosítani, ha a tervezett termelési szerkezet mellett a technológiai terveket is — természetesen megfelelő rugalmassággal — megvalósítja. Ez megkívánja, hogy a tervben szereplő termelés-technológiai tervek a vállalatvezetés rendelkezésére álljanak. Célszerű azokat technológiaként különállóan — füzetszerűen — a vállalat rendelkezésére bocsátani, hogy az adott termék termelését irányító szakemberek számára könnyebben kezelhető legyen. Ily módon a technológiai tervek egyrészt irányvonalként szolgálnak, másrészt megvalósításuk illetve a tőlük való eltérések — különösen a ráfordítások, a költségek és a hozamok vonatkozásában — figyelemmel kísérhetők. *A távlati technológiai tervek alapján a konkrét technológiai adatok kidolgozása, a technológiai fegyelem betartása megkívánja, hogy a technológiai tervben rögzítettektől csak indokolt esetben térjünk el.* Ilyenkor is nagyon fontos azonban annak figyelembevétele, hogy az eltérések milyen hatással vannak a vállalat egészére, teljes komplexumára.

1.4. A matematikai modell összeállítása

A technológiai tervek elkészülte után kerül sor a matematikai modell összeállítására. Ennek folyamán a technológiai tervben kidolgozott adatokat meghatározott rendszerbe — általában táblázatos formába — foglaljuk.

A modell összeállítása akkor fejeződik be, ha megoldása értelmes eredményhez vezet. Ha ellentmondásos rendszer miatt megoldhatatlan a modellünk, meg kell keresni az ellentmondás vagy az ellentmondások okát, s a modellt átdolgozva vagy kijavítva az ellentmondást ki kell küszöbölni. Ilyen ellentmondás adódhat modellszerkesztési hibából, adat-hibából, vagy abból, hogy a gazdaságvezetés teljesíthetetlen igényeket támaszt a tervezéssel szemben. Ha a megoldás során értelmes eredményt kapunk — ez még nem jelent gyakorlatilag megvalósításra elfogadható tervet —, akkor modellünk, mint alapmodell, jó. A modell összeállításának folyamatába tehát az első értelmes számítás is beleszámítandó, hiszen csak akkor tekinthetünk egy alapmodellt késznek, ha az legalábbis értelmezhető megoldáshoz vezet.

Szükséges ezt hangsúlyozni, mert a modell összeállításának munkája sokszor elég bonyolult feladatot jelent, és nem biztos, hogy első lépésben sikerül ezt maradéktalanul megoldani. Az esetleges hibák vagy ellentmondások feltárását és kijavítását éppen az teszi lehetővé, hogy az első — vagy első néhány — megoldás során megfigyeljük a modell „viselkedését”.

A matematikai modell összeállításának fázisa természetesen csak matematikai tervezésnél fordul elő.

1.5. A variánsszámítás

A matematikai tervezés egyik fontos tulajdonsága, hogy sok tervváltozat viszonylag gyors előállítását teszi lehetővé. Egyrészt az előzetes elképzelések alapján, másrészt egy-egy megoldás elemzésének alapján, vagy éppen az árak vagy az előzetes elképzelések időközbeni változásai alapján a matematikai modell rendszerét vagy adatait változtatva, több variánsszámítást végzünk. Minden sikeres variánsszámítás során egy-egy optimális (az adott feltételek és adatok alapján optimális) tervváltozatot nyerünk.

A számológép több lépésben jut el a matematikai modell megoldásához. Minden lépésben egy-egy lehetséges tervváltozatot vizsgál, s végül az utolsó lépésben az optimális tervváltozatot kapjuk. Célszerű az optimum előtti tervváltozatokat is megvizsgálni, mert lehetséges, hogy közöttük van olyan, amely gyakorlati megvalósításra célszerűbbnek mutatkozik, mint az optimális tervváltozat.

A lineáris programozás alkalmazása lehetővé teszi gazdaságilag megalapozottabb tervek elkészítését. Az elektronikus számológépek a matematikai modell megoldásához szükséges számításokat rövid idő alatt elvégzik. Ezáltal lehetővé válik többféle tervváltozat előállítása és vizsgálata. De az elektronikus számológépek jelentősége a tervezésben nem merül ki kizárólag a matematikai modell gyors megoldásában és a variánsszámítások lehetőségében, hanem igen célszerűen használhatók fel a matematikai modellek megkonstruálásának előkészítésében is. Információk

tárolására és termelésére, adatbankok létrehozására, a matematikai modelt megelőző gazdasági számítások elvégzésére stb. a komputerek igen jól felhasználhatók.

1.6. Döntés

A variánsszámítás során, különösen, ha az optimumot megelőző változatokat is vizsgáljuk, sok tervváltozathoz jutunk. Például, ha a modelt tíz változatban oldjuk meg, és minden esetben tíz lehetséges tervváltozatot vizsgálunk meg (a számítás során az utolsó tíz lépés eredményét), kereken 100 tervváltozatot nyerünk. Döntenünk kell, hogy közülük melyik változatot vagy változatokat tartjuk gyakorlati megvalósításra a legcélszerűbbnek.

Ilyen sok tervváltozat vizsgálatát döntésre előterjeszteni a vállalatvezetés elé értelmetlen lenne, mert a vállalatvezetésnek aligha van arra lehetősége, hogy 100 tervváltozatot tüzetesen átvizsgáljon, s azokat szelektálva 1—2, gyakorlatilag leginkább megvalósítható változatot kiválasszon. Célszerű, ha az első szelektálást — a döntés megkönnyítése érdekében —, különböző szempontokat érvényesítve, maguk a tervezők végzik el. Helyes, ha először egy-egy modellváltozat megoldása során kapott tervváltozatokból gyakorlati megvalósításra legjobbnak tartott 1—3 változatot kiválasztunk a tervváltozatok összehasonlítása útján. Ez a folyamat az utóbbi példa szerinti 100 tervváltozathoz 20—30 változat kiválasztásához vezet.

Az így kiválasztott tervváltozatokat összehasonlítva tovább szelektáljuk mindaddig, amíg 5—15 változathoz jutunk el. Ezeket a vállalatvezetés elé terjesztjük döntés céljából. *A vállalatvezetés dönt arról, hogy az előterjesztettek közül melyik változatot vagy változatokat fogadja el megvalósításra.*

A döntés kimenetele többféle lehet:

a) A vállalatvezetés az előterjesztett változatok közül egyet sem tart megvalósíthatónak vagy tárgyalási alapként elfogadhatónak. Ez esetben újabb tervváltozatok készítése szükséges. Ha a tervezők a vállalatvezetéssel mindvégig szorosan együtt működtek, erre ritkán kerülhet sor.

b) A vállalatvezetés az előterjesztett változatok közül egyet vagy többet megvalósíthatónak tart, és elfogad, s kéri ennek vagy ezeknek a részletes kidolgozását. Egynél több változat részletes kidolgozásának akkor van általában értelme, ha az adott változatok közötti döntés bizonytalan, vagy azok a terv rugalmas megvalósítását teszik lehetővé.

Például előfordulhat, hogy két tervváltozat van, s az egyik nagyobb, a másik kisebb állattenyésztést tervez. A vállalatvezetés a nagyobb állattenyésztést előirányzó változatot szeretné megvalósítani, mert az jövedelmezőbb, azonban az ehhez szükséges beruházási eszközökkel nem rendelkezik, s a döntés időpontjában nem tudja, sikerül-e megfelelő hitelhez jutnia. De az is előfordulhat, hogy a nagyobb állattenyésztést előirányzó tervváltozat jövedelem-előirányzata nem, vagy alig haladja meg a kisebb állattenyésztési teleppel számoló tervváltozat jövedelem-előirányzatát, azonban a vállalatvezetés az árak olyan változását reméli, amely kedvező feltételeket teremt a nagyobb állattenyésztési telep megvalósításához. A két tervváltozat közötti döntést tehát a vállalat későbbre halasztja, ezért kéri mindkét változat részletes kidolgozását.

c) A vállalatvezetés az előterjesztett tervváltozatok közül egyet vagy többet megvalósíthatónak tart, azonban azok néhány adatát kismértékben megváltoztatja. E változtatások főként kerekítés jellegűek, ezért nem szükséges a modell újbóli megoldása. A gyakorlatban ez a helyzet adódik a legtöbbször.

d) A vállalatvezetés az egyes tervváltozatokat alternatív optimumként tekinti, és keverésükkel újabb, gyakorlatilag megvalósítható tervváltozatot vagy tervváltozatokat állít elő, s azokat fogadja el.

1.7. A tervmérlegek kidolgozása

A tervezés folyamatának befejező szakasza a tervmérlegek összeállítása. A terv rögzíti a földterület művelési ágak szerinti tervezett megoszlását, a növénytermelés szerkezetét, talajtípusok és technológiai változatok szerinti megoszlását, a szőlő-gyümölcs és a rét-legelő gazdálkodás tervét, a termékfelhasználási tervet, az állattenyésztés szerkezetének és ter-

melésének tervét, a különböző mérlegeket (munkaerő, gépi munka, takarmány stb. mérlegek), az anyagfelhasználási tervet, a beruházási tervet, az árutermelési tervet, a pénzügyi és a jövedelem-felhasználási tervet stb.

Célszerű a tervet áttekinthető rendszerben, kevés szöveges értékeléssel készíteni, kerülve a terjedelmességet.

A tervösszeállítás — bármely tervezési módszert alkalmazzuk is — általában azonos lehet. A könyvben ismertetésre kerülő célrealisztikus lineáris programozási modell alkalmazása esetén azonban bizonyos sajátosságokkal rendelkezik, amelyek főként a komplex szemléletmód erőteljesebb érvényre juttatásából adódnak.

2. A matematikai programozási modell általános megfogalmazása, s alkalmazásának lehetőségei

A tervezés munkaszakaszainak rövid áttekintése után a továbbiakban koncentráljuk figyelmünket főként a matematikai modell összeállítására. Ebben a fejezetben azonban még csak általánosságban foglalkozunk meg a matematikai modellel, majd pedig annak speciális típusát, a legegyszerűbb és jelenleg a gyakorlatban leginkább használható formáját, a lineáris programozás modelljét. Egyszerű példát is megvizsgálunk a lineáris programozás alkalmazására, majd röviden — inkább csak vázlatosan — áttekintjük a lineáris programozás gyakorlati alkalmazásának területeit.

2.1. Az általános matematikai programozási modell

Tegyük fel, hogy valamely mezőgazdasági vállalat n féle tevékenységet folytathat.³ Ezeknek — egyelőre ismeretlen — szintjét jelöljük $x_1, x_2, \dots, x_n$ -nel. Ezek alkotják a matematikai modell *változóit*.

³ E helyütt nem vizsgáljuk a tevékenységek konkrét tartalmát, csak megjegyezzük, hogy a tevékenység jelentheti valamely termék termelését, valamilyen szolgáltató tevékenységet, beruházási tevékenységet stb. valamilyen módon folytatva.

Eszerint x_j jelenti a j -edik tevékenység ($j=1, 2, \dots, n$) szintjét. E tevékenységeket a vállalat bizonyos céllal végzi. A cél különböző lehet, pl. minél magasabb (bruttó vagy nettó) jövedelem elérése, az export fokozása vagy az import csökkentése stb. Tegyük fel, hogy példánkban a tevékenységek folytatásának célja: jövedelem elérése. Nyilvánvaló, hogy a megtermelhető vagy realizálható jövedelem függ attól, hogy a vállalat a különböző tevékenységeket milyen szinten és arányban folytatja, azaz, ha a megtermelhető vagy realizálható jövedelmet z -vel jelöljük, annak nagysága az x_j változók függvénye:

$$(2.1.) \quad z = f(x_1, x_2, \dots, x_n)$$

Az így megfogalmazott függvényt *célfüggvénynek* nevezzük. Természetesen a vállalat a cél minél jobb megvalósítására törekszik, például minél több jövedelem elérésére, vagy minél több exporttermék előállítására, vagy minél kevesebb importanyag felhasználására stb. Az $x_1, x_2, \dots, x_n$ változók értékeit eszerint úgy kívánja meghatározni, hogy a célfüggvény azok mellett a legnagyobb vagy a legkisebb értéket vegye fel, vagyis keresi a *célfüggvény maximumát vagy minimumát*, azaz extrém értékét, tehát

$$(2.2.) \quad z = f(x_1, x_2, \dots, x_n) = \text{extrém}$$

A különböző tevékenységek folytatása során felhasználható földterületet, munkaerőt, eszközöket és anyagokat általában *erőforrásoknak* fogjuk nevezni.⁴ Az erőforrások egy része korlátozott mennyiségben áll rendelkezésre, vagyis azok felhasználható, illetve felhasználandó mennyisége adott. Jelöljük az r -edik erőforrásból rendelkezésre álló mennyiséget b_r -rel.

Az erőforrások felhasználása során előírt mérlegfeltételeket teljesíteni kell. A mérleg egyik oldalán jelentkezik az adott erőforrás iránti szükséglet, a másik oldalán pedig az abból rendelkezésre álló mennyiség. Mivel a különböző erőforrásokból felmerülő szükséglet szintén az x_j értékek függvénye, ezeket úgy kell megválasztani, hogy a mérlegek két oldala között általunk előírt viszony (reláció) legyen. Előírhatjuk, hogy a mérleg

⁴ Egyelőre ezek részletes vizsgálatától el kell tekintenünk.

két oldala pontosan megegyezzen, vagy hogy az egyik oldalán levő mennyiség nem lehet több, mint a másik oldalon.

Eszerint tehát keressük az $x_1, x_2, \dots, x_n$ változóknak azokat az értékeit, amelyek mellett a célfüggvény extrém értéket (maximumot vagy minimumot) vesz fel, azonban az $x_1, x_2, \dots, x_n$ változóknak ki kell elégíteniük még bizonyos mérlegfeltételeket, amelyeket mérlegegyenletek

$$(2.3.) \quad \Phi_r(x_1, x_2, \dots, x_n) = b_r$$

vagy mérleg-egyenlőtlenségek

$$(2.4.) \quad \Phi_r(x_1, x_2, \dots, x_n) \leq b_r$$

illetve

$$(2.5.) \quad \Phi_r(x_1, x_2, \dots, x_n) \geq b_r$$

alakjában fogalmazunk meg.

Továbbá az $x_1, x_2, \dots, x_n$ változóknak ki kell elégíteniük az úgynevezett *határfeltételeket*⁵ vagy *nem-negativitás* feltételeit, azaz

$$(2.6.) \quad x_1, x_2, \dots, x_n \geq 0$$

A (2.1.) és (2.2.) formulában kizárólag azt fogalmaztuk meg, hogy a célfüggvény értéke (pl. a jövedelem tömege) a különböző tevékenységek méretétől függ (a különböző termékekből termelt mennyiségektől, a szolgáltatások volumenétől stb.), s a (2.2.) szerint ezek szintjét úgy kell megválasztani, hogy a célfüggvény extrém értéket vegyen fel, (pl. a lehető legnagyobb jövedelmet érjük el). E formában egyelőre még azt sem konkretizáltuk, hogy a célfüggvény értéke (z) hogyan, milyen formában függ az x_j változóktól.

Kizárólag e függvény alapján esetleg az mutatkozhatna célszerűnek, hogy a vállalat csak egyféle tevékenységet folytasson, esetleg minden határon túl növekvő mértékben. Azonban, mint arról már szó volt, a különböző tevékenységek erőforrásokat igényelnek, amelyekből korlátozott

⁵ Oskar Lange: Optimális döntések. Közgazdasági és Jogi Könyvkiadó, Budapest, 1966. 51. o.

mennyiségek állnak a vállalat rendelkezésére, behatárolván a különböző tevékenységek lehetséges méreteit. Például, ha a vállalatnak adott földterület áll a rendelkezésére, s azt maradék nélkül fel kell használnia a termelés céljára, ez a területmérleg egyensúlyának biztosítását kívánja meg. A területszükséglet természetesen szintén az x_j változóktól függ (valamilyen formában), a ez képezi a mérleg egyik oldalát $\Phi_r(x_1, x_2, \dots, x_n)$, s meghatározott nagyságú terület áll rendelkezésre (b_r), ami a mérleg másik oldalát adja. A mérleg két oldala között meghatározott egyensúlyt kell biztosítani (2.3.).

A munkaerő- és eszközfelhasználásra vonatkozó mérlegeket viszont általában egyenlőtlenség formájában fogalmazzuk meg, vagyis nem írjuk elő, hogy például minden hónapban pontosan és maradék nélkül fel kell használnunk a rendelkezésre álló munkaerőt, hanem csak azt kötjük ki, hogy nem használhatunk fel több munkaerőt, mint amennyi rendelkezésre áll, azaz a munkaerő felhasználására egy felső határt (felső korlátot) írunk elő, de lehetővé tesszük, hogy azt ne használjuk fel teljesen⁶ (2.4.). Más esetben — mint később látni fogjuk — előírhatunk alsó korlátot is (2.5.).

A (2.6.) formulában előírtuk, hogy az x_j értékek nem lehetnek negatív mennyiségek. A vállalatvezető természetesnek tartja, hogy nem termelhet például mínusz száz hektáron búzát vagy kukoricát, vagy nem adhat az állatok elé mínusz 10 kg-ot valamely takarmányfélésegből. A matematikában azonban valamely egyenletrendszer vagy egyenlőtlenségrendszer megoldása negatív értékeket is eredményezhet, illetve, ha ez nem kívánatos, azt külön feltételként kell előírni (2.6.).

A mérlegfeltétel-rendszer (mérlegegyenletek és egyenlőtlenségek), vagy másként, a korlátozó feltételek rendszere (2.3.—2.5.) és a határfeltételek (2.6.) általában az x_j változók többféle variációját megengedik, azaz többféle tervváltozat készítését is lehetővé teszik. Ezek azonban nem feltétlenül egyenértékűek, s célszerű kiválasztani közülük azt, amely bizonyos cél vagy célok szempontjából leginkább megfelel a gyakorlati megvalósításra. A választás kritériumát a célfüggvényben foglaltuk meg. Nagy kérdés azonban, hogy milyen kritérium vagy kritériumok

⁶ Mezőgazdasági vállalatnál általában lehetetlen olyan tervet összeállítani, amely minden hónapban a munkaerő teljes és maradéktalan felhasználását biztosítja. E követelmény modellbe építése megoldhatatlan problémához vezetne.

alapján válasszuk ki a sokféle lehetséges tervvariáns közül azt, amelyik a gyakorlati megvalósításra leginkább megfelel, vagyis mi legyen a célfüggvény gazdasági tartalma.

A kérdés eldöntése sokszor igen nehéz és sok tényezőtől függ. „A népgazdasági optimum kritérium problémája rendkívül nehéz: elméletileg és gyakorlatilag egyaránt. A szűken vett közgazdasági vonatkozásokon túlmenően számos másfajta — politikai, szociológiai, pszichológiai, etikai stb. — vetülete is van. Bonyolultsága miatt pl. Magyarországon a matematikai módszerek alkalmazásával foglalkozó közgazdászok egyike-másika teljesen pesszimistán ítéli meg a tisztázás lehetőségeit, s inkább visszavonul: olyan modellek alkalmazását javasolja, amelyekben nem szerepel célfüggvény explicite megformulázott optimum kritérium.”⁷

A probléma eldöntése sokszor vállalati szintű programozásnál sem könnyebb, azonban a kérdés megkerülésére — véleményem szerint — nincs lehetőség. A matematikai modell mérlegfeltétel rendszerében rögzítjük az összes szükségszerű összefüggéseket, így a technológiai kapcsolatokat, a természeti feltételeket, a termelőerőkkel kapcsolatos korlátokat (amelyek alakítása, változtatása módunkban áll, vagy nem), a népgazdasági igényeket és kapcsolatokat, a partnerekkel és piaccal való kapcsolatot, a belső vállalati arányokat, a célfüggvény pedig kifejezi a gazdasági vezetés kívánalmait. A feltételrendszerben kifejeződik a „kell” vagy a „lehetetlen”. *A. Kaufmann* ezeket céloknak, illetve korlátozó feltételeknek nevezi. („A célokat és a korlátozó feltételeket együtt matematikai korlátozó feltételeknek nevezzük”.⁸) A célfüggvényben pedig kifejeződik a „jó lenne minél inkább ...”, vagyis a feltételrendszer a külső körülmények kényszerítő erejét, a célfüggvény pedig a vállalatvezetés óhajait fejezi ki.

A szükséges (kell vagy lehetetlen) és óhaj (jó lenne minél inkább) között azonban sok esetben nincs éles határ. Például általában lehetetlen, hogy egy mezőgazdasági vállalat a rendelkezésre álló területnél többet használjon fel a termelésre, vagy kell, hogy bizonyos mennyiségű takarmányt megtermeljen, de esetleg jó lenne, ha minél kevesebb területet kel-

⁷ *Kornai J.*: A gazdasági szerkezet matematikai tervezése. Közgazdasági és Jogi Könyvkiadó, Budapest, 1965. 301. o.

⁸ *A. Kaufmann*: Az optimális programozás. Műszaki Könyvkiadó, Budapest, 1964. 17. o.

lene felhasználni, vagy a „kell”nél több takarmányt tudna megtermelni. Ez esetben tehát a szükségesség óhajja, a feltételrendszer egyes feltételei célokká minősülnek.⁹

A matematikai programozás, s ezen belül a célfüggvény általános problémáját igen világosan fejt ki *O. Lange*. A matematikai programozás elméletét a racionális cselekvésről szóló általános tudomány részének tekinti, azaz a praxeológiához sorolja.¹⁰ A programozás szempontjából legfontosabb praxeológiai eljárási elvnek a racionális gazdálkodás vagy a gazdaságosság elvét tekinti, amelynek két változatát különbözteti meg:

a) *A legnagyobb eredmény elve*: ha adott eszközráfordítás mellett a kitűzött cél maximális fokát érjük el.

b) *A legkisebb eszközráfordítás vagy az eszközökkel való takarékoság elve*: ha az adott célt (vagyis a cél előre meghatározott fokát) a legkisebb eszközráfordítással érjük el.

A gazdaságosság elvének két változatát *O. Lange* egyenértékűnek tekinti. „Ki lehet mutatni, hogy a racionális gazdálkodás elvének mindkét változata egyenértékű. Lényegében a racionális gazdálkodás elvének második változatát alkalmazva — adott eszközkészlet mellett — végeredményben a cél megvalósításának maximális fokát érjük el. Ha ugyanis kevesebb eszközt használunk a cél megvalósítása meghatározott fokának elérésére, vagyis bizonyos mennyiségű eszközt megtakarítunk, akkor azal a cél megvalósítási fokát megfelelően növelni lehet, és ezen az úton elérhetjük annak maximumát.”¹¹ Helyteleníti a gazdaságosság elvének olyan megfogalmazását, amely a cél legnagyobb megvalósítási fokát kívánja elérni a legkisebb eszközráfordítás mellett.¹² Valóban, az utóbbi megfogalmazás ellentmondásos, és *O. Lange* elmélete a gazdaságosság elvéről és a két változat egyenértékűségéről előrelépést jelent.

Egy mezőgazdasági vállalat tervének elkészítésekor a vállalatvezetés előtt rendszerint több cél is felmerül. Matematikai modelljeinkben,

⁹ Vö. *Kornai J.*: i. m. 306. o.

¹⁰ *O. Lange*: i. m. 11—15. o.

¹¹ *O. Lange*: i. m. 13. o.

¹² Uo.

A. Kaufmann szerint, azonban csak egyetlen optimalizálandó célfüggvény lehet.¹³ Ez viszont nem mond ellent annak, hogy egyidejűleg több célt is figyelembe vehessünk.

2.2. A lineáris programozási modell általános megfogalmazása

Az előző alfejezetben a matematikai programozási modell általános megfogalmazása során nem adtuk meg konkrétan, hogy a célfüggvény vagy a mérlegfeltételek milyen függvénytípust képviselnek, csupán azt tüntettük fel, hogy itt valamilyen függvényszerű kapcsolat van.

Elvileg mind a célfüggvényben, mind a mérlegfeltételekben sokféle függvénytípus szóba jöhet, azonban egy bonyolult függvényrendszert tartalmazó modell gyakorlati tervezésben való alkalmazásának — legalábbis jelenleg — nincsenek meg a feltételei. Egyszerűségénél, könnyebb kezelhetőségénél és megoldhatóságánál fogva, *ma a lineáris programozási modell az, amely a gyakorlatban szélesebb körben alkalmazható és elterjeszthető.*

Ha mind a célfüggvény, mind a mérlegfeltételek lineárisak, azaz a

$$(2.7.) \quad z = p_1x_1 + p_2x_2 + \dots + p_nx_n = \text{extrém}$$

és

$$(2.8.) \quad a_{r1}x_1 + a_{r2}x_2 + \dots + a_{rn}x_n = b_r$$

illetve

$$(2.9.) \quad a_{r1}x_1 + a_{r2}x_2 + \dots + a_{rn}x_n \leq b_r$$

¹³ A. Kaufmann: i. m. 17. o. Több célfüggvény alkalmazásáról lásd Krekó B.: Optimumszámítás. Közgazdasági és Jogi Könyvkiadó, Budapest, 1972. 378—399. o.

vagy

$$(2.10.) \quad a_{r1}x_1 + a_{r2}x_2 + \dots + a_{rn}x_n \cong b_r$$

formában adottak, vagyis a (2.7.)—(2.10) a változókat *első fokon* tartalmazzák, akkor lineáris programozási modelről beszélünk. Ellenkező esetben nemlineáris programozási modellel állunk szemben.

A lineáris programozás mindenekelőtt azt a feltételezést tartalmazza, hogy a p_j és a_{rj} együtthatók konstans értékek, és nem függenek az x_j értékek változásától. A vállalati tervezés szempontjából nézve ez azt a feltételezést jelenti, hogy adott termékből bármilyen mennyiséget is termelünk, egységnyi termék például *mindig ugyanannyi* jövedelem realizálását teszi lehetővé, a különböző anyagokból egységnyi termék előállításához *mindig ugyanannyit* használunk fel, illetve egységnyi termék előállítása *mindig ugyanannyi* munkaerőt, gépmunkát igényel stb. Indokolt az a nézet, hogy a valóságban a problémák nem ilyen egyszerűen, általában nem lineáris formában jelentkeznek. Ha tehát e tekintetben mégis ragaszkodunk a linearitáshoz, akkor számításaink csak annyiban tükrözik helyesen a valóságot, amennyiben a linearitás — jobb híján — mégis elfogadható.

A lineáris programozási modell egyszerűségénél fogva is alkalmat ad arra, hogy a matematikában kevésbé járatos mezőgazdasági szakember is könnyen követni tudja a matematikai programozás (konkrétan a lineáris programozás) lényegét és alkalmazásának előnyét, ezért célszerűnek tűnik e kérdéssel itt foglalkozni.

Tegyük fel, hogy $p_1, p_2, \dots, p_n$ az első, a második és így tovább az n -edik termék egységnyi termelése (1 mázsa, 1 hektár stb.) során nyerhető jövedelmet jelenti, amíg mint ismeretes, az $x_1, x_2, \dots, x_n$ a különböző termékekből termelendő mennyiségeket szimbolizálja.

Ha az első termék egységnyi mennyisége (1 mázsa vagy 1 hektár termelése) p_1 mennyiségű jövedelem megtermelését, illetve realizálását teszi lehetővé, s ha a termékből x_1 mennyiséget állítunk elő, akkor természetesen az első termék termelése során $p_1 x_1$ nagyságú jövedelemre számíthatunk. Ha e szorzatot valamennyi termékre vonatkozóan képezzük, megkapjuk, hogy a különböző termékek termelése során — adott mennyiségeket termelve — mennyi jövedelem nyerhető.

A termékenként nyerhető jövedelmek összege az adott vállalat által megtermelhető jövedelem tömegét adja, azaz a vállalati összes jövedelem tömege (z) a (2.1.) szerint.

$$(2.11.) \quad z = p_1 x_1 + p_2 x_2 + \dots + p_n x_n,$$

vagy rövidebben

$$(2.12.) \quad z = \sum_{j=1}^n p_j x_j$$

Ha például a_{r1} az első termék egységnyi megtermeléséhez szükséges munkanapok számát jelenti az r -edik hónapban, és az első termékből x_1 mennyiséget állítunk elő, akkor ehhez nyilvánvalóan az r -edik hónapban $a_{r1}x_1$ munkanapra lesz szükség. Ha e szorzatot minden termékre vonatkozóan elvégezzük, megkapjuk, hogy a különböző termékek tervezett mennyiségének megtermeléséhez az r -edik hónapban hány munkanapra van szükség. Ezek összegezése az adott hónapban a termeléshez szükséges munkanapok számát adja, azaz a (2.9.) formulát felhasználva

$$(2.13.) \quad a_{r1}x_1 + a_{r2}x_2 + \dots + a_{rn}x_n,$$

vagy rövidebben

$$(2.14.) \quad \sum_{j=1}^n a_{rj}x_j.$$

Ez azonban nem lehet több a rendelkezésre álló, illetve teljesíthető munkanapok számánál, b_r -nél, azaz

$$(2.15.) \quad \sum_{j=1}^n a_{rj}x_j \leq b_r.$$

Hasonló módon fogalmazhatjuk meg a gépimunka-mérlegeket, anyagmérlegeket stb., melyek részletesebb tárgyalásától e helyütt eltekintünk.

Anélkül, hogy a lineáris programozás matematikai apparátusának részletesebb kifejtésébe bocsátkoznánk, csupán érintőlegesen megjegyezzük, hogy bármely lineáris programozási feladat visszavezethető a

$$\mathbf{x} \geq \mathbf{0}$$

(2.16.)

$$\mathbf{Ax} \leq \mathbf{b}$$

$$\mathbf{c}^* \mathbf{x} \rightarrow \max.$$

mátrixszimbólumok felhasználásával felírt formára, ahol $\mathbf{A}$ a ráfordítási vagy technológiai együtthatók mátrixa, a $\mathbf{b}$ a kapacitáskorlátok vektora, a $\mathbf{c}$ a hatékonysági együtthatók (a célfüggvény-koefficiensek) vektora, $\mathbf{x}$ pedig egyelőre ismeretlen termelési vektor.

A továbbiakban tekintsünk egy egyszerű példát a lineáris programozási modell gyakorlati alkalmazására. A példa igen leegyszerűsített, de éppen egyszerűségénél fogva szemléletes, s lehetővé teszi, hogy a matematikában kevésbé járatos szakember is könnyen követni tudja a lineáris programozás lényegét és alkalmazásának előnyeit.

2.3. A lineáris programozás lényegének ismertetése egyszerű példa alapján

Tételezzük fel, hogy valamely mezőgazdasági vállalat 1000 ha területtel rendelkezik. A területen négyféle árunövény termelésére van lehetőség, amelyeket jelöljünk az ábécé kezdő nagybetűivel, tehát A , B , C , D -vel. Rendelkezésre áll a négyféle árunövény termelésének kidolgozott technológiája, amely tartalmazza azok termelésének jövedelemszámításait is.

A problémát leegyszerűsítjük, és feltételezzük, hogy a termeléshez csak munkaerőt használunk fel. (A többi tényező vagy korlátlan mennyiségben áll rendelkezésre, vagy egyszerűen e helyütt vizsgálatuktól eltekintünk.) A munkaerő-felhasználás idényszerűsége azonban szükségessé teszi annak vizsgálatát, hogy az év különböző időszakában hogyan alakul a munkaerő-szükséglet. E tekintetben legalább havi részletezésre van szükség. Az egyszerűség kedvéért példánkban csak két munkacsúcs-hónap vizsgálatát végezzük el, azaz csak az I., illetve a II. csúcsidezőszakot különböztetjük meg.

A technológiákból megállapítható, hogy az A termék 1 hektáron való termelése az I. csúcsidezőszakban 1, a II. csúcsidezőszakban 4 munkanapot igényel, és 1 hektáron 900 Ft jövedelem érhető el. Ugyanezen ada-

tok a *B* termék termelésre vonatkozóan 4, 2, 900, a *C* termék termelésre vonatkozóan 4, 6 és 1000, illetve a *D* termék termelésre 2, 10 és 1100. Az adatokat áttekinthető formában az 1. táblázat tartalmazza.

1. táblázat

Technológiai adatok

Megnevezés	<i>A</i>	<i>B</i>	<i>C</i>	<i>D</i>
	termékek technológiai és jövedelemadatai 1 ha-ra			
Területszükséglet, ha	1	1	1	1
Munkanapszükséglet az I. csúcsidőszakban	1	4	4	2
Munkanapszükséglet a II. csúcsidőszakban	4	2	6	10
Jövedelem, Ft	900	900	1000	1100

Most az a feladat, hogy készítsük el az adott mezőgazdasági vállalat termelési tervét.

Először oldjuk meg a feladatot pusztán *logikai kalkuláció* alapján. Ennek keretében mindenekelőtt el kell döntenünk, hogy melyik terméket, hány hektár területen kívánjuk termelni, azaz az 1000 ha területet elosztjuk a négyféle árunövény termelésére. Az elosztást azonban — mivel a jövedelem nagysága nem közömbös a vállalat szempontjából — úgy igyekszünk megoldani, hogy az 1000 ha területen minél nagyobb jövedelem elérése váljon lehetővé. Ezért természetesen az egységnyi területen nagyobb jövedelmet adó termék termelését előnyben részesítjük a kevesebb jövedelmet biztosító növényvel szemben.

A táblázatból kitűnik, hogy 1 ha-on legnagyobb jövedelmet a *D* termék termelése biztosít. Ezt tehát igyekszünk minél nagyobb területen mondjuk 400 ha-on termelni. Az 1 ha-on termelhető jövedelemtömeg szempontjából a második legjobb termék a *C* termék, termeljük ezt mondjuk 300 ha-on. Az *A* és *B* termék 1 ha-on termelve azonos tömegű jövedelem elérését teszi lehetővé, azonban az *A* termék termelése előnyösebbnek látszik, mert kevesebb munkaerő-ráfordítást igényel, ezért, mondjuk, az *A* terméket 200 ha-on, a *B* terméket pedig 100 ha-on termeljük. Ezzel

az 1000 ha területet a négy növény termelésére elosztottuk a következőképpen:

A termék 200 ha

B termék 100 ha

C termék 300 ha

D termék 400 ha

Összesen: 1000 ha

Ezzel a termelési szerkezettel

$$900 \cdot 200 + 900 \cdot 100 + 1000 \cdot 300 + 1100 \cdot 400 = 1\,010\,000 \text{ Ft}$$

jövedelem elérése látszik lehetségesnek.

Tegyük fel, hogy a jövedelemtömeg tekintetében a tervvel meg vagyunk elégedve, hiszen ténylegesen nagymértékben érvényesítettük a minél nagyobb jövedelem elérésére irányuló szándékunkat. A területmérlegünk is egyensúlyban van, hiszen a területfelhasználási tervünk pontosan egybeesik a rendelkezésre álló területtel. El kell azonban készíteni most a munkaerőmérleget.

A tervezett termelési szerkezet megvalósításához az I. csúcsidőszakban

$$1 \cdot 200 + 4 \cdot 100 + 4 \cdot 300 + 2 \cdot 400 = 2600 \text{ munkanap, a}$$

II. csúcsidőszakban

$$4 \cdot 200 + 2 \cdot 100 + 6 \cdot 300 + 10 \cdot 400 = 6800 \text{ munkanap}$$

szükséges

Ha az I. csúcsidőszakban 2600, a II. csúcsidőszakban 6800 munkanap áll a vállalat rendelkezésére, akkor a terv megvalósítható. Ha azonban ennyi munkanap nem áll rendelkezésre, hanem ennél kevesebb, akkor vagy a technológiát kell megváltoztatni, vagy a termelési szerkezetet, vagy mindkettőt, mindaddig, amíg a munkaerő-szükséglet meghaladja a rendelkezésre álló munkanapok mennyiségét.

Ez egyszerűsített példánkban viszonylag könnyű feladat volna, de képzeljük el egy vállalat komplex tervét, amikor nemcsak négy árunövényt

kell figyelembe venni, hanem az összes, az adott vállalat körülményei között termelhető árunövényt, a zöldség-, a szőlő- és a gyümölcstermelést, a rét- és a legelőgazdálkodást, az állattenyésztést, a takarmánytermelést és vásárlást stb. Sőt, egy-egy termék termelése többféle technológiai változat szerint is lehetséges. De a munkaerőt sem két időszakban, hanem legalább 12 időszakban (havonként) vesszük figyelembe. A traktormunkamérleget traktor-kategóriánként vagy típusonként szintén 12—12 időszakban kell vizsgálni. Hasonlóképpen tekintetbe kell venni más gépi munka mérlegét is (pl. kombájn, öntözőgép stb.), anyagmérlegeket is, takarmánymérlegeket is stb.

Ha összeállítottuk ezeket a mérlegeket, kiderül, hogy egyik-másik nincs egyensúlyban. Most változtatjuk a termelési szerkezetet vagy a technológiákat, vagy mindkettőt, ismét összeállítjuk a mérlegeket, s újra nincs minden mérleg egyensúlyban, sőt lehetséges, hogy azáltal, hogy valamely mérleget egyensúlyba hoztunk, egy másik mérleg egyensúlyát felborítottuk. Nagyon sokszor kellene a tervet átdolgozni, amíg valamennyi mérleg egyensúlyát megteremtjük. Erre a mezőgazdasági vállalatok vezetőinek aligha van lehetőségük, ezért sok esetben némi javítgatással csak a mérlegek látszólagos összhangját teremtik meg.

A lineáris programozás egyik legfontosabb előnye éppen az, hogy a modellben figyelembe vett összes mérlegek egyensúlyát biztosítja.

A mérlegösszefüggések problémáját más oldalról közelítjük meg, ha a tervet csupán logikai úton állítjuk össze, és más oldalról ha a matematikai tervezés módszerét alkalmazzuk. Ha csupán logikai kalkulációval tervezünk, akkor először általában meghatározzuk a termelési szerkezetet, kiszámítjuk a mérlegek szükségleti oldalát, majd azt egybevetjük a forrás oldallal. A valóságban azonban a mérlegek forrás oldala a „meghatározott”, s olyan termelési szerkezetet kell kialakítani, amelyben a szükségleti oldal a rendelkezésre álló mennyiségnek megfelel. A matematikai tervezés logikája ez utóbbit biztosítja, vagyis a probléma valóságban történő felvetődésében uralkodó logikával egybeesik. Később látni fogjuk, hogy valójában az erőforrások mennyisége sem meghatározott. A lineáris programozás ekkor is hatékonyan alkalmazható az erőforrás szükségletnek a termelési szerkezettel összehangolt meghatározására.

Térjünk azonban vissza egyszerű példánkhoz. Adjuk meg most az előbbi logikai kalkulációnak azt az előnyt — bár gyakorlatilag ez így soha

nem sikerül —, hogy feltételezzük, olyan tervet sikerült első lépésben készítenünk, ahol a mérlegek egyensúlyban vannak, tehát az első csúcsidőszakban pontosan 2600 munkanap, a második csúcsidőszakban pedig pontosan 6800 munkanap áll a vállalat rendelkezésére,

Kíséreljük meg azonban a tervezést a *lineáris programozás* alkalmazásával is. A feladat az, hogy adva van egy mezőgazdasági vállalat, amely négyféle termék termelését tervezheti. A termékek technológiai és jövedelemadatai az 1. táblázatban foglaltak. Rendelkezésre áll 1000 ha terület és az I. csúcsidőszakban pontosan 2600 munkanap, a II. csúcsidőszakban pedig 6800 munkanap. Egy olyan tervet kell összeállítani, amely pontosan 1000 ha területet és az I. csúcsidőszakban 2600, a II. csúcsidőszakban 6800 munkanap felhasználását igényli, s a lehető legnagyobb jövedelem elérését teszi lehetővé. (A modell megfogalmazása és megoldása során azt tartjuk szem előtt, hogy a mezőgazdasági szakember számára könnyen követhetően és érthetően mutassuk meg a lineáris programozás lényegét, és nem ragaszkodunk a matematikai szabadsághoz.¹⁴)

A rendelkezésre álló adatokat táblázatba foglaljuk, ahol a bal oldali oszlopban feltüntetjük a sorok megnevezését, majd a további oszlopok az egyes termékek egységni mennyiségére (1 ha-on történő termelésére) vonatkozó értékeket (technológiai vagy technikai koefficienseket), illetve az utolsó oszlop a vállalat¹⁵ egészére vonatkozó kapacitáskorlátokat tartalmazza. Ezzel a feladat matematikai modelljét reprezentáltuk.

A 2. táblázatból kitűnik, hogy hektáronként a *D* termék ad legtöbb jövedelmet, tehát természetesen, hogy most is ennek minél nagyobb területen való termelésére törekszünk. Most már az a kérdés, hogy az erőforrásokból rendelkezésre álló mennyiségek (terület, munkaerő) a *D* termék termelését hány hektáron teszik lehetővé. Ezt megkapjuk, ha a jobb oldali oszlop adatait (a rendelkezésre álló mennyiségeket) elosztjuk a *D* termék

¹⁴ A számítástechnika részletes ismertetését megtaláljuk *Krekó B.*: Lineáris programozás. Közgazdasági és Jogi Könyvkiadó, Budapest, 1966.

¹⁵ Az utolsó oszlopban egyszerűen csak *vállalat* megnevezést alkalmazunk, mert az adatok az egész vállalatra vonatkoznak, itt még csak a rendelkezésre álló erőforrásokat, a későbbiekben adott termék vagy termékek termelésének területét, s a vállalat várható jövedelmét is rögzítve.

Matematikai modell

Megnevezés	A	B	C	D	Vállalat
	termék				
Terület, ha	1	1	1	1	1000
Munkanap az I. csúcsidőszakban	1	4	4	2	2600
Munkanap a II. csúcsidőszakban	4	2	6	10	6800
Jövedelem, Ft	900	900	1000	1100	0

oszlopához tartozó adatokkal (a *D* termék technológiai együtthatóival), azaz

$$1000: 1 = 1000$$

$$2600: 2 = 1300$$

$$6800: 10 = 680$$

Mivel egyik erőforrásból sem használtunk fel többet, mint amennyi rendelkezésünkre áll, nyilvánvalóan a szűk keresztmetszethez kell igazodnunk, tehát a *D* terméket legfeljebb 680 ha-on termelhetjük.

A *D* termék adatait 680-nal szorozva megkapjuk a *D* terméknek 680 ha-on történő termeléséhez szükséges területet és munkanap mennyiségeket. Ha ezeket levonjuk a rendelkezésre álló adatokból, megkapjuk azt a területet, illetve munkanap-mennyiségeket, amelyeket nem használunk fel a *D* termék 680 ha-on történő termelése során. Eszerint a nem foglalt kapacitás így alakul:

$$1000 - 1 \cdot 680 = 1000 - 680 = 320 \text{ ha,}$$

$$2600 - 2 \cdot 680 = 2600 - 1360 = 1240$$

munkanap az I. csúcsidőszakban,

$$6800 - 10 \cdot 680 = 6800 - 6800 = 0$$

munkanap a II. csúcsidőszakban.

A megfelelő jövedelem¹⁶

$$1100 \cdot 680 \text{ Ft} = 748\,000 \text{ Ft.}$$

A *D* terméket 680 ha-on termelve, a II. csúcsidőszakban rendelkezésre álló munkanapot teljesen felhasználjuk, de a területet és az I. csúcsidőszakban rendelkezésre álló munkanapok mennyiségét nem használjuk ki teljesen. A megtermelhető jövedelem ez esetben 748 000 Ft.

Most az a kérdés, tudjuk-e hasznosítani a még fel nem használt 320 ha területet, és az I. csúcsidőszakban még rendelkezésre álló 1240 munkanapot. Kísérjük meg annak hasznosítását a *C* termékkel. A *C* termék azonban a II. csúcsidőszakban is igényel munkanapot, így termelése csak akkor válik lehetővé, ha egyidejűleg csökkentjük a *D* termék termelését, s ezáltal a II. csúcsidőszakban munkanapot szabadítunk fel.

A *C* termék 1 ha-on történő termelése a II. csúcsidőszakban 6 munkanapot igényel, a *D* termék pedig 10 munkanapot. Ahhoz, hogy a *C* terméket 1 ha-on termelni tudjuk, a *D* termék területét $6:10 = 0,6$ ha-ral csökkenteni kell. Miközben azonban a *D* termék termelését 0,6 ha-ral csökkentjük, nemcsak a II. csúcsidőszakban szabadítunk fel a termelésből 6 munkanapot, hanem az I. csúcsidőszakban is $2 \cdot 0,6 = 1,2$ munkanapot, s egyidejűleg $1 \cdot 0,6 = 0,6$ ha területet is, s ezzel egyidőben elveszítünk $1100 \cdot 0,6 = 660$ Ft jövedelmet.

Ha mármost a *C* termék 1 ha-on való termesztése igényel 1 ha területet, de ugyanakkor a *D* termék termelésének csökkentése révén 0,6 ha-t a termelésből felszabadít, a valóságos igény a területtel szemben csak a kettő különbsége, azaz $1 - 0,6 = 0,4$ ha.

Hasonlóképpen a *C* termék az I. csúcsidőszakban 4 munkanapot igényel, de a *D* termék termelésének csökkentése révén $2 \cdot 0,6 = 1,2$ munkanapot felszabadít, azaz a valóságban $4 - 1,2 = 2,8$ munkanapigénnyel lép fel. A II. csúcsidőszakban a *C* termék igénye 6 munkanap, de egyúttal $0,6 \cdot 10 = 6$ munkanap felszabadítását is biztosítjuk, azaz csak $6 - 6 = 0$ munkanapigény merül fel.

¹⁶ Azaz a célfüggvény megfelelő értéke.

Végül a *C* termék 1 ha-on 1000 Ft jövedelmet ad, de ugyanakkor $1100 \cdot 0,6 = 660$ Ft jövedelem elvesztését idézi elő, azaz a valóságban csak $1000 - 660 = 340$ Ft jövedelmet biztosít.

Hasonlóképpen alakítjuk át minden termék adatait, s azokat táblázatba foglaljuk (3. táblázat).

3. táblázat

Első tervvariáns

Megnevezés	<i>A</i>	<i>B</i>	<i>C</i>	<i>D</i>	Vállalat
	termék				
Terület, ha	0,6	0,8	0,4		320
Munkanap az					
I. csúcsidőszakban	0,2	3,6	2,8		1240
<i>D</i> termék termelése, ha	0,4	0,2	0,6		680
Jövedelem, Ft	460	680	340		– 748 000

A 3. táblázat az első lépésben javasolt tervváltozatot mutatja. A „Megnevezés” oszlopban a II. csúcsidőszaki munkanap már nem található, mivel a II. csúcsidőszakban a rendelkezésre álló munkanapot felhasználtuk. Helyette beírtuk a *D* termék termelését. E tervváltozat azt mutatja, amennyiben a *D* terméket 680 ha-on termeljük, a II. csúcsidőszakban rendelkezésre álló munkanapot teljes mértékben felhasználjuk a termelésre, de 320 ha terület és az I. csúcsidőszakban 1240 munkanap még kihasználatlan. Ez a termelési terv 748 000 Ft jövedelem elérését teszi lehetővé. Az *A*, *B*, *C* oszlopokhoz tartozó adatok azt is mutatják, hogy az *A* termék 1 ha-on való termelése 0,4, a *B* terméké 0,2, a *C* terméké 0,6 ha-ral teszi szükségessé a *D* termék termelésének csökkentését, így a valóságban az *A* termék csak 0,6 a *B* termék 0,8, a *C* termék pedig 0,4 ha területet igényel a 320 ha-ból ahhoz, hogy 1 ha-on termelhessük. Hasonlóképpen a *D* termék termelésének csökkentéséből adódóan módosul az I. csúcsidőszakban is a munkanapigény és az elérhető jövedelem is.

A 3. táblázat utolsó sorából kitűnik, hogy az új helyzetben a *B* termék ad egységnyi területen a legnagyobb jövedelmet. Újra megkeressük a szűk keresztmetszetet, s az egész táblázatot az előbbi módon átszámítva, új táblázathoz jutunk (a számítások bemutatásától eltekintünk). Ez a

Második tervváriáns

Megnevezés	A	B	C	D	Vállalat
	termék				
Terület, ha	0,55		−0,22		44,45
B termék termelése, ha	0,06		0,78		344,44
D termék termelése, ha	0,39		0,44		611,11
Jövedelem, Ft	412,2		−190,4		−982 219,20

második lépésben nyert tervváriánst, s az ezzel kapcsolatos helyzetet tünteti fel.

A 4. táblázatban foglalt tervváltozat szerint a D termék termelése 611, 11 ha, a B terméké pedig 344,44 ha volna. E termelési szerkezet lehetővé teszi 982 219, 20 Ft jövedelem elérését, s a munkaerőnek mindkét csúcsidőszakban történő teljes foglalkoztatását, de a területet nem használja fel teljesen; 44,45 ha kihasználatlanul marad. A táblázatból azonban kitűnik, hogy az A termék termelése jövedelmező volna, hiszen az új helyzetben hektáronként 412,2 Ft jövedelemmel kecsegtet. A C termék termelése veszteséges volna az adott helyzetben, amit a célfüggvény-koefficiens negatív előjele mutat.

Megkeressük tehát az A termékre a szűk keresztmetszetet (ez pontosan a terület lesz), s az első lépésben lefolytatott számításokat megismételve, a harmadik tervváriánshoz jutunk.

Az 5. táblázat olyan termelési szerkezetet mutat, amelyben az A terméket 80,82 ha-on a B terméket 339,59 ha-on a D terméket 579,59 ha-on¹⁷ termeljük, az elérhető jövedelem pedig 1 015 918 Ft. Ezzel az optimális megoldáshoz jutottunk, hiszen a C termék termelése nem lenne jövedelmező (negatív előjel). Könnyen ellenőrizhető, hogy ez a termelési szerkezet is pontosan 2600, illetve 6800 munkanapot igényel.

Figyelemre méltó, hogy — bár a feladat igen egyszerű, és a logikai kalkulációval összeállított vetésszerkezet tervezése során is nagy súlyt he-

¹⁷ Gyakorlatilag a tizedes számokat egész számra kerekítjük. Itt azonban célszerűnek láttam két tizedes értéket feltüntetni a pontosabb ellenőrizhetőség érdekében.

Harmadik tervvariáns

Megnevezés	A	B	C	D	Vállalat
	termék				
A termék termelése, ha			-0,4		80,82
B termék termelése, ha			0,8		339,59
D termék termelése, ha			0,6		579,59
Jövedelem, Ft			-22,32		-1 015 918,00

lyeztünk a minél magasabb jövedelem elérésére, a logikai kalkulációval összeállított tervben elérhető 1 010 000 Ft jövedelemmel szemben, a matematikai programozással előállított termelési szerkezet 1 015 918 Ft jövedelem, azaz 5918 Ft jövedelemtöbblet elérését teszi lehetővé. (Látni fogjuk, hogy a gyakorlati tervezés során több millió Ft jövedelemtöbbletet kapunk.)

Érdekes megfigyelni, hogy a C termék — bár önmagában vizsgálva a második legjövedelmezőbb termék — nem szerepel a matematikai programozással összeállított termelési tervben. A gyakorlatban is az a helyzet, hogy gyakran egy termék, amely önmagában (ágazati szinten) vizsgálva jövedelmezőbbnek mutatkozik, egyáltalán nem biztos, hogy az egész vállalati komplexumban is jövedelmezőbb, sőt esetleg veszteséges is lehet. (A C termék termelése ugyanis hektáronként 22,32 Ft-tal csökkentené az elérhető jövedelmet.) A lineáris programozás alkalmazásának nagy előnye, hogy az egyes ágazatokat nemcsak önmagukban, a vállalat komplexumából kiragadva tudjuk vizsgálni, hanem a vállalatot teljes komplexumában át tudjuk tekinteni. A lineáris programozási modell megoldásának nyomon követése mutatja, hogy az optimális tervváltozatot több lépésben állítjuk elő, de minden lépésben a modellben levő összes adatot átszámítjuk egymással kapcsolatba, összefüggésbe hozzuk s a vállalatot teljes komplexumában vizsgáljuk.

Egyszerű példánkban könnyen megtaláljuk annak az okát is, hogy a C termék, amely önmagában vizsgálva a második az 1 ha-on elérhető jövedelem nagyságot illetően, miért veszteséges az egész vállalati komplexumot tekintve, illetve a B termék, amely önmagában vizsgálva 1 ha-on a

legkevesebb jövedelmet adja, a vállalat teljes komplexumát tekintve, a második helyet foglalja el.

Tekintsük még egyszer az *I. táblázatot*. A legjövedelmezőbb a *D* termék. Munkacsúcsa a II. csúcsidőszakban van. Ugyancsak itt találjuk a munkacsúcsot a *C* termék esetében is. A II. csúcsidőszakban rendelkezésre álló munkanapokért folyó versenyből természetesen a *D* termék kerül ki győztesen, mert magasabb jövedelmet biztosít. A *C* termék termelése csak a *D* termék termelésének nagyarányú csökkentése útján lenne lehetséges. Ugyanakkor a *B* termék munkacsúcsa éppen az I. csúcsidőszakban van, azaz a *D* termékkel jól kiegészítik egymást. Ugyancsak a II. csúcsidőszakban találjuk az *A* termék munkacsúcsát is.

Az ilyen egyszerű feladatoknál könnyű áttekinteni az adatok kapcsolatát, rámutatva arra, hogy az egyes termékek között hol van összhang vagy ellentmondás. Egy mezőgazdasági vállalat gyakorlati tervezése során viszont több mint száz sorból és oszlopból álló modellhez is eljuthatunk. Márpedig kb. tízezer adat kapcsolatát és összefüggését aligha vagyunk képesek pusztán logikai úton áttekinteni.

2.4. A dualitásról

A részletesebb kifejtés igénye nélkül röviden meg kell említenünk a lineáris programozás egy fontos tulajdonságát: a dualitást. Bármely lineáris programozási maximumfeladathoz hozzárendelhető egy duális minimumfeladat. Így például a

$$\begin{aligned} & \mathbf{x} \geq \mathbf{0} \\ (2.17.) \quad & \mathbf{A} \mathbf{x} \leq \mathbf{b} \\ & \mathbf{c}^* \mathbf{x} \rightarrow \max. \end{aligned}$$

feladat duális a

$$\begin{aligned} & \mathbf{u}^* \geq \mathbf{0} \\ (2.18.) \quad & \mathbf{u}^* \mathbf{A} \leq \mathbf{c}^* \\ & \mathbf{u}^* \mathbf{b} \rightarrow \min. \end{aligned}$$

és

$$(2.19.) \quad \mathbf{c}^* \mathbf{x} = \mathbf{u}^* \mathbf{b}$$

vagyis a két feladat egyenértékű.

A dualitás — mint említettük — a lineáris programozásnak fontos tulajdonsága. Részletesebb vizsgálata messze vezetne bennünket, ezért arra e helyütt nem vállalkozhatunk. Csupán egy leegyszerűsített számszerű példa alapján kívánunk rávilágítani a duális változók gazdasági értelmére.

Tegyük fel, hogy egy vállalat háromféle anyag felhasználásával, háromféle terméket állít elő. Az első anyagból 70, a másodikból 55, a harmadikból 60 egység áll rendelkezésére. A fajlagos anyagszükséglet és a fajlagos jövedelem ismeretében a (2.17.) alapján, a vállalati jövedelem maximalizálását célul tűzve ki, a következő lineáris programozási feladatot fogalmazzuk meg:

$$\begin{aligned} x_1, \quad x_2, \quad x_3 &\geq 0 \\ x_1 + 2x_2 + 2x_3 &\leq 70 \\ 3x_1 + x_2 + x_3 &\leq 55 \\ x_1 + 2x_3 + x_3 &\leq 60 \\ 70x_1 + 80x_2 + 50x_3 &\rightarrow \max. \end{aligned}$$

Ennek duálisa a (2.18.) alapján

$$\begin{aligned} u_1, \quad u_2, \quad u_3 &\geq 0 \\ u_1 + 3u_2 + u_3 &\leq 70 \\ 2u_1 + u_2 + 2u_3 &\leq 80 \\ 2u_1 + u_2 + u_3 &\leq 50 \\ 70u_1 + 55u_2 + 60u_3 &\rightarrow \min. \end{aligned}$$

Az első (primál) feladat megoldásaként kapjuk, hogy

$$\begin{aligned} x_1 &= 8 \\ x_2 &= 21 \\ x_3 &= 10 \end{aligned}$$

és a célfüggvény értéke 2740.

A duális feladat megoldása a következő

$$u_1 = 4$$

$$u_2 = 12$$

$$u^3 = 30$$

és a célfüggvény értéke most is 2740.

A duális változók azt fejezik ki, hogy a termelés során felhasznált anyagokat egységnivel növelve vagy csökkentve a célfüggvény értéke, azaz a jelen esetben a vállalati jövedelem 4, 12, illetve 30 egységnivel emelkedne, illetve csökkenne. A duális változók lényegében tehát azt fejezik ki, hogy az adott modell feltételei között a termelés során felhasználásra kerülő anyagok „mennyit érnek” a vállalat számára. Ha ugyanis az első anyag egységnyi felhasználása 4 Ft-tal emeli a vállalati jövedelmet, akkor az a vállalat számára — az adott feltételek között — legfeljebb 4 Ft-ot ér, azt a vállalat, ha a veszteséget el akarja kerülni, legfeljebb 4 Ft-ért vásárolhatja meg. A modellben tehát az erőforrások (és a termelési korlátok) mintegy felértékelődnek, a modell megoldása során „kialakul valamilyen értékelési ár” a különböző termelési korlátokra. A duális változókat *árnyékaraknak* nevezzük. A duális változók, azaz az árnyékarak elemzése mindig célszerű, és fontos információkhoz vezet. Elsősorban — ha az lehetséges — azokat a termelési forrásokat célszerű bővíteni, amelyek árnyékára a piaci árhoz viszonyítva a legkedvezőbb. (A dualitásról részletesebb ismereteket nyerhetünk *Krekó B.* „Lineáris programozás” és „Optimumszámítás” c. könyveiből. Utóbbi foglalkozik a dualitással nem-lineáris feltételek között is.)

2.5. A matematikai programozás alkalmazásának területei és lehetőségei a mezőgazdaságban

Miután egyszerű példán keresztül megvizsgáltuk a lineáris programozás lényegét — annak ellenére, hogy a jelen könyv célja a komplex tervezés és komplex vizsgálat —, célszerű általánosságban — ha csak címszavakban is — áttekinteni a matematikai programozás, elsősorban a lineáris programozás mezőgazdasági alkalmazásának területeit és lehetőségeit. Az alkalmazás szintjét tekintve mindenekelőtt megkülönböztetjük a népgazdasági, a területi, a szektor és a vállalati szintű alkalmazásokat. E csoportosítás mind közgazdaságilag, mind a lineáris programozást tekintve célszerű, mert egyrészt mások a problémák az egyes szinteken, másrészt ugyanaz a probléma is másként vetődik fel, vagy más szempontból vizsgálándó.

1. Vállalati szintű alkalmazások:

1. Közép- vagy hosszú távú tervek készítése

- a) az erőforrások meghatározott mennyiségét feltételezve;
- b) a termelési szerkezet és a termelési források együttes, összefüggő optimalizálásával.

2. Éves termelési tervek készítése

3. Résztervek készítése

Utóbbi esetben feltételezzük, hogy a matematikai tervezés, vagy a tervezés általában, csak a vállalat egy részterületére korlátozódik, mert más része nem változtatható, vagy már azt megterveztük. E résztervek a következő területeken merülhetnek fel:

- a) Az árunövénytermelés tervezése,
- b) Az állattenyésztés tervezése,
- c) A takarmánytermelés tervezése,
- d) Az állattenyésztés és takarmánytermelés egyidejű tervezése,
- e) A takarmányfelhasználás tervezése,
- f) A takarmányadagok tervezése,

g) A vetésváltás és a növények területi elhelyezésének tervezése,

h) A géppark optimalizálása,

i) Szállítási feladatok megtervezése.

4. Gazdasági elemzések.

II. Népgazdasági, területi és szektor szinten történő alkalmazások:

1. A termelés területi elhelyezésének és szakosításának tervezése.

2. A termelési források optimális elosztásának tervezése.

3. Optimális szállítási tervek készítése.

4. Beruházások megalapozása.

5. A népgazdasági szabályozó eszközök hatásának vizsgálata.

6. Gazdasági elemzések.

Csak a legfontosabb területek felsorolása is mutatja, hogy a matematikai programozás, s így a lineáris programozás alkalmazásának tág tere van mind a vállalat szintjén, mind a nagyobb területi egységek és a népgazdaság szintjén.

Nincs lehetőségünk valamennyi alkalmazási terület vizsgálatára, hanem *figyelmünket a továbbiakban főként a vállalati szintre, s ezen belül is főként a távlati tervezésre összpontosítjuk.*¹⁸

Igen sokszor esik szó arról manapság, hogy milyen lehetőségek vannak a lineáris programozás gyakorlati alkalmazására a mezőgazdaságban. Minden új eljárásnak és módszernek — még a legjobbnak is — vannak ellenzői, illetve — még a legrosszabbnak is — szószólói.

Szó sincs arról, hogy a lineáris programozás mindent megoldó csodaszer, de még arról sem, hogy megkönnyíti a tervezést vagy a döntést. Kizárólag arról van szó, hogy *a tervezést magasabb szintre emeli, s a döntést megalapozottabbá teszi.*

Mivel a lineáris programozás lényegében „laboratóriumi” vizsgálatot jelent, eredménye elfogadható vagy elvethető, s önmagában e vizsgálat lehetősége is hatékony tervezési eszközök körébe emeli a lineáris programozást.

Sokszor vetődik fel, hogy a matematikai programozásnak, különö-

¹⁸ Néhány alkalmazási területről lásd a 7, 8, 18, 35, 45, 46, 47, 50, 51, 52, 55. sorszám alatt feltüntetett irodalmat.

sen a lineáris programozásnak, vannak gyenge pontjai. A gazdasági életben a linearitást tételezi fel, pedig ott nemlineáris törvényszerűségek uralkodnak. Nem tud minden részletkérdést — különösen a szubjektív tényezőkkel kapcsolatos egyes problémákat — átfogni stb. Valóban igaz, hogy a lineáris programozás nem mindenben tökéletes módszer, de — természetesen, ha ezt megfelelő szakértelemmel végezzük — *a jelenlegi állapotában is egyik leghatékonyabb tervezési módszernek mondható.*

Sokszor vetik fel a jelenlegi számvitel hiányosságait mint gátló tényezőt. Egyrészt azonban a tervezés során a számviteli adatok csak tájékoztatásul szolgálnak — a modellbe normatívákra alapuló tervezett adatok kerülnek (persze lehet, hogy ezek sem tökéletesek, de a hagyományos tervezés is ezekkel dolgozik) — másrészt, ha a számvitel nem megfelelő, és gátolja egy korszerűbb módszer elterjedését, nem azon kellene-e gondolkodni, hogy a számvitelt javítsuk meg, nem pedig a matematikai programozást vesszük el?

Az elektronikus számológépek kapacitásának elégtelensége jelenleg ténylegesen fennáll, de a meglévő kapacitást nem használjuk ki megfelelően és célszerűen. Kevés a szakember is, de a meglévőket sem használjuk fel megfelelően.

Sorolhatnánk még a problémákat és részletkérdéseket. Véleményem szerint a lineáris programozás módszerét — gyakorlati felhasználhatóságát illetően — a megillető helyére kell tenni. Ez azt jelenti, hogy elismerjük a módszer gyakorlati alkalmazhatóságát, számolva bizonyos fogyatékoságaival. Ebből kifolyólag nem szabad a lineáris programozást csodaszernek tekinteni, s eredményét feltétlenül elfogadni, mert ez esetleg az alapadatok vagy a modellszerkesztés hibájából, illetve a módszer korlátaiból adódóan alkalmatlan lehet a gyakorlati megvalósításra, vagy csak bizonyos módosítással valósítható meg. *Minden esetben alapos közgazdasági elemzésnek kell a programozás eredményeit alávetni, ami annál is könnyebb és részletesebb lehet, mivel a modellt megoldó elektronikus számológéppel az elemzéshez szükséges számítások elvégezhetők.* Minden esetben célszerű több tervvázlatot előállítani, s a döntést azok összehasonlító vizsgálata alapján meghozni.

A lineáris programozás alkalmazásának szélesebb körű elterjesztéséhez természetesen több számológépre és szakemberre van szükség.



3. A klasszikus lineáris programozási modell alkalmazása a mezőgazdasági vállalatok tervezésében

Adva van a lineáris programozás módszere. Ennek a gyakorlati tervezésében való alkalmazása során a konkrét modell többféleképpen állítható össze. Különbözhet a modell a programozás által felölelt kérdések köre (programozási szféra), a változók aggregálásának foka, a feltételrendszer és más vonatkozásokban is, valamint a gazdasági szemléletmódban. Ez utóbbit illetően kétféle eljárást fogunk a továbbiakban megkülönböztetni. Az egyik eljárás során feltételezzük, hogy a vállalati erőforrások meghatározott mennyiségben állnak rendelkezésre, s azok változtatása nem áll módunkban. Célunk csupán a termelési szerkezet optimalizálása adott vállalati erőforrások mellett. A mezőgazdaságban eddig a modellek ilyen felépítése volt leginkább elterjedt. Az ilyen gazdasági szemléletmódon alapuló modellt *klasszikus lineáris programozási modellnek* fogjuk a továbbiakban nevezni. Az elnevezés jogosultsága természetesen vitatható. A klasszikus lineáris programozási modell elnevezéssel kizárólag arra kívánok utalni, hogy ide azokat a modelleket sorolom, amelyeket a mezőgazdaságban ez ideig leginkább alkalmaztak, vagyis amikor

a termelési forrásokat adottnak tételezzük fel, s célunk a termelési szerkezet optimalizálása.¹⁹

A másik eljárást, amelyet ismertetni fogunk, s amelyet a Debreceni Agrártudományi Egyetemen dolgoztunk ki, az jellemzi, hogy nem tételezi fel az erőforrások meghatározottságát, hanem célul tűzi ki, hogy a termelési szerkezetet és a termelési forrásokat egyidejűleg, egymással összefüggésben optimalizálja. Később az is kitűnik, hogy ennél az eljárásnál realisabb lesz a célfüggvény is. Erre utalunk, amikor ezt az eljárást *célrealisztikus modellnek* nevezzük.

Matematikailag a klasszikus és a célrealisztikus lineáris programozási modell között *nincs elvi különbség*, gazdasági szemléletmódjukban azonban jelentős eltérés van.

E fejezetben a klasszikus lineáris programozási modellel foglalkozunk.

A mezőgazdasági vállalatokat általában jellemzi, hogy sokféle tevékenységet folytatnak, s e tevékenységek egymással többoldalú kapcsolatban vannak, egyes tevékenységek másokat feltételeznek vagy kiegészítenek, s közöttük sok esetben megfelelő arányokat kell biztosítani. Továbbá a mezőgazdasági vállalatokra jellemző, hogy lineáris programozásuk során a modellbe nagyszámú mérlegfeltételt kell beépíteni, amelyek egyrészt a termelési források felhasználására vonatkoznak, másrészt a termelés belső arányainak és szükségszerű összefüggéseinek biztosítására.

Már a tervezés kezdeti szakaszán — a koncepciók kialakítása során — leírjuk a matematikai modell változóit, a mérlegfeltételeket és a célfüggvény (vagy célfüggvények) közgazdasági tartalmát.

3.1 A matematikai modell változói

A vállalat különböző növényeket termelhet, különböző állati termékeket állíthat elő, különböző szolgáltatásokat teljesíthet, adásvételi és hitelműveleti, valamint beruházási tevékenységeket stb. folytathat. Mind-

¹⁹ A klasszikus lineáris programozási modell kifejezést tehát csak *munkahipotézisként* alkalmazom.

ezeket összefoglalóan *tevékenységeknek* nevezzük. Valamennyi tevékenység többféle módon bonyolítható le, s a lebonyolítás módjától függően más-más lesz az adott tevékenység munka- és eszközigénye, hozama stb.

Valamely tevékenység adott módon történő lefolytatása a matematikai modell változóját képezi. A modell egy-egy változója azonban jelenthet egészen egyszerű tevékenységet is, pl. műtrágya adott módon történő kiszórása, vagy valamely munkaművelet, illetve munkafolyamat adott módon történő elvégzése, vagy jelenthet egy komplexebb tevékenységet, mint pl. a búza vagy valamely más növény termelését valamilyen technológiai rendszerben, vagy pl. a téhéntartást valamely adott technológiai rendszerben stb. Még komplexebb tevékenységről is lehet szó, pl. a szarvasmarhatartás adott technológiai rendszerben. Ennek alapján *megkülönböztethetünk egyszerű tevékenységeket, s ennek megfelelően egyszerű változókat* (egy munkafolyamat vagy esetleg munkaművelet adott módon történő elvégzése), és *aggregált tevékenységeket vagy aggregált változókat* (valamely növény termelése, vagy állat, illetve állatfaj tartása adott technológiai rendszerben).

A matematikai modellnek egyszerűbb tevékenységi szintre, illetve egyszerű változókra való lebontása igen nagy modellhez vezet, ezért a gyakorlatban inkább aggregált változókkal kisebb modellek összeállítására törekednek. Az aggregálás szintje, illetve célszerűsége mindig az adott feltételektől függ, s erről annyit lehet általánosságban mondani, hogy *a modell terjedelmének csökkentése érdekében célszerű minden olyan aggregálás, ami a modell megoldásának eredményét nem befolyásolja* — vagy jelentős mértékben nem befolyásolja. Nem szabad azonban aggregálni, ha az a megoldás szempontjából olyan eredményhez vezethet, amely félrevezető vagy gyakorlatilag hibás, elfogadhatatlan eredményt ad, illetve az eredményt nagymértékben befolyásolja. Minél magasabb szintű aggregáláshoz folyamodunk általában, annál kevesebb információt nyerünk a modell megoldása során. Ha az aggregálás olyan értékes információk elvesztésével járhat, amelyek előreláthatólag többet érnek számunkra, mint a kevésbé aggregált modell alkalmazásából adódó munka- és költség-többlet, akkor az aggregálást nem szabad elvégezni. *Az aggregálás mértékének eldöntésénél is egy ésszerű optimumra kell tehát törekedni, figye-*

lembe véve a munka- és költségtöbbletet s a velük nyerhető információtöbbletet.

A jelenlegi gyakorlat általában azt az elvet követi, hogy a szántóföldi növénytermelésben (és hasonlóképpen a gyümölcs- és szőlőtermelésben, valamint a rét- és legelőgazdálkodásban) egy-egy változóval egy-egy növény adott technológiai rendszerben történő termelését képviselteti. Az egyes munkafolyamatok elvégzésében mutatkozó eltéréseket, a talajtípus hatását, az öntözéses vagy száraz termesztés közötti különbséget azáltal közelíti meg, hogy az adott termék termelésére többféle technológiai rendszert dolgoz ki, s ezek mindegyikét külön változóval reprezentálja. Az állattenyésztésben pedig jelenleg vagy egy állatesoportot (pl. tehén, borjúnevelés, hízómarha stb.) vagy egy állatfajt (meghatározott összetételben és termelési irányban) képviseltet egy-egy változóval, illetve eltérő technológiai rendszer vizsgálata esetén annyi változóval, ahányféle technológiai rendszert figyelembe kívánnak venni. Hasonló elvek szerint szokás eljárni a többi tevékenységnél is.

A legtöbbször azonban az ily módon felépített modell sem nélkülözi az egyszerű (elemi) tevékenységeket képviselő változókat. Például legtöbbször bekerülnek a modellbe olyan tevékenységek, illetve változók, mint valamilyen termék eladása vagy beszerzése (pl. takarmányvásárlás), vagy olyan tevékenység, mint a szerves trágyázás vagy a háztáji állatállomány számára takarmányjuttatás, esetleg kukoricaszár-szeccskázás a talajra, vagy a silózás stb. Ennek alapján azt mondhatjuk, hogy *általában minden matematikai modell egyes (egyszerű és aggregált) változókra épül fel*. Sok esetben olyan megoldást is alkalmazunk, amikor egy aggregált tevékenységet és egy egyszerű — más jellegű tevékenységet — (pl. termelői és piaci tevékenységet) aggregálunk. Például olyan árunövény termelését, amikor kizárólag árutermelésről van szó, célszerűtlen lenne az értékesítési tevékenységtől elszakítani, ezért az azt reprezentáló változó az adott termék termelését és értékesítését egyaránt magában foglalja.

A fenti elvek szerint felépített matematikai modell változóit többféle-képpen lehet rendszerezni. Mi a továbbiakban a következőkben ismertetett csoportosítást, illetve rendszerezést alkalmazzuk.

3.1.1. Szántóföldi növénytermelési és -értékesítési tevékenységek

Ide soroljuk mindazon szántóföldi növénytermelési tevékenységeket, amelyeket kizárólag vagy döntően árueelőállítás és értékesítés céljából folytatunk, s amelyek termékének legfeljebb csak kis részét vagy a melléktermékét használjuk fel más (pl. takarmányozási) célra. Ezek változói mind a termelési, mind az értékesítési tevékenységet (aggregáltan) képviselik, mégpedig annyi változóval, ahányféle technológiai rendszer szerint termelhető az adott termék.²⁰ Amennyiben azonban az értékesítés többféle helyen és módon lehetséges, s e tekintetben döntési szabadsággal rendelkezünk, és a döntést matematikai programozással kívánjuk megalapozni, akkor az értékesítési tevékenységet célszerű a termelési tevékenységtől elválasztva, külön változókkal reprezentálni, annyi változóval, ahányféle értékesítési lehetőségünk adódik.

Másképp, ha az adott termék egy részét takarmánnyként is hasznosíthatjuk, s az áruként és takarmánnyként történő felhasználás arányának eldöntését is matematikai programozással kívánjuk megalapozni — vagy esetleg egyiket vagy másikat határozottan előírjuk mennyiségileg — nem szükséges a termelést két olyan változóval reprezentálnunk, amelyek közül az egyik az árutermelést és értékesítést, a másik a takarmánytermelést és -felhasználást képviseli. Ha ugyan is azt tennénk, akkor valamennyi technológiai rendszer szerinti változatot két változóval kellene reprezentálni, vagyis a változók számát megdupláznánk. Elegendő, ha csupán a tervezett technológiai rendszerek szerinti árutermelési és értékesítési aggregált változókat, valamint még egy olyan változót építünk be a modellbe, amely a megtermelt termék egy részét árutermékből a takarmányozás céljára csoportosítja át. Ez esetben nem kell tekintettel lenni arra, hogy a számba vett terméket melyik technológiai rendszerrel termeltük meg — ha többféle technológiai rendszert alkalmazunk. Magán a termékén ugyanis — általában — nem vehető észre, hogy milyen technológiával állított

²⁰ A technológiai rendszerek eltérhetnek a talajtípus, az átlaghozam, s ennek megfelelően a műtrágya-felhasználás stb., a különböző munkák elvégzésének módja szerint, és annak alapján, hogy öntözéses vagy száraz termelésről van szó stb.

ták elő. (Ha mégis, akkor nem kerülhetjük el a modell változóinak bizonyos mérvű szaporítását.)

Ha az adott árunövény melléktermékét takarmányként hasznosíthatjuk, akkor célszerű egy változót a melléktermék takarmánykénti hasznosítására beépíteni. Amennyiben a melléktermék hasznosítása többféle módon is lehetséges, s ennek eldöntését is a matematikai modellre bizzuk (pl. többféleképpen feldolgozva állíthatjuk elő takarmányként, vagy takarmányozásra és eladásra is felhasználható, vagy takarmányként és trágyaként hasznosítható), akkor a melléktermék hasznosítását annyi változóval reprezentáljuk, ahányféleképpen az adott melléktermék felhasználható.

Előfordulhat az az eset, hogy ugyanazon a területen egy évben kétféle, egy korán és egy későn betakarítható árunövény termelése lehetséges. Ha a korán lekerülő árunövény után csak egyféle árunövény termelhető, és ragaszkodunk ahhoz, hogy a két árunövény területe azonos legyen, a kétféle tevékenység egy aggregált változóval képviseltethető. Ha azonban kizárólag az a kíváncsi, hogy a második árunövény területe nem lehet nagyobb, mint az első területe — de kisebb lehet —, két változóval kell dolgoznunk. Hasonló módon vetődik fel a probléma több korai vagy késői árunövény esetében, ha azok arányai nem egyértelműen meghatározottak.

3.1.2. Szántóföldi takarmánytermelési tevékenységek

Ebbe a csoportba soroljuk mindazokat a szántóföldi növénytermelési tevékenységeket, amelyek célja az adott vállalat saját állatállománya (termelőszövetkezetben a háztáji állomány takarmányszükségletének egy részét is figyelembe véve) számára takarmányt előállítani. E tevékenységeket technológiai rendszerként egy-egy változóval képviseltetjük.

Ha e takarmányok egy része értékesítésre kerülhet, akkor egy értékesítési változó beépítésével az átcsoportosítás megoldható. Ezzel kapcsolatban — más oldalról — ugyanazon elveket alkalmazzuk, mint amikor az árunövények termelésének egy részét takarmány céljára használhatjuk fel. Kettős termesztés esetén is az árunövény-termeléssel kapcsolatban elmondottak az irányadók. A kifejtettekhez e helyütt elegendő

annyit hozzáfűzni, hogy ilyen formán az áru- és takarmánytermelés is kombinálható (pl. korai árunövény után takarmány vagy korai takarmánynövény után árunövény termelhető).

Itt kell felvetni az élő növények kezelésének problémáját. Köztudott, hogy egyes — különösen takarmány — növények egyszeri telepítéssel több évig is termést adnak, s a termelés szinten tartása érdekében az új telepítésű és a régi telepítésű terület között megfelelő arányt kell biztosítani. Ha pl. a lucernát 4 éves korban törjük fel és „szinten” kívánjuk tartani, ez feltételezi, hogy a terület 25%-át minden évben feltörjük, és ugyanannyi területen mindig újra lucernát telepítünk. Az összes lucernaterület 25%-a lesz tehát mindig elsőéves, 25%-a másod-, 25%-a harmad- és 25%-a negyedéves lucerna. Ilyenkor nem feltétlenül szükséges külön változóval képviseltetni az első-, a másod-, a harmad- és a negyedéves lucernát — hacsak azt a technológiai megfontolások külön nem indokolják-, hanem célszerű őket egyetlen aggregált változóba összevonni.

Bonyolítja a helyzetet, ha lucernamag-termeléssel is foglalkozik a vállalat. Amennyiben a lucernamagfogas arányát egyértelműen meghatározzuk, akkor az aggregált változóba az is egyszerűen beépíthető. Ha azonban a magtermelés arányának eldöntéséhez a matematikai programozást kívánjuk igénybe venni, külön változóként kell e tevékenységet szerepeltetni, természetesen biztosítva az egész lucernatermő területtel való megfelelő arányát.

3.1.3. Zöldségtermelési és -értékesítési tevékenységek

Ebbe a csoportba azokat a zöldségtermelési tevékenységeket sorolhatjuk, amelyeket kifejezetten a kertészeti üzemág keretében folytatunk. Kezelésükkel kapcsolatban lényegében ugyanazokat lehet elmondani, amiket az árunövény-termeléssel kapcsolatban mondtunk. Itt azonban gyakrabban fordul elő, hogy ugyanazon területen egy évben két vagy több terméket állítunk elő. E termékek közötti kapcsolatokra természetesen tekintettel kell lennünk. Általában az árunövény-termeléssel kapcsolatban elmondottak a zöldségtermelésben bonyolultabb formában jelentkeznek. Másrészt a zöldségtermelési változók meghatározásakor figyelemmel kell

lenni a melegágy-szükségletre és az üvegházi, valamint a fólia alatti termelésre. A melegágyi termelést célszerű lenne az adott termék termelési változójával aggregáltan kezelni. Ez megoldható, ha a melegágynál csak egy adott termék palántáit neveljük. Sokszor azonban külön változó vagy változók modellbe építése szükséges, különösen, ha adott melegágyi területen többféle palántát nevelünk egymás után. Az üvegházi termelés, amennyiben az üvegházi termelés szerkezetét meghatározottnak tekintjük, egyetlen aggregált változót képezhet, ellenkező esetben termékenként (esetleg termékcsoportonként aggregált) külön változók modellbe építése válik szükségessé. Hasonló a helyzet a fólia alatti termelés tekintetében is.

3.1.4. Szőlő- és gyümölcstermelési tevékenységek

E csoportba olyan több éves kultúrák tartoznak, amelyek telepítése általában jelentős beruházást igényel. Jellemzőjük, hogy általában a telepítés után néhány év múlva fordulnak termőre, kezdetben viszonylag alacsonyabb, majd növekvő hozamokkal, s egy idő után hozamuk csökken. Termőterületük évenkénti nagymértékű változtatása általában nem célszerű.

A vállalatok a szőlő- és a gyümölcstermelés nagyságának és összetételének kialakítását általában nem bízák a matematikai programozásra (statikus modellben való kezelésük egyébként is elég problematikus), hanem az már vagy kialakult, s ebben az állapotban kívánják megtartani, vagy azon változtatni kívánnak, de erről a lineáris programozás nélkül döntenek. Ilyen esetben a szőlő- és gyümölcstermelést adottságként kell tekintenünk, és egy aggregált változóként vagy — fajonként, illetve fajtánként megbontva — több változóként építjük be a matematikai modellbe. A modell terjedelmének csökkentése érdekében célszerű az aggregált változó alkalmazása.

Ha mégis a lineáris programozást kívánjuk igénybe venni a szőlő- és gyümölcstermelés nagyságára és összetételére vonatkozó döntések megalkotásához, akkor aggregálás nélkül a gyümölcsfajokat, illetve esetleg fajtákat külön változóként kell tekintenünk. Problémát jelent azonban, hogy a szőlő- és gyümölcstermelés technológiáját milyen állapotra dolgozzuk ki. Ha ugyanis valamilyen gyümölcsöst csak ezután telepítünk, a terv

megvalósítása időszakában az esetleg még nem fog termőre fordulni, ezért valószínűleg a modell megoldása során kiderülne, hogy „telepítése nem célszerű”.

Statikus modellben az látszik helyesnek, ha a szőlő- és gyümölcsstermelésre egy átlagos termést figyelembe véve dolgozzuk ki a technológiát. Ez ugyan nem ad pontos eredményt, de elfogadhatót. Minden esetre a probléma megnyugtató megoldása csak dinamikus programozási modellben képzelhető el. E nehézségek is indokolhatják, hogy a vállalati tevékenységnek e részterületét adottságként (meglevő vagy hagyományos módon tervezett) fogjuk fel. A szőlő- és gyümölcsstermelés technológiájának tervezéséről és a matematikai modellben (aggregált változóként) való beépítéséről ez utóbbi esetben sem mondhatunk le, tekintve, hogy e tevékenységek munkaerő-, gép-stb. szükséglete más tevékenységek célszerű terjedelmére is kihat. Ez esetben is helyes azonban a technológiát termőre fordult gyümölcsösre, illetve szőlőre kidolgozni, átlagos termést véve alapul.

Természetesen a szőlő- és gyümölcsstermelés problémája a lineáris programozási modellben többféleképpen közelíthető meg. A fentiekben csupán egy egyszerűbb megközelítési mód felvázolására törekedtünk.

3.1.5. Rét- és legelőgazdálkodási tevékenységek

Ha e tevékenységek adottságként tekinthetők meghatározott technológiai rendszer szerinti összetételben, akkor egyetlen aggregált változó is képviselheti őket a matematikai modellben. Ha méretük és technológiai rendszer szerinti összetételük is döntés tárgya, akkor a technológiai változatok szerint egy-egy változót kell a modellbe beépíteni. E változók kezelése azonos a kizárólag takarmány céljából termelt szántóföldi növények kezelésével.

3.1.6. Állattenyésztési tevékenységek

E tevékenységekhez sorolom mind az állattenyésztési, mind az állattartási tevékenységeket. Amennyiben egy-egy állatfajon belül meghatározott összetételt írunk elő, célszerű egy-egy állatfajt egy aggregált válto-

zóval képviseltetni. Természetesen, ha az adott állatfaj tartása többféle technológiai rendszerben is elképzelhető, és a megvalósítandó technológiai rendszer fölötti döntést is a programozással kívánjuk megalapozni, minden technológiai rendszert külön változóval reprezentálunk. Ez esetben az adott állatfajt annyi változó képviseli, ahányféle technológiai rendszerben elképzelhető a tartása. Ha ezen állatfajra két- vagy többféle termelési irány is megvalósítható — amelyek természetesen a fajon belül más-más összetételt irnak elő —, akkor egy-egy termelési irányt egy-egy változóval reprezentálunk, illetve különböző technológiai rendszerek esetén annyi változóval, ahányféle technológiai rendszert a szóban forgó termelési irány esetén elképzelünk. Ez esetben is beépíthetünk a modellbe olyan változókat, amelyek vásárolt alapanyagra épülnek, s függetlenek az előbbi fajon belüli összetételtől (pl. vásárolt alapanyagból állathízlalás).

Részletesebb az eljárás, ha fajon belül állatcsoportokat képezünk, s azokat egy-egy változóval (illetve annyival, ahányféle technológiai rendszerben az adott állatcsoport tartható) reprezentáljuk. Ennek akkor van jelentősége, ha a fajon belüli összetétel nagyrészt tetszés szerint változtatható, s az állatok különböző korban eladhatók vagy vásárolhatók, különböző céllal nevelhetők vagy tarthatók. E részletesebb eljáráshoz folyamodunk akkor is, ha a takarmánytermelést és vásárlást részletesen kívánjuk megtervezni, esetleg egészen a takarmányadagokig.

Annak szükségessége, hogy ilyen részletes modellel dolgozzunk — különösen távlati tervezés során — ritkán merül fel, és célszerű azt elkerülni, mert nagymértékben megnöveli a matematikai modell méretét. Helyesebb ezért az aggregált változókat alkalmazni —, természetesen a technológiai rendszerek alapján szükséges változatokkal.

3.1.7. Segédüzemi tevékenységek

Ide soroljuk a szolgáltató üzemi tevékenységeket (traktorüzem, fogatüzem, esetleg „munkaerő-szolgáltató üzem”²¹, kombájnüzem és egyéb gépüzemek) és a javító üzemi tevékenységeket. A javító üzemeket

²¹ A „munkaerő-szolgáltató üzem” kifejezést képletesen használjuk, tulajdonképpen a vállalat munkaügyi tevékenységét értjük alatta.

általában (meglevő vagy tervezett szinten) adottságként kezeljük. Ez esetben ezeket a tevékenységeket egyetlen aggregált változóval is képviselhetjük (természetesen az egyes konkrét tevékenységek részletes kidolgozása után végezzük el az aggregálást,) vagy programozáson kívüli szférának tekintjük, s a matematikai modellben nem szerepeltetjük.

A különböző gépeket a klasszikus lineáris programozási modellben általában adottságként vesszük figyelembe, és ott ezek csak mint termelési korlátok szerepelnek. Célszerű a traktorüzemet legalább traktorkategóriánként számításba venni, az egyéb gépeket pedig általában géptípusonként. Természetesen csak a nagygépekre érdemes tekintettel lenni, hiszen ha minden kisgépet és eszközt figyelembe kívánnánk venni, az a modell nagy méretéhez és a probléma elaprózásához vezethetne, ami — különösen távlati tervezés során — nem biztos, hogy célszerű. Klasszikus programozási modellben a munkaerőt és a lófogatokat is — ha ezzel számolunk — adottnak tekintjük, és korlátozó tényezőként vesszük figyelembe. Később látni fogjuk, hogy e tevékenységeket (tehát a munkaerőt, a gépeket) a célrealisztikus lineáris programozási modellben másként kezeljük.

3.1.8. Kiegészítő tevékenységek

Ide az ipari és feldolgozóipari tevékenységeket soroljuk. A kimonodottan ipari, a mezőgazdasági termeléstől független tevékenységet általában programozási szférán kívüli tevékenységként kezeljük,²² s a matematikai programozástól függetlenül tervezzük meg, így azokat a matematikai modellben nem, vagy csak egy aggregált változóként, összevontan, adottságként szerepeltetjük. Nem kizárt azonban az sem, hogy ezeket a tevékenységeket — különösen, ha súlyuk a vállalati jövedelem szempontjából jelentős — a matematikai modellben tevékenységenként külön változókkal képviseltessük.

A mezőgazdasági termeléshez szorosan kapcsolódó, s azzal mennyiségi viszonyban levő tevékenységeket viszont mindenképpen beépítjük a modellbe, hiszen a modellben ezeknek a termeléssel való kapcsolatát is

²² Az ipari üzem tevékenysége természetesen külön is programozható. Ez esetben az adott ipari üzem mint iparvállalatot is tekinthetjük.

meg kell teremteni. Például, ha saját termelésű lucernára szárítóüzemet létesítünk, a termelés és a szárítóüzem kapacitása között összhangot célszerű teremteni. Ugyanígy célszerű általában eljárni, ha a szárítóüzem kapacitásának kihasználására (vagy más feldolgozó üzem kapacitásának kihasználására) más vállalatától is vásárolhatunk alapanyagot. Ez esetben a feldolgozóüzem kapacitása, valamint a saját termelés és alapanyagvásárlás (amit külön változó reprezentál) között kell az összhangot biztosítani.

3.1.9. Piaci (értékesítési és beszerzési) tevékenységek

Az értékesítési tevékenységeket általában az árutemelési tevékenységekkel aggregáltan, egy változóként építjük a modellbe. Legfeljebb olyan esetben kell ezeket külön változóként szerepeltetni, amikor — amint az árunövény-termelési tevékenységeknél erről már szó volt — többféle értékesítési lehetőség közül kell választanunk, vagy amikor — mint a takarmánytermelési tevékenységeknél láttuk — valamely takarmány egy részének értékesítését is lehetővé kívánjuk tenni.

A beszerzési tevékenységek azonban a matematikai programozás során gyakran merülnek fel, és sokszor jelentős szerephez is jutnak. *A beszerzések egy részét nem kezeljük külön változóként, mert a beszerzett javak mennyisége a technológiákban jut kifejezésre (pl. műtrágyák, vegyszerek stb.), s a megvalósításra tervezett technológiai rendszer és termelési szerkezet által egyértelműen meghatározottak.*

A beszerzési változók nagy része a takarmányvásárlási tevékenységek köréből kerül ki. Ezekkel kapcsolatban célszerű azt az eljárást követni, hogy *ha valamely takarmányból a felhasználandó mennyiség adott technológiai rendszerben egyértelműen meghatározott, akkor azt a technológiában kell egyértelműen megtervezni. Ha azonban valamely takarmány felhasználása a technológiában nem egyértelműen kerül eldöntésre, hanem az változhat — legalábbis egy meghatározott intervallumon belül —, akkor célszerű az illető takarmány beszerzését egy változóval a modellben képviseltetni, s a beszerzés pontos mennyiségét a matematikai programozás során meghatározni.*

Hasonlóképpen járunk el más — ugyanilyen módon nem egyértelműen eldöntött — anyagok esetén is.

3.1.10. Egyéb tevékenységek

E csoportban foglalhatók össze mindazon tevékenységek, amelyek az előbbi csoportosításokból kimaradtak. Ezek igen különbözőek lehetnek mind jellegük, mind kezelésük módja tekintetében. Ilyenek pl.: a háztáji gazdaságok részére nyújtandó szolgáltatások, a háztáji gazdaság részére biztosítandó takarmány, a tevékenységek átcsoportosítását biztosító változók, a munkák átcsoportosítására szolgáló változók, a beruházási hitel felvételét és más pénzügyi műveletek végrehajtását reprezentáló változók stb. E tevékenységek egy része — meghatározott terjedelem esetén — aggregálható. Az egyéb tevékenységek szükségessége, jellege és kezelésének módja mindig a konkrét helyzettől függ.

3.1.11. A változók szimbolizálása

A matematikai modell változóit általában x -szel jelöljük. Azt, hogy adott modellben melyik változóról van szó, a szimbólum jobb oldalán (alul vagy felül, illetve alul és felül) elhelyezett indexekkel szoktuk szabatosan meghatározni. Ezek szerint x_j jelenti a j -edik változó méretét. Itt a j bármely természetes szám lehet, s tulajdonképpen azt jelöli, hogy a modell hányadik sorszáma alatt levő változójáról van szó. Ha a j értékét nem jelöljük konkrét számmal, csak egyszerűen j szimbólummal, akkor nem adjuk meg a változó konkrét sorszámát, s egyszerűen a j -edik változóról beszélünk. Ez bármelyik változó lehet, attól függően, hogy a j helyére milyen sorszámot írunk.

Sok esetben szükség van a változók szabatosabb meghatározására. Így pl. az x_i^h azt jelentheti, hogy a j -edik terméket az i -edik talajtípuson a h -edik technológiai rendszerben hány hektár területen termeljük, vagy az adott termékből hány egységnyi termelünk.

Amint látjuk tehát, a változók szabatosabb meghatározása érdekében többszörös indexjelölés is alkalmazható. Hogy az egyes indexek mit jelentenek, azt az adott konkrét esetben kell mindig meghatározni.

Ha a probléma természete megkívánja, mert — legalábbis gazdasági szempontból — a modellt érthetőbbé teszi, a változók más betűvel is jelölhetők. Vegyes változójú modellben pl. a változók szimbolizálására

felhasználhatók az x, y, z stb., szintén egy vagy több indexszel ellátva. A valóságban az $y, z, \alpha, \beta, \delta$ ugyanolyan változók, mint az x -szel jelöltek. A matematikai modellben ezeket is úgy kezeljük, csak a tárgyalás során, a könnyebb megvilágítás érdekében, használunk más betűt. A matematikai modell szempontjából elegendő csupán az x_j jelölést alkalmazni, de a tervezőnek tudnia kell, hogy a j -edik tevékenység pontosan mit is jelöl.

Egy konkrét vállalati modell összeállítása során — mint már arról szó is volt — tekintettel kell lenni arra, hogy a modell méretének növekedése jelentős munka- és költségdöbblettel jár. A gépi számítás ideje — és ezáltal költsége — a modell terjedelmének növekedésével hatványozottan nő. Emellett minél nagyobb modellt szerkesztünk, annál nagyobb a modell összeállítása során a hibalehetőség. Igaz, a gépi számítás folyamán a modellszerkesztésben elkövetett hibákat és az adathibákat általában fel tudjuk tárni, de ez néhány sikertelen megoldást eredményezhet, ami a modell számítási költségét nagymértékben megnövelheti. Célszerű tehát minél kisebb —, de érdemileg a megoldás eredményét nem rontó — modell összeállítására törekedni. Ezért alaposan megfontolva, csak a leg-szükségesebbnek látszó technológiai változatokat tanácsos számításba venni, és ahol lehet, alkalmazni kell az aggregálást.

3.2. A mérlegfeltételek

A mezőgazdasági vállalatok tervezésénél a termelési források felhasználása mérlegszerűségének, valamint a vállalat belső szükségzerű összefüggéseinek és külső kapcsolatainak biztosítása céljából — mint már említettük — sok mérlegfeltételt kell a modellbe beépíteni. A mérlegfeltételek számát megsokszorozhatja, hogy a mezőgazdaságban figyelembe kell venni a termelés idényszerűségét. A munkaerő és a gépek felhasználására pl. ipari üzemek nagy többségében — mivel a munkafolyamat és a termelési folyamat egybeesik, s az idényszerűség nem merül fel — elegendő lehet csak egy mérlegfeltételnek a matematikai modellbe való beépítése. A mezőgazdaságban azonban legalább havonta egy ilyen mér-

legfeltétel modellbe építése szükséges, ami a munkaerő- és gépmérlegek többszöröződésével jár együtt.

Sokszor felvetik annak szükségszerűségét is, hogy a munkaerő- és gépmérlegeket illetően dekádanként lenne célszerű a mérlegfeltételeket megbontani. Ez azonban egyrészt hallatlan mértékben megnövelné a modell méretét, másrészt — távlati tervezés esetén különösen — ilyen részletes tervezés nem szükséges és nem is célszerű. Az időjárás ugyanis nagymértékben befolyásolja a munka elvégzésének idejét. Ha az elvégzendő munkákat dekádanként tervezzük, egészen bizonyos, hogy az adott munkát a valóságban nem mindig a tervezett időszakban fogjuk elvégezni, attól esetleg lényegesen el kell térni. Havi bontás esetén az adott hónapban tervezett munkák sorrendjének átcsoportosítása lehetséges, s így a terv és a megvalósítás közelebb kerül egymáshoz. A tervezés nem jelenti egyben a terv megvalósítását is. A megvalósításnak kell bizonyos rugalmassággal rendelkeznie.

A modell célszerű terjedelmének biztosítására tekintettel kell lenni. A mérlegfeltételeket csak a szükségszerű bontásban kell a modellbe beépíteni, illetve csak a szükségszerű összefüggéseket kell a mérlegfeltételekben figyelembe venni. Célszerű lehet e tekintetben is aggregálni mindent, ahol az a megoldást nem befolyásolja.

Másrészt a modell összeállítása után szükséges megvizsgálni, melyek azok a mérlegfeltételek, amelyek a modell megoldását előreláthatólag nem befolyásolják. Ezek elhagyásával egy kisebb, szűkített modellt célszerű képezni, amelyet a számológépen megoldunk. Ez annál inkább lehetséges, mert a szűkítés esetleg a számológéppel is elvégezhető. Például szinte biztosra vehető, hogy a mezőgazdasági vállalatoknál — gyakorlatilag bármilyen termelési szerkezetről legyen is szó — a január, a február, illetve általában a téli hónapokban a rendelkezésre álló munkaerő és gépek elegendőek lesznek, sőt ki sem használhatók teljesen. Ebben az időszakban tehát ezek az erőforrások nem jelentenek tényleges korlátot a termelési szerkezet meghatározásában. Így az e hónapokra vonatkozó mérlegfeltételek a megoldásra kerülő modellből elhagyhatók anélkül, hogy a megoldás eredménye a legkisebb mértékben is megváltoznék.

A mezőgazdasági vállalatok matematikai tervezése során általában alkalmazásra kerülő mérlegfeltételeket a továbbiakban célszerűen csoportosítva fogjuk megvizsgálni.

3.2.1. A földterület-felhasználás mérlegfeltételei²³

A földterület általában adott mennyiségben áll a mezőgazdasági vállalatok rendelkezésére. Középtávú vagy hosszú távú tervezés esetén természetesen figyelemmel kell lenni a terület várható változására. Ez bekövetkezhet utak megszüntetése, új utak vagy csatornák, továbbá állattenyésztési telepek vagy lakótelepek létesítése stb. miatt. E változások számításba vételével nyerjük a tervezésben figyelembe veendő „rendelkezésre álló területet”. Ha a terület maradéktalan felhasználását követeljük meg, az azt jelenti, hogy csak olyan termelési szerkezet fogadható el, amelyben a területszükséglet pontosan megegyezik a rendelkezésre álló területtel. Ha x_j -vel jelöljük a j -edik változót és f_j -vel a j -edik változó fajlagos területigényét, F -fel pedig a rendelkezésre álló terület, akkor a területfelhasználás mérlegfeltételét a

$$(3.1.) \quad \sum_{j=1}^n f_j x_j = F$$

formulával fogalmazzuk meg.

A (3.1.) formula kifejezi, hogy a területfelhasználásnak pontosan egyeznie kell a rendelkezésre álló földterülettel. Hazánkban általában a földterület felhasználására egyenlőséget írunk elő, tehát a rendelkezésre álló földterület teljes felhasználását kívánjuk meg. Előfordulhat azonban, hogy a teljes felhasználásra nem törekedünk, tehát megengedjük azt is, hogy a terület egy része kihasználatlanul maradjon.²⁴ Ez esetben formulánk a következőképpen módosul:

$$(3.2.) \quad \sum_{j=1}^n f_j x_j \leq F.$$

Itt tehát a földterület felhasználását kizárólag felülről korlátoztuk, azaz a felhasznált terület nem lehet nagyobb, mint amennyi rendelkezésre áll, de kisebb lehet.

Ha a földterület nem egynemű, hanem a vállalat különböző talajti-

²³ Természetesen mindig a termőföldre gondolunk, ha a rövidség kedvéért a föld vagy földterület kifejezést használjuk is.

²⁴ Ezzel később részletesebben foglalkozunk.

pusokkal rendelkezik — általában ez a helyzet —, és az egyes talajtípusok területe meghatározott, nem elegendő egy összevont — általános — földfelhasználási mérlegfeltétel modellbe építése, hanem azt talajtípusonként bontva kell megadni. Eszerint az i -edik talajtípusból rendelkezésre álló területre a

$$(3.3.) \quad \sum_{j=1}^n f_j^i x_j^i = F^i$$

mérlegfeltételt adjuk meg, ahol i az i -edik talajtípusra utal.

Természetesen annyi ilyen mérlegfeltétel szerepel a modellben, ahány talajtípus az adott vállalat feltételei között rendelkezésre áll. (Meg kell jegyeznünk, hogy nem a foltokban előforduló talajtípusokról van itt szó, hiszen ezek megkülönböztetésének nem volna értelme, hanem az összefüggő táblák, határrészek szerinti különbözőséget vesszük csak figyelembe. Így egy-egy vállalat modelljében általában 1—4 féle talajtípus adódik.)

Ha a területfelhasználási mérlegfeltételeket talajtípusonként építetjük a modellbe, akkor az általános területfelhasználási mérleg (3.1.—3.2.) elhagyható, mert nincs jelentősége.

Előfordulhat, hogy valamely átmeneti (kevert) talajtípus gyakorlatilag mind az egyik, mind a másik talajtípushoz is sorolható (pl. vályogtalaj, homokos vályogtalaj és homoktalaj). Ezt külön talajtípusonként kezelni — a terület elaprózását elkerülendő — nem célszerű. Ekkor helyesen eljárhatunk oly módon, hogy az egyes talajtípusok rendelkezésre álló területét korlátok közé szorítjuk. Az alsó korlát az adott talajtípusból rendelkezésre álló terület, pl. F_0^i , a felső korlát az átmeneti talajtípussal növelt terület F^{i0} . Ez esetben teljesülnie kell az

$$(3.4.) \quad F_0^i \leq \sum_{j=1}^n f_j^i x_j^i \leq F^{i0}$$

egyenlőtlenségnek, ami két mérlegfeltételre bontva a

$$(3.5.) \quad \sum_{j=1}^n f_j^i x_j^i \geq F_0^i$$

és

$$(3.6.) \quad \sum_{j=1}^n f_j^i x_j^i \leq F^{i0}$$

feltételekre vezet.

Ebben az esetben azonban az általános földfelhasználásra vonatkozó mérlegfeltétel (3.1., illetve 3.2.) modellbe építése is szükségszerű.

A probléma ilyen megfogalmazása lehetővé teszi, hogy az átmeneti talajtípust bármely lehetséges talajtípushoz sorolhatjuk, de a területmérlegek egyensúlyát minden vonatkozásban biztosítjuk. Ez az eljárás akkor alkalmazható, ha csak egyféle átmeneti talajtípus áll rendelkezésre.

Amennyiben két vagy többféle átmeneti talajtípusunk van, s azt több talajtípus szerint kell elosztani, akkor a probléma bonyolódik, s többféle területmérleg kidolgozása szükséges. A fenti elvek ez esetben is alkalmazhatók, azonban az általános területfelhasználási mérlegfeltétel helyett olyan mérlegek modellbe építése szükséges, amelyek az adott talajtípusok és a hozzájuk elosztható átmeneti talajtípusok együttes területét szabályozzák.

Az utóbbi esetben úgy is eljárhatunk, hogy csak az elhatárolható talajtípusokra adunk mérlegfeltételeket, s az átmeneti típusokra a modellbe változókat építünk be, amelyek az egyes talajtípusok területét változtatják. Ez esetben viszont e változókat kell az adott átmeneti talajtípus szintjén korlátozni.

Meg kell még jegyezni, hogy amennyiben a matematikai programozás során eldöntendő kérdés az is, vajon létesítsünk-e vagy sem egy új állattenyésztő vagy állattartó telepet, akkor annak telephelyével kapcsolatos területigény az adott változónál figyelembe vehető.

A (3.1.—3.6.) alatt megfogalmazott mérlegfeltételek a terület felhasználásának, illetve kihasználásának feltételeit csak általában fogalmazzák meg. Sok esetben további előírások is szükségesek.

Lehetséges, hogy valamely tevékenység vagy tevékenységcsoport által felhasználandó területet egyértelműen eleve előírjuk. Pl.

$$(3.7.) \quad f_j x_j = \gamma F$$

illetve

$$(3.8.) \quad f_j x_j + f_{j+1} + \dots + f_n x_n = \gamma F$$

Máskor az adott tevékenység vagy tevékenységcsoport által felhasználható területre alsó és felső korlátot adunk meg:

$$(3.9.) \quad \gamma_0 F \leq f_j x_j \leq \gamma^0 F$$

illetve

$$(3.10.) \quad \gamma_0 F = f_j x_j + f_{j+1} x_{j+1} + \dots + f_n x_n \leq \gamma^0 F$$

ahol γ egy szorzószám, amellyel F értékét szorozva, annak egy meghatározott részét (százalékát) kapjuk, azt a területnagyságot, amelyet az adott tevékenység vagy tevékenységcsoport felhasználhat. Intervallum esetén γ_0 az alsó, γ^0 a felső százalékarányt jelenti, azaz legalább és legfeljebb hány %-át (milyen nagyságú területét) veheti igénybe az összes területnek az adott tevékenység vagy tevékenységcsoport.

Más esetben két tevékenység vagy tevékenységcsoport által felhasznált terület valamilyen arányát kell előírni. (Például az új vetésű lucerna a régi vetésű — álló — lucerna meghatározott százalékát — pl. $\frac{1}{3}$ -át — kell hogy képviselje.)

Ilyen esetekben a

$$(3.11.) \quad \gamma f_j x_j = f_k x_k$$

formulát alkalmazunk, és természetesen, megfelelő átrendezéssel kapjuk a

$$(3.12.) \quad \gamma f_j x_j - f_k x_k = 0$$

formulát, amely előírja, hogy a k -adik tevékenység által felhasznált terület a j -edik tevékenység területének pontosan γ -szorosa legyen. Az egyenlet helyett esetenként egyenlőtlenségeket is alkalmazhatunk.

A (3.7.—3.12.) feltételek alkalmasak bizonyos vetésszerkezeti arányok előírására, adottságok figyelembevételére (pl. rét, legelő, gyümölcs, szőlő vagy más tevékenység területének meghatározott terjedelemben való rögzítésére), de alkalmasak a külső körülmények (pl. piaci lehetőségek) figyelembevételére is. (Pl. valamely növényből csak egy meghatározott területen folytatott termelésre kötnek a vállalattal szerződést stb.).

Ha a modellben figyelembe vett tevékenységek egységeként az egy-egy földterületet (1 hektár) alkalmazzuk, akkor az f_j értékek 1-gyel egyenlők. Ez a területre vonatkozó mérlegfeltételek egyszerűségét biz-

tosítja. Ha tehát lehetséges, a külső körülményekhez való alkalmazkodást (piaci feltételeket) célszerű területkorlátokkal beépíteni a modellbe.

Végül megjegyezzük, hogy a programozási szférán kívül eső tevékenységek területigényével — ha ilyen van — a rendelkezésre álló területet helyesbítjük.

3.2.2. A munkaerő-felhasználás mérlegfeltételei

Klasszikus lineáris programozási modellben a munkaerőt meghatározottnak tekintjük. A meghatározást azonban igen gondosan kell végezni, figyelembe véve az előregedést, az iparba történő átáramlást, a fiatalok munkába állításának lehetőségeit, az időszakonként munkába vonhatók létszámát stb. Az így meghatározott, tehát várhatóan rendelkezésre álló munkaerő-létszámból le kell vonni a vezetés és az adminisztráció, valamint a programozáson kívüli szféra által igényelt munkaerőt, megállapítva ezzel a programozási szférába tartozó tevékenységek folytatásához rendelkezésre álló munkaerő mennyiségét.

A tervezés kezdeti szakaszában nem tudjuk bizonyosan, hogy mikor adódik a munkacsúcs. Az időszakosan munkába bevonható munkaerőt itt még úgy célszerű kezelni, hogy az az év bármely szakaszában munkába állítható, ha szükség van rá, természetesen a valóságban akkor fogjuk ezeket a dolgozókat a munkába bevonni, amikor a munkacsúcs szükségessé teszi. (Kivételt képez az olyan munkaerő, amelynek igénybevétele csak az év meghatározott időszakában lehetséges, pl. iskolás gyerekek.)

A munkaerőmérleget időszakonként (általában havonként) bontva építjük a modellbe, azaz a

$$(3.13.) \quad \sum_{j=1}^n a_{ij} x_j \leq b_i$$

formában, ahol:

a_{ij} a j -edik tevékenység fajlagos munkaidőigényét (általában munkanapban) jelenti az i -edik időszakban (általában az i -edik hónapban);

b_i az i -edik időszakban (hónapban) előreláthatólag ledolgozható munkanapok számát adja.

Az időszakonként ledolgozható munkanapok száma a munkaerő-létszám és az adott időszakban ledolgozható munkanapok száma alapján határozható meg.

Felmerül az a probléma, hogy a havonként ledolgozható munkanapok száma más a növénytermesztésben dolgozók és más az állattenyésztésben, traktorüzemben stb. dolgozók esetén.

Pontos megoldást e tekintetben az adna, ha külön munkaerő-mérleget dolgoznánk ki a növénytermesztésre, az állattenyésztésre stb., és az egyes ágazatokban a dolgozókra munkaerő-átcsoportosító változókat építenénk a modellbe. Ez azonban a modellt nagymértékben bonyolítja és méretét igen megnövelheti. Általában inkább a hibalehetőséggel számolunk, s azt legfeljebb némi korrekció alkalmazásával csökkentjük. (Pl. az egyes változók munkaerő-szükségletét a ledolgozható munkanapok alapján korrigáljuk, s a modellben így szerepeltetjük, vagy a ledolgozható munkanapok számát korrigáljuk bizonyos mértékig.)

Problémaként merül fel a munkanap hossza is. Ez azonban, ha a technológiák kidolgozása során munkanapban tervezünk, kiküszöbölhető, hiszen minden tevékenység technológiájának tervezésekor a munkanap adott időszakban és munkafolyamatban gyakorlatilag lehetséges hosszával (pl. 8 vagy 10 órával) számolhatunk, s a teljesítményt ennek alapján határozzuk meg. Ezt a megoldást célszerű lehet alkalmazni. Elvileg más megoldás is elképzelhető; pl. külön változók modellbe építésével szabályozzuk a munkanapok hosszát.

3.2.3. Gépfelhasználási mérlegfeltételek

A gépmérlegeket géptípusonként, illetve gépkategóriánként és időszakonként dolgozzuk ki (általában szintén havi bontásban) és építjük be a modellbe, a munkaerőhöz hasonlóan, azaz

$$(3.14.) \quad \sum_{j=1}^n g_{ij}^h x_j \leq d_i^h,$$

ahol:

g_{ij}^h a j -edik tevékenység fajlagos gépmunka-igénye műszaknapokban a h -adik géptípus iránt az i -edik időszakban;

d_i^h a h -adik géptípus által az i -edik időszakban teljesíthető műszaknapok száma, vagyis a rendelkezésre álló kapacitás.

A (3.14.) formula előírja, hogy a h -adik géptípus iránti igény nem lehet nagyobb, mint az abból rendelkezésre álló kapacitás.²⁵ Természetesen minden géptípusra, illetve gépkategóriára annyi mérlegfeltételt állítunk össze, ahány időszakban az adott gépet használjuk.

A modell terjedelmének csökkentése céljából a számítógépre kerülő modellből itt is kihagyhatók mindazok a mérlegfeltételek, amelyek olyan időszakokra vonatkoznak, amelyekben nem várható csúcsgéni, vagyis, ahol a kapacitás bármilyen gyakorlatilag elképzelhető termelési szerkezeten esetén meghaladja a szükségletet. Másrészt a modellben általában csak a nagygépekre vagyunk tekintettel.

Nagy modellhez vezetne, ha valamennyi gépre mérlegfeltételeket ír-nánk elő, a legnagyobbtól a legkisebbig. Célszerű ezért csak a nagy gépekre tekintettel lenni (traktorok, önjáró betakarítógépek), s a kis értékű gépekre nem indokolt mérlegfeltételeket beépíteni a modellbe. A megoldás elemzése során azonban ezekre is figyelemmel lehetünk, s kedvezőtlen alakulásuk esetén a földfelhasználási vagy más mérlegek célszerű változtatásával kedvezőtlen alakulásuk kiküszöbölhető. Egyébként is, normális körülmények között, a kisgépek nem korlátozhatják a termelést.

A traktormunkák kezelésével kapcsolatban általában felmerül az a probléma, hogy ugyanaz a munka különböző traktorkategóriába tartozó, illetve különböző típusú traktorokkal is elvégezhető. Lehetséges, hogy valamely munkát célszerű volna egyik traktortípussal végezni, de annak kapacitása elégtelennek bizonyul, s akadályozná egy jól jövedelmező tevékenység kiterjesztését. Az adott munka azonban egy másik szabad kapacitással rendelkező traktortípussal is elvégezhető, bár nagyobb költséggel. Lehetséges, hogy egy jól jövedelmező tevékenység kiterjesztése még akkor is célszerű, ha a munkák egy részét költségesebb géppel végezzük.

²⁵ Csáki Csaba külön formulával tárgyalja a szállítókapa-citás mérlegfeltételeit. (Vö. Csáki Cs.: Mezőgazdasági vállalati távlati tervezés matematikai programozással. Akadémiai Kiadó, Budapest, 1969.) Ez nem feltétlenül szükséges, hiszen a gépekre és gépi eszközökre általánosan megfogalmazott mérlegfeltételek a szállítógépekre vonatkozó mérlegfeltételeket is magukban foglalják.

A probléma a géptípusok kapacitását átcsoportosító változók modellbe építésével megoldható.

Másrészt a gépi munkák kezelése során felmerül a kettős vagy a nyújtott műszak lehetősége. Mivel azonban a munkák egy része kettős műszakban is elvégezhető, más részük azonban nem, a probléma megoldása nem egyszerű, különösen a klasszikus lineáris programozási modellben. Gyakorlatilag elfogadható megoldást kapunk, ha a gépek műszakkapacitását bizonyos mértékig nyújtott műszakban tervezzük. Olyan hosszú műszakkal számolhatunk, amilyen — becslésünk szerint —, az adott időszokban végzendő munkákat figyelembe véve, reálisnak mutatkozik. Természetesen egy-egy gépi számítás elemzésének eredményeképpen a modell adatait, célfüggvényét és feltételrendszerét többször is változtathatjuk. Esetleg arról is szó lehet, hogy a munkák egy részét az agrotechnikailag optimális időn kívül kell elvégezni.

A géppark bővítésére és összetételének javítására a klasszikus lineáris programozási modellben is van lehetőség, úgynevezett gépbeszerzési (új beruházási) változók modellbe építésével. E probléma megnyugtató megoldása azonban célrealisztikus modellünkben inkább lehetővé válik, ezért e kérdéssel később foglalkozunk.

3.2.4. Anyagfelhasználási-mérlegfeltételek

A technológiai tervekben tevékenységenként megtervezzük a különböző anyagok felhasználását, egységnyi termék termeléséhez. A modellben egy-egy anyagra (természetes egységben vagy pénzértékben) csak akkor célszerű külön mérleget szerepeltetni, ha nem szerezhető be kellő mennyiségben. Azon anyagok esetében, amelyek beszerzése, s így felhasználása nem korlátozott, illetve csak együttes beszerzésüket korlátozza a vállalat rendelkezésére álló pénzkeret, célszerű lehet úgy eljárni, hogy összességükre egy aggregált pénzfelhasználási mérleget állítsunk össze.

Az előbbi esetben a

$$(3.15.) \quad \sum_{j=1}^n s_j^h x_j \leq \xi^h,$$

az utóbbi esetben pedig a

$$(3.16.) \quad \sum_{j=1}^n t_j x_j \leq c$$

mérleget alkalmazhatjuk, ahol:

s_j^h a j -edik tevékenység egysége által igényelt h -edik anyag;

ξ^h a h -edik anyagból felhasználható mennyiség;

t_j a j -edik tevékenység egysége által igényelt — az aggregált mérlegben figyelembe vett anyagokból adódó — anyagköltség;

c az aggregált mérlegben szereplő anyagok beszerzésére felhasználható pénzkeret.

A (3.16.) formula alkalmazása esetén a különböző anyagokból felhasználandó mennyiségek a technológiai tervek és termelési szerkezet alapján meghatározhatók.

3.2.5. Takarmány-mérlegfeltételek²⁶

A takarmánymérlegek modellbe építésével célunk a takarmánytermesztés, a takarmányvásárlás és a takarmányeladás, valamint az állattenyésztés takarmányigénye közötti összhang megteremtése.

Az állattenyésztési technológiák kidolgozása során adott állatcsoport számára a szükséges táplálóanyag-mennyiségeket is — általában az évi szükségletet — megtervezzük. Ugyancsak itt tervezzük meg az adott állatfaj biológiai igényét figyelembe véve azt, hogy legalább, illetve legfeljebb mennyi abrakot, szálas- zöld- és lédús takarmányt, valamint takarmányszalmát fogyaszthat az év folyamán az adott állatfaj, illetve állatcsoport. Esetenként egyes takarmányokra is előírunk mennyiségi korlátokat. *Általában célszerűnek látszik* — és ez gyakorlatilag lehetséges és szükséges is — *mind a táplálóanyagokra, mind az egyes takarmányokra illetve takarmánycsoportokra a szükségletet intervallumban megadni*. Ez elősegíti a megoldás rugalmasságát, és általában elkerülhetővé teszi, hogy

²⁶ A takarmány-mérlegfeltételeket fontosságuknál fogva külön, a többi anyagmérlegektől elkülönítve tartom célszerűnek tárgyalni.

ellentmondásos, ezért megoldhatatlan modellt állítsunk össze, s egyben a takarmányok közötti verseny lehetőségét is megteremti, illetve kiszélesíti.

Az állattenyésztési technológiák tervezése során célszerű azokat a vásárlásból tervezett takarmányokat, amelyek felhasználandó mennyiségét pontosan előírjuk, a technológiában rögzített értékkel megtervezni. E takarmányok mennyiségeiket — illetve táplálóanyag-tartalmukat — a szükségletből levonva, kapjuk a programozási szférában biztosítandó táplálóanyag- és takarmánymennyiségeket. Ez elkerülhetővé teszi, hogy a takarmányokat külön változóként beépítsük a modellbe.

Másrészt a növénytermesztési technológiában, valamint a piaci tevékenységek tervében megtervezzük az árunövények és takarmánynövények termelése során nyerhető takarmányokat és azok táplálóanyag-tartalmát, a rét és a legelő takarmány- és táplálóanyag-hozamát, s a piaci tevékenységek által nyerhető (vagy eladásra kerülő) takarmányokat és ezek táplálóanyag-tartalmát.

A mérlegfeltételeket úgy kell a modellbe beépíteni, hogy az összes takarmánytermelés és takarmányvásárlás, levonva ebből a takarmányeladást, annyi takarmányt, illetve a különböző táplálóanyagokból olyan mennyiséget biztosítson, amely legalább az állattenyésztés alsó intervallumban meghatározott szükségletét fedezi, de nem haladja meg a szükséglet felső intervallumát.

Ha

x_j^t jelenti a j -edik takarmányt adó változó terjedelmét,

$x_j^{t'}$ a j -edik takarmányt igénylő változó terjedelmét,²⁷ és

q_{ij} , illetve q'_{ij} egységnyi j -edik tevékenység által nyerhető, illetve az által igényelt i -edik táplálóanyagot vagy takarmányt, illetve

q_{ij}^0 a j -edik takarmányt vagy táplálóanyagot igénylő változó által az i -edik takarmány vagy táplálóanyag iránti igény alsó határát, s

q_{ij}^0 a felső határát jelenti,

²⁷ Az x_j^t és $x_j^{t'}$ szimbólumok esetén a t , illetve t' valójában nem indexek, hanem kizárólag a tevékenység jellegét (takarmányt adó vagy igénylő) jelölik.

a mérlegfeltételeket a következők szerint fogalmazhatjuk meg:

$$(3.17.) \quad \sum_{j=1}^n q_{ij} x_j^t \cong \sum_{j=1}^n q'_{ij_0} x_j^{t'}$$

és

$$(3.18.) \quad \sum_{j=1}^n q_{ij} x_j^t \cong \sum_{j=1}^n q''_{ij} x_j^{t'}.$$

Mint a formulákból kitűnik, a (3.17.) azt írja elő, hogy a termelés és vásárlás *legalább* az eladást és a szükséglet alsó határát biztosítsa, illetve a (3.18.) szerint a termelés és vásárlás *legfeljebb* az eladást és az állattenyésztés által felhasználható legnagyobb mennyiséget biztosítsa a különböző táplálóanyagokból, takarmányokból, illetve takarmánycsoportokból.

Az előbbi formulákat átrendezve, kapjuk a

$$(3.19.) \quad \sum_{j=1}^n q_{ij} x_j^t - \sum_{j=1}^n q'_{ij_0} x_j^{t'} \cong 0,$$

illetve a

$$(3.20.) \quad \sum_{j=1}^n q_{ij} x_j^t - \sum_{j=1}^n q''_{ij} x_j^{t'} \cong 0$$

formulákat.

A (3.19.) formulát mínusz 1-gyel beszorozhatjuk, hogy ezzel az egyenlőtlenség irányát megváltoztassuk, azaz

$$(3.21.) \quad - \sum_{j=1}^n q_{ij} x_j^t + \sum_{j=1}^n q'_{ij_0} x_j^{t'} \cong 0,$$

és ha a mínusz előjeleket a Σ mögé bevisszük, végeredményben a következőkhöz jutunk:

$$(3.22.) \quad \sum_{j=1}^n -q_{ij} x_j^t + \sum_{j=1}^n q'_{ij_0} x_j^{t'} \cong 0,$$

illetve a (3.20.) formula esetén

$$(3.23.) \quad \sum_{j=1}^n q_{ij} x_j^t + \sum_{j=1}^n -q''_{ij} x_j^{t'} \cong 0.$$

Többen megkísérelték már olyan modell összeállítását, amely állatcsoportonként, esetleg ezen belül takarmányozási időszakonként meg kívánja tervezni a takarmányszükségletet. Elméletileg a modell olyan részletezett formában is felépíthető, hogy segítségével a takarmányadagok is megtervezhetők.²⁸ A probléma ilyen részletes megoldása azonban hallatlanul megnöveli a modell terjedelmét. Különösen középtávú tervezés során nem célszerű ilyen részletes tervezéshez folyamodni, Tapasztalatunk szerint a (3.22.) és (3.23.) alatt megfogalmazott mérlegfeltételek — ha azokat gondosan építettük fel — gyakorlatilag kielégítő eredményhez vezetnek, egyrészt élettanilag is megfelelő takarmánymérleg összeállítását eredményezik, másrészt biztosítják a versenyt az állattenyésztésen belül, a takarmánytermelésen belül, valamint az állattenyésztés, a takarmánytermelés és- vásárlás, és egyéb (árunövénytermelési, takarmányeladási stb.) tevékenységek között. Tegyük hozzá, hogy több száz változó és több száz mérlegfeltétel modellbe építése sem válik ekkor szükségessé, így az egész modell sokszorta kisebb méretű lesz, illetve fontosabb kérdésekre koncentrálhat.²⁹

3.2.6. Férőhely- és tárolóhely-mérlegfeltételek

Az állattenyésztés és az állattartás méretét behatárolja a rendelkezésre álló férőhely. A termékek és anyagok, valamint a gépek tárolásának is vannak épület-, tárolóhelyigényei. A matematikai modellben fontos lehet annak előírása, hogy a különböző épületek, férőhelyek és tárolóhelyek iránti igény ne haladja meg az adott épületből rendelkezésre álló kapacitást. A férőhely- és tárolóhely-mérlegfeltételeket úgy kell megalkotni, hogy azokban kifejezésre juttassuk: egy adott tárolóhely többféle termék tárolására is alkalmas, a termékek azonos vagy eltérő időben veszik igénybe a tárolóhelyet, illetve az adott típusú tárolóhelyet. Másrészt az adásvételi lehetőségeket is kifejezésre kell juttatnunk e feltételekben, pl. mikor célszerű vagy szükségszerű a termékeket eladni, vagy a

²⁸ Ez esetben tulajdonképpen „A takarmánygazdálkodás matematikai tervezése” (Akadémiai Kiadó, Budapest, 1969.) c. könyvben 42—58. és 105—111. old. leírt modell alkalmazható.

²⁹ Az eljárás tulajdonképpen a 28. lábjegyzetben idézett könyvben leírt (111—122. old.) „globális módszert” követi.

különböző anyagokat megvásárolni? Helyesnek látszik az azonos típusú tárolóhelyekre időszakonkénti mérlegfeltételt beépíteni a modellbe. Speciális tárolóhelyekre — amelyeket általában csak egyféle termék vagy anyag tárolására használunk — egyedi mérlegek építhetők a modellbe. Hasonlóképpen az állattenyésztésben, illetve az állattartásban a férőhely-ellátottságra vonatkozó mérlegfeltételek lehetnek egyediek (legtöbbször ez szükséges) vagy csoportosak.

Természetesen, ha a férőhely, tárolóhely adott, úgy azt az adott szinten általában felső korlátként tekintjük. Ha a férőhely és tárolóhely bővíthető, azt külön változó (új beruházási változó) modellbe építésével oldjuk meg. Általában a gépekre vonatkozó mérlegfeltételekkel azonos elvek alapján lehet e mérlegfeltételeket megszerkeszteni. Itt azonban legtöbbször nem szükséges a költségek felosztása proporcionális és fix költségekre, hanem az összes költség fix-költségként kezelhető.³⁰

3.2.7. Egyéb mérlegfeltételek

E csoportba sorolok minden olyan mérlegfeltételt, amely az eddigiekben még nem szerepelt. Ezen belül is több csoportot lehetne megkülönböztetni, pl. piaci feltételeket tükröző mérlegfeltételeket, belső vállalati arányok biztosítását célzó feltételeket, továbbá olyan feltételeket, mint az öntözővíz-kapacitás vagy az öntözhető terület korlátozottságát kifejező feltételeket, bizonyos szintű foglalkoztatottságot vagy munkabért, illetve részesedést előíró feltételeket stb.

³⁰ Meg kell jegyeznünk, hogy a könyvben használt „proporcionális” és „fix” költségcsoportok alatt mindvégig a számvitelből jól ismert és a költségeket *jellegük szerint* csoportosító „változó” és „állandó” költségeket értjük. Az általunk proporcionálisnak nevezett költségek tehát a valóságban vagy proporcionálisan, vagy progresszíven, vagy pedig degresszíven változnak. Annak érdekében azonban, hogy minden esetben világos legyen, a költségről mint változóról, vagy a változó költségről van-e szó, *valamennyi változó költséget proporcionálisnak, míg az állandó költségeket fixnek nevezünk*. Ezeknek az elnevezéseknek az alkalmazása egyébként — mint később kifejthetjük — a lineáris programozásban a *modell* oldaláról nézve még jogosnak is tekinthető.

A proporcionális és fix költségekkel később még részletesebben foglalkozunk.

A piaci helyzet figyelembevételét általában az adott termékek termőterületére előírt alsó vagy felső, esetleg alsó és felső korlátok modellbe építésével is megoldhatjuk (3.7.—3.10). Ha ez lehetséges, alkalmazása egyszerűségénél fogva célszerű. Szükség esetén azonban a termelendő mennyiségre is előírhatunk korlátokat a (3.7.—3.10.) formulák értelemszerű felhasználásával. Ugyanígy járhatunk el a belső vállalati arányok biztosítását célzó mérlegfeltételek kidolgozása során.

Ha a vállalatnál öntözéses termelés is folyik, korlátozott lehet az öntözésre berendezett terület vagy az öntözővíz-mennyiség. Az előbbi esetben szintén a (3.7.—3.10.) feltételek alkalmazhatók, természetesen talajtípusonként véve figyelembe az öntözésre berendezett területet. Az öntözővíz korlátozott rendelkezésre állása esetén viszont az anyagmérlegeknél elmondottak (3.15. formula) célszerű alkalmazása ad megoldást. Ez esetben szükségessé válhat, hogy az öntözési idény különböző időszakaira (pl. hónapokra) külön mérlegfeltételeket is beépítsünk a modellbe.

Az egyes változókhoz tartozó technológiai lapokon kidolgozzuk a munkaerő-szükségletet, illetve részesedési tervet. Szükséges lehet ezekre vonatkozólag is alsó vagy felső korlátok beépítése a modellbe. Hasonlóképpen szükségessé válhat beruházási vagy hitelfelvételi korlátok stb. kidolgozása is.³¹

Egy mezőgazdasági vállalat modelljébe igen sokféle mérlegfeltétel építhető be attól függően, hogy milyen tényezőket vesszünk figyelembe, illetve ezeket milyen részletességgel kívánjuk vizsgálni. A matematikai programozást kevésbé ismerők és kezdő programozók sok esetben minden részletre kiterjedő modell összeállításával próbálkoznak. Márpedig *a gyakorlatban való széles körű alkalmazás azt követeli, hogy kisebb, de a legfontosabb összefüggésekre kiterjedő, kevés munkával gyorsan összeállítható és megoldható, kevés költséget igénylő modelleket dolgozzunk ki.*³² E téren nem szabad tehát szélsőségekbe esni, hanem itt is az „optimumot” kell szem előtt tartani, s olyan, de csak olyan nagyságú modelleket szerkesszünk, amelyek feltétlenül szükségesek, s amelyek a költség-

³¹ Ezekről később még részletesebben lesz szó.

³² Sokszor elhagyhatunk olyan mérlegfeltételeket, mint munkaerőmérleg, tárolóhely mérleg stb., ha azok előreláthatólag nem jelentenek szűk kapacitást.

többség és információ-többség megfelelő arányát biztosítják. Kutatási célból természetesen célszerűek és hasznosak lehetnek a nagyobb, részletesebb modellek is, ha azt a kutatás elé kitűzött feladat igényli.

3. 3. A célfüggvény

A mérlegfeltételek a változók értékeit bizonyos határok között korlátozzák, azaz behatárolják a lehetséges tervváltozatok halmazát. E halmaz azonban még számtalan sok tervváltozatot tartalmaz. A célfüggvényben fogalmazzuk meg, hogy e sokféle tervváltozat, mint lehetőség közül hogyan, milyen céllal (vagy célokkal) válasszunk ki egyet vagy többet, amelyet optimálisnak tekintünk. A célfüggvénynek tehát kitüntetett szerepe van a modellben, ezért annak tartalmát nagyon gondosan kell meghatározni.

A célfüggvény közgazdasági tartalmának eldöntése igen bonyolult kérdés, és többoldalú vizsgálatot igényel, ezért annak tárgyalását későbbre halasztjuk, s itt csak a matematikai megfogalmazását adjuk.

Ha p_j -vel jelöljük a j -edik tevékenységgel elérhető fajlagos jövedelmet, akkor a célfüggvény a

$$(3.24.) \quad \sum_{j=1}^n p_j x_j \rightarrow \text{extrém}$$

formulával fogalmazható meg. Keressük tehát az adott függvény szélső értékét (maximumát vagy pl. költségfüggvény esetén minimumát).

A későbbiekben látni fogjuk, hogy a célfüggvénnyel kapcsolatban nemcsak az jelent problémát, hogy annak közgazdasági tartalmát célszerűen határozzuk meg. *Adott közgazdasági tartalmat tekintve is többféleképpen, más-más szemléletmóddal alakítható ki a célfüggvény. A klaszikus lineáris programozási modell — mint látni fogjuk — éppen a célfüggvény szemléletbeli hibája miatt alkalmatlan a mezőgazdaságban a gyakorlati döntések megalapozására. Az általunk kidolgozott célrealisztikus modell leglényegesebb vonása éppen az, hogy a célfüggvény reális kezelését biztosítja.*

4. A termelési tényezők jellemzése. A klasszikus lineáris programozási modell értékelése

A mezőgazdasági termelés tényezőinek fogalmához sorolom mindazokat az objektív és szubjektív tényezőket, amelyek a mezőgazdasági vállalatok termelésére, illetve termelési tevékenységére valamilyen módon és formában hatást gyakorolnak. Ezek szerint ide sorolható a földterület nagysága, minősége és domborzata, illetve minőség és domborzat szerinti megoszlása, az éghajlati és időjárási tényezők, a vállalat területi elhelyezkedése, a környezet (partnerek elhelyezkedése, helyzete és magatartása), az állami irányítás formája, a közgazdasági irányító eszközök köre és tartalmi kérdései, vagy a direkt irányítás köre, tartalma és formája, a piaci és árviszonyok, a munkaerőhelyzet, az állóeszköz-ellátottság, az öntözési lehetőség és az öntözés módja, illetve lehetséges módjai, a vállalat pénzügyi helyzete stb. De ide sorolhatók olyan tényezők is, mint a szakember-ellátottság, a vezetés szervezete és színvonala, a vezetők és a dolgozók felfogása, szakképzettsége, munkafegyelme, lelkesedése, az anyagi ösztönzés rendszere stb.

E sokféle tényező összefüggő komplex rendszert alkotva fejti ki hatását, egyrészt az elérhető fajlagos hozamokra és a költségekre, másrészt a termelés méretére és szerkezetére, valamint a lehetséges termelési technológiákra.

A mezőgazdasági vállalatok termeléssel kapcsolatos döntései alapvetően három típusba sorolhatók:

a) Egyrészt dönteni kell arról, hogy egy-egy termék termelése során milyen technológiát vagy milyen technológiákat lehet alkalmazni, milyen fajlagos hozamot lehet elérni, milyen mértékű ráfordítások mellett. Valamely termék előállítása számtalan technológiával történhet, aszerint, hogy azt milyen talajtípuson, öntözött vagy öntözetlen körülmények között termeljük, milyen a műtrágya-felhasználás mennyisége és összetétele, az egyes munkafolyamatok elvégzésének módja stb. A döntés során a számtalan sok lehetőség közül kell kiválasztani az adott feltételek között legjobbnak mutatózó változatot. *Az ezzel kapcsolatos döntéseket technológiai döntésnek nevezem, s e döntések megalapozását technológiai döntések megalapozásának.*

b) Másrészt dönteni kell arról, hogy a különböző tevékenységeket, a különböző termékek termelését a vállalat milyen terjedelemben folytassa, vagyis milyen legyen a termelés szerkezete. A számtalan lehetőség közül az adott vállalat körülményei között legcélszerűbbnek mutatózó termelési szerkezetet kell a döntés során kiválasztani. Ez sokszor különösen egyszerűbb döntésmegalapozó módszerek alkalmazásával, nagyon nehéz. *Az ilyen döntéseket szerkezeti vagy strukturális döntéseknek nevezem, illetve e döntések megalapozását strukturális döntések megalapozásának.*

c) Végül, a termelés mindig bizonyos feltételekhez kötött. Döntünk kell arról, hogy a feltételeket, a termelés különböző tényezőit, amelyek alakítása lehetséges, hogyan változtassuk meg, milyen gépeket, eszközöket és anyagokat kell a termeléshez biztosítani, milyen mennyiségben, milyen változtatás szükséges a munkaerő létszámában és szakképzettségében stb. *Az ilyen jellegű döntéseket a termelési tényezőket, illetve a termelési forrásokat vagy erőforrásokat meghatározó döntéseknek, e döntések megalapozását a termelési tényezőket vagy termelési forrásokat, illetve a vállalati erőforrásokat meghatározó döntések megalapozásának nevezem.*

A döntések e három típusa egymással szoros kapcsolatban van. A termelési tényezők rendelkezésére állása vagy változtathatósága nagymértékben befolyásolja mind az alkalmazható technológiák lehetséges változatait, mind a termelési szerkezetet. A termelési szerkezetre és a techno-

lógiai változatokra hozott döntések viszont a termelési tényezők meghatározott rendelkezésre állását feltételezik. Ha a termelési tényezők adottak, akkor a technológiai változatokra vonatkozó döntések nagymértékben behatárolják a szerkezetre hozható döntési lehetőségeket, vagy a szerkezeti döntések a technológiákra vonatkozó döntési lehetőségeket. *Ha tehát a háromféle döntési típusból kettőt eldöntöttünk, a harmadikra vonatkozó döntési lehetőségünk nagymértékben behatárolt. Mivel azonban a három döntési probléma egymással szoros, kölcsönös kapcsolatban van, azokban egyszerre, összefüggésükben célszerű dönteni.* A különböző termelési tényezők speciális szerepe, részbeni meghatározottsága és sokfélesége azonban e tényezők részletesebb előzetes vizsgálatát kívánja meg, ezért ebben a fejezetben ennek vizsgálatára összpontosítjuk a figyelmet.

Mint már jeleztük, a termelési tényezők hatása kettős, mind a technológiai, mind a strukturális döntéseket befolyásolják. A földterület minőségének és domborzatának, de nagyságának is, az éghajlati illetve időjárási tényezőknek, a rendelkezésre álló vagy beszerezhető eszközöknek, a munkaerőhelyzetnek stb. jelentős befolyása van az elérhető fajlagos hozamokra, a fajlagos költségekre, az alkalmazandó technológiára, de a termelési szerkezetre is. *Ugyanazon termelési tényező tehát mind a technológiai döntésekre, mind a szerkezeti döntésekre hatással van, vagyis maguk a termelési tényezők nem csoportosíthatók aszerint, hogy a technológiai vagy a szerkezeti döntésekre vannak-e befolyással, de hatásuk ilyen alapon csoportosítható.*

A technológiai döntések során alkalmazkodnunk kell a termelési tényezőkhez a fajlagos hozam- és költségmutatók meghatározása, a termelési és a munkafolyamatok időbeli elosztásának ütemezése, a munkafolyamatok elvégzésének módja tekintetében, figyelembe véve természetesen a termelési tényezők változtathatóságának lehetőségeit.

A termelési tényezők egy részét az jellemzi, hogy mennyisége és minősége adott időszakban meghatározott, s ezen — legalábbis jelentősen — nem áll módunkban változtatni (pl. éghajlati tényezők), más részük azonban változtatható (pl. a traktorok száma és típusa stb.). Kérdés lehet azonban, hogy az utóbbiakat milyen mértékben és irányban célszerű megváltoztatni.

Általában azok a termelési tényezők is, amelyek változtatása nem áll módunkban, többféle technológiai megoldást tesznek lehetővé, nem is be-

szélve azokról a tényezőkről, amelyek változtatása módunkban áll. Mind-ebből adódóan, valamely termék termelése adott vállalat keretei között többféle — számtalan sok — technológiai változattal lehetséges. Nagy jelentőségű kérdés annak eldöntése, hogy a lehetséges technológiai változatok közül melyik alkalmazása volna legcélszerűbb az adott vállalat feltételei között. Ennek eldöntése nehéz feladat, s vizsgálata során a következő főbb kérdéseket kell figyelembe venni:

a) A termelési tényezők egy része olyan, hogy konkrét formájában adott technológiai elemeket *egyértelműen* meghatároz. Például, ha valamely termék betakarításához egy adott betakarítógép-típus áll rendelkezésünkre, akkor e termék betakarításának technológiája egyértelműen meghatározott lehet.

b) Más termelési tényezők valamely termék adott technológiai elemének csak *néhány* alternatív változatát teszik lehetővé. Például, ha a talajtípusok száma 2—3, akkor a talajt tekintve csak két-három technológiai változat lehetséges, vagy ha két-három féle betakarítógép-típus áll rendelkezésre valamely termék betakarításához (vagy 2—3 típus szerezhető be), e termék betakarítási technológiája 2—3 változat szerint lehetséges.

c) Ismét más termelési tényezők *végtelen sokféle* technológiai változatot tesznek lehetővé. Például a felhasználásra kerülő műtrágya mennyisége és összetétele — mint folytonos változó — végtelen sokféle lehet.

d) Végül, a termelési tényezők egy része a technológiai változatok lehetséges számára nézve *közömbös*. Például a levegő CO_2 tartalma a termelésnek feltétlen tényezője, hiányában termelés nem képzelhető el, de olyan mennyiségben áll rendelkezésre, hogy hatásától általában eltekinthetünk. (Valójában elképzelhető a CO_2 mesterséges adagolása, pl. az üvegházban, ahol az adagolt mennyiség szerint különböző technológiai változatok megkülönböztethetők.)

Az a) és a d) pont alatt csoportosított termelési tényezők vizsgálata a lehetséges technológiai változatok meghatározása szempontjából nem vet fel döntési lehetőséget. Az ide tartozó tényezők vagy egyértelműen meghatározzák az adott technológiai elemet, vagy közömbösek a technológiai változatokkal szemben.

A b) pontba sorolható termelési tényezők véges számú és legtöbbször kevés technológiai változat vizsgálatát teszik szükségessé, ezért elvileg e változatok kidolgozása, összehasonlítása és vizsgálata teljeskörűen lehetséges. Problémát jelent azonban, hogy az ilyen jellegű termelési tényezők által lehetővé tett technológiai változatok egymással is kombinálhatók. E kombinációk már nagyszámú technológiai rendszer változat vizsgálatát teszik szükségessé. Ha pl. valamely termék termelése során háromféle talajelőkészítés, háromféle vetés és háromféle betakarítási mód lehetséges, akkor már 27 féle technológiai rendszer változatot állíthatunk elő.

Mivel azonban az e csoportba sorolható termelési tényezők bármilyen nagyszámú, de mégis csak véges számú technológiai rendszer változatot tesznek lehetővé, elvileg nincs akadálya az összes lehetséges változatok kidolgozásának és vizsgálatának, bár gyakorlatilag — éppen nagyszámuk miatt — az összes lehetséges változat vizsgálatáról le kell mondanunk. A problémát ez ideig azzal igyekeztek áthidalni, hogy a sokféle lehetséges technológiai változat közül csak a kevés számú, legjobbnak tartott változatot vagy változatokat dolgozták ki és vizsgálták meg. Ez azonban nem tekinthető kielégítő megoldásnak. Egyrészt az összes lehetséges változatok vizsgálata nélkül lehetetlen a legjobb változat vagy változatok kiválasztása a hagyományos módszerek keretei között. Másrészt az, hogy melyik technológiai változat a legjobb, függ a termelési szerkezettől is. A technológiai változatoknak a termelési szerkezettől függetlenített vizsgálata, még ha az összes lehetséges technológiai változat rendelkezésünkre állna is, nagyon rosszul orientálhat bennünket. *Lehetséges ugyanis, hogy egy önmagában vizsgálva jó jövedelmezőséget mutató technológiai változat az egész vállalati komplexumot tekintve rosszabb eredményt ad, mint egy önmagában vizsgálva kevésbé jövedelmező technológiai változat.*

A probléma végleges megnyugtató megoldását olyan módszertani eljárás kidolgozása teszi lehetővé, amelyben a termelési szerkezet és a változtatható termelési tényezők összefüggő optimalizálásával egyidejűleg

az optimális technológiai rendszereket is matematikai programozással tervezzük meg.³³

A *c)* pontban foglalt termelési tényezők még inkább megnehezítik a döntést. Ezek folytonos mennyiségi változóként viselkednek, s egy-egy tényező is végtelen sok értéket felvehet, így végtelen sokféle technológiai változatot tesz lehetővé. Hatásuk lineáris és nemlineáris formában egyaránt jelentkezhet.

E tényezők vizsgálatát és modellbe építését általában különböző pontokban felvett értékek alapján végezzük, de igazán függvényyszerű elemzésük vezetne célhoz. Célszerűen lehet alkalmazni a regressziós analízist, amelyben képet kaphatunk arról, hogy a folytonosan változó termelési tényezők milyen mértékben befolyásolják a termelési költségek és a hozamok változását, s milyen — lineáris vagy nemlineáris — törvényszerűségek alapján fejtik ki hatásukat. Többváltozós regressziós függvények alkalmazásával természetesen egyszerre több tényező hatásának vizsgálata is lehetséges.

A regressziós analízis során kapott függvények modellbe építése azonban igen bonyolult feladat, s jelenleg ennek gyakorlati, gazdasági alkalmazása megoldhatatlan problémához vezet. Ezért is célszerű e függvény néhány kiragadott pontját felhasználva véges számú — nem nagyszámú — technológiai változatot kidolgozni és a matematikai modellbe építeni.

A termelési szerkezetnek, valamint a termelési forrásoknak egy modellben, egymással összefüggésben történő optimalizálása, s ezzel egyidejűleg a technológiai rendszerek matematikai programozással történő megtervezése e tekintetben is jól alkalmazható. E módszer részletesebb kifejtése nélkül e helyütt csak alkalmazásának legfontosabb előnyeiről a következőket említhetjük meg:

a) A technológiai rendszer változatoknak pusztán logikai módszerrel sok változatban történő kidolgozása hosszú időt, sok munkát és költséget igényel. Ha például valamely termék termelését tekintve tízféle ter-

³³ Ilyen irányú munkánk a Gödöllői Mezőgazdasági Gépkeszerleti Intézet megbízásából az intézet munkatársaival, *dr. Acsay Ferenc*cel és *Balla Sándor*ral együttműködve folyamatban van. Jelenleg a módszertani eljárások gyakorlati kipróbálása folyik igen jó eredménnyel.

melési tényező figyelembevétele szükséges a technológiai változatok tervezése során, s mindegyik tényezőnek csak ötféle változata lehetséges, akkor az adott termék lehetséges technológiáinak száma, minden technológiát komplexen kidolgozva: $9 \cdot 765 \cdot 625$.

A lehetséges technológiai változatok számát, n -féle termelési tényező esetén, az alábbi formula szerint lehet kiszámítani:

$$\mu_1 \cdot \mu_2 \cdot \mu_3 \cdot \dots \cdot \mu_n,$$

ahol

$$\pi^{\mu_j} (j = 1, 2, 3, \dots, n),$$

ahol:

μ_j a j -edik termelési tényező lehetséges változatainak számát mutatja,

π a szorzást szimbolizálja.

Ha például a búza háromféle talajtípuson termesztendő, s mindegyik talajtípuson ötféle műtrágyaadaggal, háromféle talajelőkészítéssel, kétféle vetéssel és kétféle betakarítással, s a többi munkafolyamat minden technológiai változatnál azonos, akkor a lehetséges technológiai változatok száma máris $3 \cdot 5 \cdot 3 \cdot 2 \cdot 2 = 180$ féle!

A technológiai változatok hagyományos módszerrel történő összeállításánál ilyen sokféle változat kidolgozására aligha vállalkozhatunk. Bár a búzát illetően szerényen számoltunk, de ez esetben tíz termék esetén már 1800 féle technológiai változat kidolgozásának és modellbe építésének a szükségessége merülne fel, ami — ha a technológiai változatokat ki is dolgoznánk — olyan nagyméretű matematikai modellhez vezetne, amely munkaigény és a költségcsökkentés miatt lehetetlenné tenné a matematikai programozás gyakorlati alkalmazását a mezőgazdaságban.

b) Ha a technológiai változatokat a termelési szerkezet és a termelési források optimalizálásával összefüggésben egyidejűleg matematikai programozással tervezzük meg — mint utaltam rá, ilyen modellekkel jelenleg folynak kísérleteink —, egyrészt sokkal kisebb matematikai modellhez jutunk, másrészt ténylegesen „optimális” — mégpedig a termelési szerkezettel összefüggően optimális — technológiai változatokhoz jutunk,

ráadásul a modell megszerkesztése is egyszerűbb. Ekkor ugyanis nincs szükség az összes lehetséges technológiai változat komplex kimunkálására, hanem az alapadatok alapján az optimális technológiai változatot maga a számológép állítja össze.

A termelési tényezők — mint arról már szó volt — nemcsak abból a szempontból vizsgálhatók, hogy milyen technológiai variánsok alkalmazását teszik lehetővé, hanem olyan szempontból is, hogy mennyiségük — adott minőségben és választékban — egyértelműen meghatározott, vagy — esetleg bizonyos határok között — változtatható.

A kérdés vizsgálatát az teszi érdekessé, hogy *mind a lehetséges technológiai változatokat, mind azok megvalósítható méretét bizonyos mértékig behatárolja az, hogy milyen termelési tényezők állnak rendelkezésre és milyen mennyiségben*. Ebből adódóan a termelési tényezők a termelési szerkezetet korlátozó tényezőként veendők figyelembe.

Attól függően, hogy a termelési tényezők mennyisége adott, meghatározott vagy változtatható, azokat mint korlátozó tényezőket két csoportba sorolhatjuk:

1. *Merev korlátok*. Ide soroljuk azokat a termelési tényezőket, amelyek adott időszakban — vagy a tervidőszakban — meghatározott mennyiségben állnak rendelkezésre, mennyiségük változtatása lehetetlen vagy nagy nehézségekbe ütközik, illetve valamilyen ok miatt nem kívánatos vagy nem célszerű. E definícióból az is következik, hogy a merev korlátok *nem abszolút merevek*, hiszen a valóságban nincs is olyan termelési tényező, amelynek mennyiségi változtatása teljesen lehetetlen volna. Egy részüket azonban, bár elvileg és gyakorlatilag változtathatnánk, vagy azért, mert változtatásuk nagyon nehéz, vagy nagy áldozatot igényelne, vagy más okból, esetleg éppen szubjektív okokból, nem kívánjuk változtatni.

A mezőgazdasági vállalatoknál a merev korlátok közé sorolhatjuk általában a földterület nagyságát, talajtípusok és domborzat szerinti megoszlását, egyes érvényes és várható rendelkezéseket és gazdasági szabályozókat, illetve az általuk megszabott korlátokat, esetleg a központi készletgazdálkodásba vont termelési eszközökből beszerezhető mennyiségeket — különösen centralizált gazdaságirányítási rendszerben — és a termelőszövetkezetekben általában a munkaerőt.

2. *Rugalmas korlátok*. Ebbe a csoportba sorolhatjuk azokat a terme-

lési tényezőket, amelyek változtatása nem ütközik nehézségekbe, mennyiségük viszonylag tág határok között, tetszés szerint változtatható, s amelyeket mindaddig célszerű változtatni, ameddig változtatásuk jövedelmező vagy más szempontból előnyös. Ide tartoznak a korlátlanul beszerezhető termelési eszközök, az állami gazdaságokban általában a munkaerő stb. E megfontolás azt indokolja, hogy a termelési tényezőket ugyanúgy változóként tekintjük a modellben, mint bármely termelési tevékenységet. Mint látni fogjuk, célrealisztikus modellünkben valóban ezt az elvet követjük.

A termelési tényezőknek a merev vagy a rugalmas korlátok csoportjába történő besorolása természetesen viszonylagos. Ahogyan általában a merev korlátok sem abszolút merevek, ugyanúgy a rugalmas korlátok sem abszolút rugalmasak. A rugalmasság nem jelenti azt, hogy az adott korlát értéke nullától a végtelenig változtatható, csak azt, hogy adott viszonyok és feltételek között a korlát merevsége feloldható, vagy viszonylag széles határok között tágítható. Ha például feltételezzük, hogy egy mezőgazdasági vállalatnak adott traktortípusból 10 db áll a rendelkezésére, s a termelési szerkezet bármilyen gyakorlatilag elfogadható változtatása sem emeli fel a szükségletet 20 db fölé, viszont a piaci helyzet olyan, hogy 10 db traktor bármikor beszerezhető, akkor az adott traktortípus az adott vállalat számára nem jelent termelési korlátot. (A használt és az új traktorok értékelésével kapcsolatos problémák vizsgálatától e helyütt eltekintünk.)

A modell megoldásának eredményeképpen természetesen olyan termelési szerkezethez is eljuthatunk, hogy még a meglévő 10 db traktor felhasználása sem lehetséges. Ez esetben, ha arra lehetőség van, egy részüket eladhatjuk. Előfordulhat elvileg az is, hogy e traktorok eladása is korlátozott, például csak 5 db eladása válik lehetővé, vagy legalább 5 db traktor felhasználásához esetleg ragaszkodunk. Ekkor a traktorszükségletet a modellben 5—20 db között korlátozni kell. Ez mit sem változtat a korlát rugalmasságán, hiszen az 5—20 intervallumon belül az adott traktortípus darabszáma rugalmasan változhat, s a konkrét értéket a jövedelmezőség — esetleg más — szempontjai döntik el.

Másrészt a termelési tényezők besorolása a merev vagy a rugalmas korlátok csoportjába olyan szempontból is viszonylagos, hogy adott ter-

melési tényező az egyik vállalatnál vagy egyik időszakban a merev, a másik vállalatnál vagy a másik időszakban rugalmas korlátként kezelhető.

Más szempontból a termelési tényezőket mint korlátozó tényezőket, ismét két csoportba sorolhatjuk.

1. *Abszolút korlátok.* Abszolút korlátról akkor beszélhetünk, ha valamely termelési tényező rendelkezésre álló mennyiségét abszolút értékben határozzuk meg mint korlátot. Például abszolút értékben határozzuk meg általában a rendelkezésre álló területet. Ugyancsak abszolút (természetes mértékegységben vagy pénzértékben kifejezett) korlátot írhatunk elő bizonyos anyagok felhasználására. Egy-egy termék termelésére vagy termőterületére is előírhatunk abszolút korlátot, csakúgy, mint a belső vállalati arányok vagy a külső piaci kapcsolatok biztosítására stb.

2. *Relatív korlátok.* Ha valamely adott termelési tényezőt vagy tevékenységet nem abszolút értelemben korlátozzuk, hanem a termelési és technológiai szerkezettől függő viszonylagos korlátot írunk elő, akkor relatív korlátról beszélhetünk. Ilyenek például a takarmánymérleg egyensúlyának biztosítását előíró korlátok, ahol csak azt kívánjuk meg, hogy az állattenyésztés és a takarmánytermelés (és takarmányvásárlás) között meghatározott arányt (mérlegszerűséget) kell biztosítani. De relatív korlátokat írhatunk elő általában az anyagfelhasználásra és a gépekre, az eszközökre is, ha azok korlátlan mennyiségben beszerezhetők.

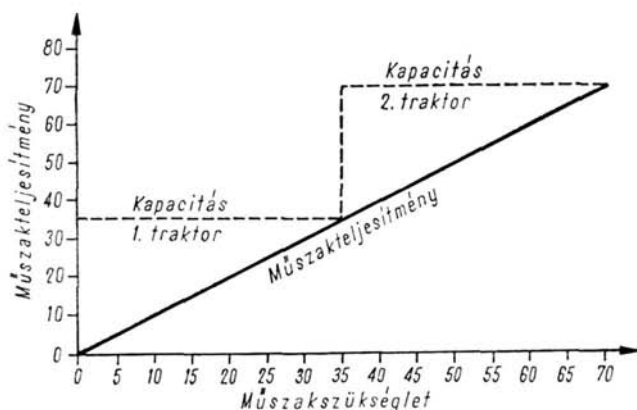
Mind az abszolút, mind a relatív korlátok lehetnek merev vagy rugalmas korlátok, illetve mind a merev, mind a rugalmas korlátok lehetnek abszolút vagy relatív korlátok.

Mint az előzőekben már láttuk, a termelési tényezők egy része folytonos mennyiségi változóként fogható fel, s adott határok között bármely (egész számú vagy tört) értéket felvehet. Így például 210 q műtrágyát elvileg éppen úgy beszerezhetünk és felhasználhatunk, mint 210,3 q-át vagy 210,32 q-át. Más termelési tényezők csak egész számú (diszkrét) értékeket vehetnek fel. Például fél vagy negyed traktor beszerzéséről nem beszélhetünk. A termeléshez azonban nem a traktor, hanem a traktor által nyújtott szolgáltatás a lényeges, amely természetesen a traktorhoz kötött. A traktor által nyújtott szolgáltatás már akár tört értéket is felvehet (pl. fél vagy negyed traktorműszak), vagyis a traktor teljesítménye már folytonos változó. De egy traktor által végezhető munkateljesítmény maximális határa adott, s adott feltételek esetén meghatározottnak tekinthe-

tő. Ezt a traktor kapacitásának nevezzük. Ezek szerint a traktor teljesítményének felhasználása folytonos, a traktor kapacitása diszkrét változó, attól függően, hogy hány darab traktor áll rendelkezésünkre.

Ha például feltételezzük, hogy egy adott időszakban (pl. hónapban, kettős vagy nyújtott műszakot is figyelembe véve) egy adott traktor maximálisan 35 műszakot teljesíthet, vagyis kapacitása 35 műszak — s ez esetben két traktornak 70 műszak, három traktornak 105 műszak a kapacitása —, akkor mindaddig, amíg a termelés szükséglete az adott időszakban 35 műszak alatt van, egy darab traktorra van szükség, de már 35—70 műszak között két darab traktort kell beállítanunk és így tovább.

A teljesítményszükséglet és a szükséges kapacitás összefüggését — az előbbi példát alapul véve — az 1. ábra szemlélteti.



1. ábra.

A traktorteljesítmény-szükséglet és a kapacitás változása

Tekintve, hogy a traktor kapacitása diszkrét, teljesítmény-felhasználása pedig folytonos változó, a kapacitás teljes kihasználása (a felhasználás és a kapacitás pontos egybeesése) csak esetleges, véletlen jelenség (még munkacsúcshónapban is), míg a kapacitás és a felhasználás (szükséglet) eltérése, egybe nem esése az általános. Az összehangolás tehát nagy problémát jelent.

Szerencsére a probléma a gyakorlatban nem vetődik fel olyan élesen,

mint elméletileg, mert egyrészt a traktorok (vagy hasonló termelési tényezők) kapacitása sem mereven meghatározott, másrészt a technológiai folyamat sem eleve meghatározott, hanem sokszor időbelileg és gépkapcsolásokkal bizonyos mértékben rugalmasan változtatható, végül az időjárás viszonylag nagy szerepe miatt bizonyos tartalékkapacitás (fél vagy negyed traktor) célszerű lehet. Ez az oka annak, hogy nem követünk el nagy hibát, ha a traktorokat vagy más gépeket, illetve azok kapacitását folytonos változóként tekintjük (ez természetesen nem mindig engedhető meg), s a modell megoldásának eredményét egész számra kerekítjük, esetleg variáncsszámítással helyesbítjük. Esetenként azonban (különösen állattenyésztési telepeknél) szükséges lehet egyes változókra diszkrét értéket előírni.

A diszkrétén változó termelési tényezőknek azonban más szempontból van jelentőségük. Ha ugyanis a termelési tényezők költségként mérülnek fel — márpedig a diszkrétén változó termelési tényezők nagy része ilyen —, akkor e költségek két csoportba sorolhatók: a költségek egy része a teljesítménnyel arányosan változó, proporcionális költség, más része a teljesítménytől független — vagy attól nagyrészt független — fix költség. Az előbbiek a felhasználással, az utóbbiak a kapacitással kapcsolatosak. Például egy traktor csak akkor fogyaszt üzemanyagot, ha üzemeltetjük, mégpedig — mondhatjuk — az üzemeltetéssel arányos mértékben. Ha azonban a traktort nem használjuk, az akkor is amortizálódik, *s a jelenlegi elszámolási rendszer szerint, az amortizációs költség a traktor felhasználásától, illetve kihasználásától független, egy időszakra (pl. 1 évre) adott, meghatározott fix költség.* (Itt eltekintünk attól, hogy tulajdonképpen az amortizációs költség is elvileg két részre bontható volna, és a gépkihhasználástól is függ.)

A teljesítmény függvényében változó költségek — amint már a 30. lábjegyzetben említettük — valójában általában nem arányosan, nem proporcionálisan változnak. Lineáris modellben azonban kényszerülünk ennek feltételezésére. Ez azt jelenti, feltételezzük, hogy adott konkrét munka elvégzése során egységnyi munkavégzés mindig ugyanannyi teljesítménytől függő költséget jelent. Például minden hektár búza learatása azonos mennyiségű üzemanyag felhasználását igényli adott típusú kombájn alkalmazása esetén. A proporcionális elnevezés tehát csak ilyen értelemben indokolt. Ha a problémát általánosan vizsgáljuk és nem a line-

áris programozás szemszögéből, célszerűbb a teljesítmény függvényében változó költségekről beszélni.

A traktorok és más, hasonló termelési tényezők költségei tehát két részre bonthatók: a teljesítménnyel (szolgáltatással) arányos, proporcionális, és a teljesítménytől (szolgáltatástól) független, kapacitáshoz kötött fix költségekre. E költségeket a célfüggvényben elkülönítve célszerű kezelni.

A fentieket is figyelembe véve, vizsgáljuk meg a mezőgazdasági vállalatok legfontosabb termelési tényezőit. A termelési tényezők között olyanok is vannak, amelyek korlátlan mennyiségben állnak rendelkezésre (egy adott vállalat szempontjából korlátlan) és nem jelentenek költséget (pl. napfény), vagy nincsenek befolyással a technológiai változatok lehetséges számára, illetve variációjára, vagy hatásuk közvetve, más termelési faktoron keresztül érvényesül. Az ilyen jellegű tényezők vizsgálatától eltekintünk, mert vizsgálatuk a matematikai modellben nem szükséges, nem lehetséges, vagy nem vezet lényeges információkhoz. Figyelmünket a továbbiakban a matematikai modellben lényeges szerepet betöltő legfontosabb termelési tényezőkre összpontosítjuk. Ide tartoznak: a föld, a munkaerő és a termelési eszközök.

A földterület

A mezőgazdasági termelés nagyrészt földhöz kötött. A földterület fizikai és biológiai állapota és domborzata hatással van az alkalmazott technológiára, az elérhető hozamokra és a ráfordítások nagyságára. A földterület nagysága, fizikai és biológiai állapota és domborzati összetétele viszont a termelés szerkezetére, a termelendő növények megválasztására és termelésük méretére, valamint — az előbbieken keresztül is — az alkalmazott termeléstehnológiák szerinti termelés méretére és összetételére van hatással.

A földterület felhasználására vonatkozó mérlegfeltételek kialakítása során figyelemmel kell lenni annak fizikai és biológiai állapot szerinti, valamint domborzat szerinti megoszlására.

A földterület elvileg merev és rugalmas korlátként is kezelhető: szocialista vállalatoknál általában gyakorlatilag merev korlátként kezeljük. Tőkés viszonyok között legtöbbször szintén merev korlátot képez, de esetenként — ha a föld eladás és vásárlás lehetősége gyakorlatilag is fennáll, s a vállalat rendelkezik is a szükséges eszközökkel — rugalmas korlát-

ként is kezelhető. Merev korlátként kezelve általában az egész vállalatra adottként, tehát abszolút korlátként célszerű a földterületet kezelni. Rugalmas korlátként kezelve, a földterületet célszerűbb relatív korlátnak tekinteni, de tekinthető abszolút korlátként is. Rugalmas és relatív korlátként a földterület folytonos változóként szerepel, amely adott határok között bármely értéket — tört értéket is — felvehet. Merev korlátként kezelve diszkrét változóként fogható fel. Ha a földterületet merev és abszolút korlátként vesszük tekintetbe és teljes felhasználását írjuk elő, akkor mint költségtenyező (pl. földadó), mind fix, mind proporcionális költségként kezelhető. Ha csak felső korlátot írunk elő a földterület felhasználására, akkor fix költségként célszerű figyelembe venni. Az utóbbi esetben lehetséges, hogy a költségeket megbontjuk proporcionális és fix költségek szerint. Különösen indokolt lehet ez, ha a földterület különböző célú felhasználása vagy fel nem használása más-más költségvonzattal jár (pl. eltérő adóteher stb.).

A munkaerő

A munkaerőt, állami vállalatok esetén, amikor a munkaerő létszáma lényegében tetszés szerint változtatható, célszerű rugalmas relatív korlátként kezelni. Ez esetben a munkaerő-költségeket helyes lehet megbontani fix és proporcionális költségek szerint. A fix költségekhez soroljuk mindazokat, amelyek a munkaerő rendelkezésre állásával függnék össze, s függetlenek attól, hogy az adott munkaerő dolgozik-e vagy sem, illetve, hogy mennyit dolgozik. Ilyen költségek lehetnek például a lakás illetve munkásszállás fenntartásával kapcsolatos költségek, az üzemi konyha fenntartási költségei stb. A proporcionális költségekhez viszont azokat soroljuk, amelyek a dolgozók által végzett munkával kapcsolatosak, illetve azzal arányosak. Ilyenek a munkabér, az SZTK-járulék stb. A kettő között lényeges különbség, hogy a *proporcionális költségek azon ágazatra terhelhetők, ahol a munkaerő tevékenységét kifejti, amíg a fix költségeket a munkaerőt igénybe vevő ágazatok között szét kell osztani a munkaerő igénybevételeének arányában.*

A munkaerővel kapcsolatban valójában egy harmadik költségtypus is megkülönböztethető, amely a munkaerő-létszámtól is lényegében függetleníthető. Ilyen például a szociális és kulturális — a munkaerő által kollektívan igénybe vett — szolgáltatás (pl. kulturház és üzemi étkezdé)

fenntartása. Ha például a kultúrház már egyszer felépült, a munkaerő-létszámtól függetlenül fennáll, s fenntartása költségként jelentkezik. E költségeket általános költségként célszerű figyelembe venni. Ugyanez a helyzet áll fenn a felépült lakások és munkásszállások egyes költségeire is.

A termelőszövetkezetekben a munkaerő létszáma általában nem változtatható tetszés szerint, ezért merev, abszolút korlátként kezelhető. A munkaerővel kapcsolatos költségeket ez esetben is célszerű lehet fix és proporcionális költségekre felosztani, ahol azonban a fix költségeket az általános költségek között szerepeltethetjük.

Termelési eszközök

Mind a termelőszövetkezeti, mind az állami vállalatok tervezésében célszerű a termelési eszközöket általában rugalmas, relatív korlátként kezelni. Ugyanis, különösen távlati tervezés során, *a termelési eszközökből rendelkezésre álló mennyiségek nem tekinthetők adottnak*, egy részük időközben amortizálódik, új eszközök beszerzése válik lehetővé és szükségessé, új pénzforrások teremődnek meg beszerzésükre. A távlati tervezés során nem lenne helyes először meghatározni a különböző termelési eszközökből felhasználható mennyiségeket, s ahhoz optimalizálni a termelési szerkezetet. *A termelési szerkezet és a termelési eszközök szükséglete között kétoldalú kapcsolat áll fenn*, s célszerű azokat összefüggésben optimalizálni. Legfeljebb a rendelkezésre álló pénzeszközök jelenthetnek korlátot a termelési eszközök beszerzésére, de összetételük e kereten belül szabadon változhat. Másrészt hitelfelvétellel a pénzügyi keretek is bővíthetők, illetve a bankbetét növelésével szűkíthetők. Ennek eldöntése azonban szintén nem lehet független a termelési szerkezettől.

A költségek kezelése szempontjából a termelési eszközöket két csoportba kell sorolni: forgóeszközökre és állóeszközökre.

A termeléshez közvetlenül felhasznált forgóeszközöket az jellemzi, hogy költségük proporcionális költségként kezelhető és a felhasználó ágazatra közvetlenül terhelhető (pl. a műtrágya költsége). Az itt felmerülő fix költségek (pl. a tárolóhelyiség költsége) főágazati vagy vállalati általános költségként tekinthetők.³⁴

³⁴ A forgóeszközök költségei egy része fix költségként foghatók fel (pl. postaköltség, villanyszámla stb.) Ezek az általános költségekben szerepelhetnek.

Az állóeszközöknél külön kell választani a fix és a proporcionális költségeket. *A proporcionális költségeket közvetlenül arra a tevékenységre lehet terhelni, amelynél felmerültek, a fix költségeket pedig az adott termelési eszközt reprezentáló változóra.* A proporcionális költségek között számoljuk el a teljesítménnyel (szolgáltatással) arányos költségeket (pl. traktor esetén az üzemanyagköltséget, a traktoros munkabérét, s ennek SZTK járulékát stb.) A fix költségek között szerepelnek az adott termelési eszköz rendelkezésére állásával kapcsolatos költségek, amelyek a felhasználástól függetlenek (pl. a traktor amortizációs költsége és javítási költsége stb.). Itt szerepeltethető az eszközlekötési járulék is.

Valójában a gépek javítási költsége nem független használatuktól, s célszerű volna annak egy részét a fix, más részét a proporcionális költségekhez sorolni. Ehhez megfelelő költségnormatívák kialakítására lenne szükség.

Egyes termelési eszközöknél lényegében — ha a javítási költségeket a fix költségek közé soroljuk — proporcionális költségek nem merülnek fel (pl. fogas, tárcsa stb.). Ilyenek általában a munkagépek. Esetleg a proporcionális költségek igen csekély mértékűek, így elhanyagolhatók. Ezek nagyobb része viszonylag kis értékű eszköz, külön változóként való reprezentálásuk nem szükséges, más eszközökhöz kapcsolódnak (meghatározott összetételben), ezért aggregáltan vehetők figyelembe.



Az előbbieket alapján *a klasszikus lineáris programozási modell legfontosabb gyengeségének tekinthető, hogy a termelési tényezőket általában merev korlátként veszi számba, s e merevség feloldása variáncszámítással vagy paraméteres programozással vagy bővítést lehetővé tevő változóknak a modellbe építésével lehetséges.* Bár ezek az eljárások a korlát merevségének feloldását lehetővé teszik, nem vezetnek reális eredményhez, mert nem teszik lehetővé a célfüggvényben a költségek reális kezelését. E probléma megoldását célrealisztikus modellünk reálisabbá teszi.

5. A klasszikus lineáris programozási modell továbbfejlesztése; célrealisztikus lineáris programozási modell

5. 1. A célrealisztikus lineáris programozási modell³⁵

Az előbbi fejezetben kimutattuk, hogy a termelési tényezők egy részét — különösen közép- vagy hosszú távú tervezés során — nem tekintjük adottnak. Viszonylag tág határok között változtatható az ipari anyagok felhasználása (műtrágya, vegyszer stb.), de pl. 3—5 év alatt a géppark is jelentősen változhat. A gépek egy része például időközben amortizálódik. Kérdés, vajon az amortizáció során felhalmozódott pénzeszközökből ugyanolyan gépet célszerű-e beszerezni vagy esetleg másfélét, illetve a fejlesztési alapot hogyan helyes felhasználni, célszerű-e beruházási hitelt felvenni, s ha igen, azt milyen gépek beszerzésére kell fordítani, vagy milyen célra kell felhasználni stb. Hosszabb távú tervezés során esetleg a jelenlegi gépek teljes elhasználódásával számolhatunk, s ennek alapján a pénzeszközök adta lehetőségek korlátai között igen sokféle összetételű géppark alakítható ki, illetve a termelési eszközök egészen különböző összetétele valósítható meg.

A klasszikus lineáris programozási modellben azonban — mint látuk — rögzített kapacitásvektorral, azaz előre meghatározott kapacitásokkal dolgozunk. Márpedig — mint arról már szó volt — nem helyes

³⁵ A rövidség kedvéért általában egyszerűen célrealisztikus modell elnevezést használunk.

egy gépparkot a termelési szerkezettől függetlenül kialakítani, illetve a termelési eszközöket és a változtatható termelési tényezőket adott összetételben és mennyiségben a termelési szerkezettől függetlenül előírni, s ehhez az — optimálisnak egyáltalán nem mondható — előíráshoz optimalizálni a termelési szerkezetet.

Elvileg —, de bizonyos korlátok között gyakorlatilag is — a vállalatvezetés úgy vetheti fel a kérdést, hogy hajlandó változtatni a gépparkot és más termelési tényezőket bármilyen mértékben, ha az jövedelmező, hajlandó a rendelkezésre álló pénzeszközöket olyan beszerzésekre fordítani, ami a magasabb jövedelem eléréséhez a legcélszerűbb, sőt lehetősége és hajlandósága van hitelfelvételre is, ha az jövedelmezőnek látszik, de kéri, hogy alapozzuk meg erre vonatkozó döntését.

E megalapozás azáltal lehetséges, ha a termelési szerkezetet és a termelési tényezők³⁶ optimumát együttesen, összefüggésükben, egyidejűleg határozzuk meg. E célból a klasszikus lineáris programozási modellt továbbfejlesztve kidolgoztam egy modellrendszert, amelyet több termelőszövetkezet távlati tervezésében gyakorlatilag is sikeresen alkalmaztunk.

Modellünket célrealisztikus modellnek nevezzük, tekintve, hogy legfontosabb, leglényegesebb tulajdonsága az, hogy a célfüggvény realisabb kialakítását biztosítja amellet, hogy lehetővé teszi a termelési szerkezet és a termelési források együttes, egymással összefüggésben történő optimalizálását. Egy új módszer vagy eljárás elnevezése mindig problémát jelent, mert nem könnyű megtalálni az azt legjobban tükröző fogalmat. A célrealisztikus elnevezést nem a nemzetközi szakirodalomból vettem, ez tőlem származik, tehát vitatható, de jobb fogalmat nem találtam az adott modell elnevezésére, ezért a továbbiakban ezt a fogalmat fogom használni.

A célrealisztikus modellben a változókra vonatkozóan a 3.1. alfejezetben kifejtett elveket alkalmazzuk, azonban további változók beépítése válik szükségessé, amelyek egy-egy változtatható termelési tényező reprezentálására szolgálnak.

Vezessük be pl. az α_j , β_j , és δ_j változókat, ahol α_j a j -edik talajtípusból igénybe vett területet, β_j a j -edik munkaerő-csoportból igénybe vett létszámot és δ_j a j -edik termelési eszközből (föld kivételével) igénybe vett

³⁶ Természetesen a termelési tényezők optimalizálása csak azon tényezőkre vonatkozik, amelyeket nmódunkban van változtatni.

menyiséget jelenti. E változók szükség szerint bonthatók, pl. jelölhetik valamely meglevő termelési eszköz felhasználását, a meglevő termelési eszközök eladását, illetve új beszerzéséből származó termelési eszköz felhasználását.³⁷ Továbbá, ha lehetőségünk van bankbetét létesítésére és bankhitel felvételére — közép- vagy hosszú távon erre általában lehetőségünk van —, akkor betéti és hitelfelvételi változó modellbe építése is szükségessé válhat, s ezek a lejáratideje (s ennek megfelelően a kamatláb magassága) szerint is megbonthatók.

A mérlegfeltételek megfogalmazása s a célfüggvény felépítése — a gazdasági szemléletmódot tekintve — lényegesen különbözik a klasszikus lineáris programozási modellel kapcsolatban elmondottaktól.

A *területmérleget* általánosan a klasszikus lineáris programozási modellben a

$$(5.1.) \quad \sum_{j=1}^n f_j x_j = F$$

formulával fogalmaztuk meg. A célrealisztikus modellben, ha lehetőségünk van a földterület tetszés szerinti változtatására (adásvételére, cseréjére stb.), akkor a

$$(5.2.) \quad \sum_{j=1}^n f_j x_j = \alpha$$

formula alkalmazható, amelyet átrendezve kapjuk a

$$(5.3.) \quad \sum_{j=1}^n f_j x_j - \alpha = 0$$

formulát, ahol az α változó (ugyanúgy, mint az x_j -k) és a területszükségletet mutatja. Konkrét értékének meghatározását a matematikai modell megoldásával kapjuk.

Az (5.2.) és az (5.3.) formulában tehát nem írtuk elő a rendelkezésre álló földterületet, csak azt, hogy a felhasználás és rendelkezésre állás egyensúlyát biztosítani kell. Itt a $\leq$ és $\geq$ relációk alkalmazásának nincs jelentősége.

³⁷ A beszerzésnél itt nem teszünk különbséget beruházási vagy forgóeszköz-beszerzés között.

Amennyiben a termelőszövetkezetben röbbféle talajtípus van, s azok mindegyikének területe tetszés szerint változtatható, az (5.2.) és az (5.3.) formulákat talajtípusonként kell megadni. Ez esetben az általános talaj-felhasználási mérleg elhagyható.

Ha a terület változtatása lehetséges, de csak korlátozott keretek között, mondjuk $[\alpha_0, \alpha^0]$ intervallumon belül, akkor az α változót korlátoznunk kell, azaz fenn kell állnia a

$$(5.4.) \quad \alpha_0 \leq \alpha \leq \alpha^0$$

feltételnek, illetve azt két mérlegfeltételre bontva, a

$$(5.5.) \quad \alpha \geq \alpha_0$$

és

$$(5.6.) \quad \alpha \leq \alpha^0$$

mérlegfeltételek modellbe építése szükséges.

A kifejtett eljárás akkor alkalmazható, ha a területfelhasználás nem jár költséggel, vagy ha a már meglevő terület felhasználása, eladása vagy új terület beszerzése esetén is azonos költségkihatással számolhatunk területegységre vonatkoztatva. Egyrészt ezek eltérése, másrészt beruházási eszközök lekötése, illetve felszabadításának figyelembevétele miatt azonban célszerűbb általában a

$$(5.7.) \quad \sum_{j=1}^n f_j x_j = F + \alpha_v - \alpha_e$$

vagy a

$$(5.8.) \quad \sum_{j=1}^n f_j x_j = \alpha_f + \alpha_v - \alpha_e$$

formulát alkalmazni, ahol

F = a jelenleg meglevő terület;

α_v = a vásárolt terület;

α_e = az eladott terület;

α_f = a meglevő területből történő felhasználás.

Az (5.7.) és (5.8.) formulákat átrendezve, kapjuk a

$$(5.9.) \quad \sum_{j=1}^n f_j x_j - \alpha_v + \alpha_e = F,$$

illetve a

$$(5.10.) \quad \sum_{j=1}^n f_j x_j - \alpha_f - \alpha_v + \alpha_e = 0$$

formulákat, és természetesen

$$(5.11.) \quad \alpha_f + \alpha_e = F.$$

Az α_f , α_v , α_e változóknál figyelembe vesszük a beruházási mérlegnél a beruházási eszközök lekötését, illetve felszabadítását, a célfüggvényben pedig a földdel kapcsolatos költségeket. Az utóbbit célszerű lehet a fix és proporcionális költségek szerint megbontani, amikor is a proporcionális költségeket a földterületet igénylő tevékenységekre, a fix költségeket pedig az α változókra terheljük.

Természetesen több talajtípus esetén az (5.9.—5.11.) feltételeket is talajtípusonként kell a modellbe építeni — ha valamennyi talajtípus területe változtatható —, s ez esetben az általános területmérleg elhagyható.

Ha több talajtípuson gazdálkodik a vállalat, de csak egy részükön van lehetőség a terület változtatására, akkor az előzőekben megfogalmazott eljárást csak azokra a talajtípusokra alkalmazzuk, amelyek területe változtatható, a többi talajra a klasszikus modellben megfogalmazott formulákat használhatjuk fel.

Szocialista viszonyok között általában nincs lehetőség a földterület tetszés szerinti változtatására s a földterület merev, abszolút korlátnak tekinthető. Ilyen esetben az (5.2.—5.11.) formulák alkalmazásának nincs jelentősége, az csak a modell terjedelmét növelné. Célszerűbb a klasszikus modell tárgyalása során kifejtett elveket alkalmazni. Az előbbieken változtak ismerete ennek ellenére szükségszerű; annak nemcsak elméleti-módszertani, de gyakorlati jelentősége is van. Egyrészt bizonyos elméleti vizsgálatok esetén célszerűen lehet alkalmazni az (5.2.—5.11.) formulákat, másrészt a nagyobb vállalatok esetén, ha azon belül a területnek az önálló egységek között történő optimális elosztását kívánjuk megalapoz-

ni, szintén alkalmazhatók az (5.2.—5.11.) formulákkal megfogalmazott feltételek. De az eljárás felhasználható olyankor is, amikor célunk annak vizsgálata, hogy a művelési ág változtatásának (pl. erdő telepítésnek) milyen gazdasági hatása van.

A *munkaerőforrás* — mint már arról szó volt — másként jelentkezik a termelőszövetkezetekben, ahol az lényegében merev, abszolút korlátként tekinthető, és másként az állami vállalatoknál. *Az állami vállalatoknál a munkaerő-létszám elvileg tetszés szerint változtatható, illetve a távlati tervezés során tetszés szerint változtathatónak tekinthető gyakorlatilag is.*³⁸ Általában az állami mezőgazdasági vállalatok (állami gazdaságok) alkalmaznak állandó munkaerőt, amelyet egész évben foglalkoztatnak, és időszakos munkaerőt is, amelyek viszont csak az év meghatározott — hosszabb-rövidebb — időszakában állnak a vállalattal munkaviszonyban. Az időszakos munkaerővel különböző időtartamokra lehet szerződést kötni aszerint, hogy számukra mikor tud a vállalat munkát biztosítani. Így pl. alkalmazhatók 8 hónapra, 6 hónapra, 3 hónapra stb. szerződötett dolgozók. Az egyes csoportokban dolgozók más-más költségigénnyel lépnek fel. Ha a proporcionális költségek azonosak is (a teljesítmény vagy órabér azonosnak vehető bármely állandó vagy időszakos csoportba tartozó dolgozó végzi is az adott munkát), a fix költségek eltérőek. Az állandó dolgozóknak ugyanis esetleg összkomfortos lakást kell adni, az időszakos dolgozók számára viszont szálláshely biztosítása is elegendő lehet a munkásszálláson, vagy esetleg még munkásszállásra sincs szükség, hanem a környező településekről kell őket naponta a gazdaságba és vissza, a lakóhelyükre szállítani.

Másrészt. *bár a termelőszövetkezetekben a munkaerő-létszám adott-ságként fogható fel a távlati tervezés során annak bizonyos változtatása is lehetséges*, illetve bizonyos korlátok között — ha szűk intervallumban is — tetszés szerint változtatható. Például az iparba áramlást vagy visszaáramlást milyen mértékben célszerű lehetővé tenni vagy ösztönözni? Elméleti vizsgálatok során is szükség lehet arra, hogy feltételezzük a

³⁸ A tetszés szerinti változtathatóság természetesen itt és máshol is, azt jelenti, hogy a termelés gyakorlatilag lehetséges bármely szerkezete esetén a munkaerő-szükséglet kielégíthető.

munkaerő tetszés szerinti változtatásának lehetőségét a termelőszövetkezeti modellben.

Ha a munkaerőt mint merev, abszolút korlátot kezeljük, akkor a klasszikus lineáris programozási modell tárgyalásánál megfogalmazott

$$(5.12.) \quad \sum_{j=1}^n a_{ij} x_j \leq b_i$$

formula alkalmazható. Az állami vállalatok modelljében, valamint az elméleti vizsgálatokkal kapcsolatos modellekben azonban célszerű a munkaerőt rugalmas, relatív korlátként kezelni.

Az (5.12.) formulában, mint ismeretes, b_i az i -edik hónapban rendelkezésre álló munkanapok mennyiségét jelenti. Márpedig, ha b'_i -vel jelöljük az i -edik hónapban az egy munkaerő által ledolgozható napok számát, és β -val a rendelkezésre álló munkaerő-létszámot, akkor

$$(5.13.) \quad b_i = b'_i \beta,$$

s ezt az (5.12.)-be helyettesítve kapjuk, hogy

$$(5.14.) \quad \sum_{j=1}^n a_{ij} x_j \leq b'_i \beta.$$

Itt β -t már változónak tekintjük, s konkrét értékét a modell megoldása útján kapjuk.

Az (5.14.)-ben tehát *nem írtuk elő merev korlátként a rendelkezésre álló munkaerő-kapacitást, csak azt, hogy a munkaerő-szükséglet nem haladhatja meg a munkaerő-kapacitást, de a munkaerő-kapacitás a termelési szerkezettel összhangban tetszés szerinti lehet.*

Az (5.14.) formulát átrendezve, kapjuk a

$$(5.15.) \quad \sum_{j=1}^n a_{ij} x_j - b'_i \beta \leq 0$$

kifejezést. Ennek beépítése a modellbe nem jelent problémát.

Az (5.14.—5.15.) formulában nem bontottuk meg a munkaerőt állandó dolgozókra és időszaki dolgozók csoportjaira. Legtöbbször felmerül azonban ennek szükségessége. Ez esetben β_j -vel jelöljük a j -edik dolgozócsoporthoz és b'_{ij} -vel a j -edik dolgozócsoporthoz az egy fő által ledol-

gozható munkanapok számát az i -edik időszakban, s ekkor a problémát a következőképpen fogalmazhatjuk meg:

$$(5.16.) \quad \sum_{j=1}^n a_{ij} x_j \leq \sum_{j=1}^n b'_{ij} \beta_j,$$

illetve átrendezve

$$(5.17.) \quad \sum_{j=1}^n a_{ij} x_j - \sum_{j=1}^n b'_{ij} \beta_j \leq 0.$$

A modell megoldásával megkapjuk a β_j értékeket, azaz hogy az egyes időszakokra hány dolgozót célszerű szerződtetni ahhoz, hogy a munkaerő-szükséglet ne haladja meg a munkaerő-kapacitást.

Természetes, ha a β_j változók nem vehetnek fel tetszés szerinti értéket, csak egy meghatározott intervallumon (pl. $[\beta_{j0}, \beta_j^0]$ belül mozoghatnak, szükséges a

$$(5.18.) \quad \beta_{j0} \leq \beta_j \leq \beta_j^0$$

feltételek modellbe építése is, amely a

$$(5.19.) \quad \beta_j \geq \beta_{j0}$$

és

$$(5.20.) \quad \beta_j \leq \beta_j^0$$

feltételek formáját ölti.

A gépeket, eszközöket és anyagokat mind az állami, mind a szövetkezeti vállalatoknál rugalmas, relatív korlátként helyes kezelni. Ezek közül az anyagokat célszerű egy mérlegfeltételben aggregálva és forintban kifejezve a modellbe beépíteni, s felülről a rendelkezésre álló pénzkerettel korlátozni. Hitelfelvételi lehetőség esetén egy hitelfelvételi változó beépítése a korlát kibővítésének lehetőségét teremti meg (természetesen a célfüggvényben annak következményeivel). Hasonlóképpen építhető be a bankbetéti változó is, ellenkező előjellel.

Nehezebb problémát jelent az állóeszközök (pl. gépek) kezelése.

A klasszikus lineáris programozási modellben a gépkorlátokat a

$$(5.21.) \quad \sum_{j=1}^n g_{ij}^h x_j^h \leq d_i^h$$

feltétellel fogalmaztuk meg. Mint ismeretes, itt a d_i^h a h -adik géptípus által i -edik hónapban ledolgozható munkanapok (műszakok) számát jelenti. Ha azonban δ_h -val jelöljük a h -adik géptípusból rendelkezésre álló darabszámot, s d_i^h azt jelöli, hogy egy darab gép a h -adik géptípusból az i -edik hónapban hány műszakot teljesíthet, akkor

$$(5.22.) \quad d_i^h = d_i'^h \delta_h,$$

amit az (5.21.) formulába behelyettesítve kapjuk, hogy

$$(5.23.) \quad \sum_{j=1}^n g_{ij}^h x_j^h \leq d_i'^h \delta_h.$$

E formulában a δ_h változó, amelynek konkrét értékét a modell megoldása útján nyerjük.

Az (5.23.)-ban tehát a rendelkezésre álló gépszámot nem írtuk elő, hanem változónak tekintettük. Követelményünk csupán annyi hogy a h -adik géptípusból rendelkezésre álló kapacitás nem lehet kevesebb, mint a szükséglet.

Természetesen az (5.23.) formulát is átrendezve építjük be a matematikai modellbe, a

$$(5.24.) \quad \sum_{j=1}^n g_{ij}^h x_j^h - d_i'^h \delta_h \leq 0$$

formában.

Ha a h -adik típusba tartozó gépek száma csak egy meghatározott $[\delta_{h0}, \delta_h^0]$ intervallumban változhat, akkor a

$$(5.25.) \quad \delta_{h0} \leq \delta_h \leq \delta_h^0,$$

illetve

$$(5.26.) \quad \delta_h \geq \delta_{h0}$$

és

$$(5.27.) \quad \delta_h \leq \delta_h^0$$

mérlegfeltételek modellbe építése is szükségessé válik.

Az állóeszközök azonban beruházási igényt támasztanak, s a beruházás lehetősége általában — még hitelfelvétel esetén is — korlátozott, ezért célszerű azokra beruházási korlátot előírni.

Tegyük fel, hogy a h -adik állóeszközből egy egység által igényelt beruházási összeget (forintban) r_h -val jelöljük és a h -adik állóeszköz igényt δ_h -val. (Itt δ_h nemcsak a gépek számát, de bármely állóeszköz számát jelentheti.) Eszerint a h -adik állóeszközből a beruházás költségigénye

$$(5.28.) \quad r_h \cdot \delta_h$$

Ha most g_{ij}^h azt jelenti, hogy a j -edik termék egységnyi termelése mekkora fajlagos kapacitást igényel az i -edik hónapban a h -adik állóeszközből, akkor a

$$(5.29.) \quad \sum_{j=1}^n g_{ij}^h x_j - d_i'^h \delta_h \leq 0$$

mellett a

$$(5.30.) \quad \sum_{h=1}^m r_h \delta_h \leq R$$

mérlegfeltételt is a modellbe kell építeni, amely szerint a beruházási igény nem lehet nagyobb, mint a beruházásra rendelkezésre álló keret. Az (5.30.) formulában R a rendelkezésre álló beruházási keret összegét szimbolizálja.

Ha az R beruházási összeg távlati tervezés esetén előre meghatározható vagy megközelítőleg megbecsülhető, de az bankbetéttel szűkíthető, vagy hitelfelvétellel bővíthető és v' a bankbetét, v'' pedig a hitelfelvétel nagyságát fejezi ki, akkor az (5.30.) formulát átalakítva kapjuk a

$$(5.31.) \quad \sum_{h=1}^m r_h \delta_h \leq R - v' + v''$$

kifejezést, amely szerint a beruházási igény nem haladhatja meg a bankbetéttel és hitelfelvétellel módosított rendelkezésre álló összeget. Itt a v'

és v'' változók, s célfüggvény koefficiensük a kamatot vagy egyéb, a hitelfelvétellel járó költségeket, illetve bankbetét létesítésével kapcsolatos nyereséget fejezik ki.

A v' és v'' változókat átrendezve, a

$$(5.32.) \quad \sum_{h=1}^m r_h \delta_h + v' - v'' \leq R$$

kifejezést nyerjük, és ha a hitelfelvétel vagy betét korlátozott, a

$$(5.33.) \quad v'_0 \leq v' \leq v'^0,$$

illetve

$$(5.34.) \quad v''_0 \leq v'' \leq v''^0$$

feltételeket, azaz az ebből képezett

$$(5.35.) \quad v' \geq v'_0$$

$$(5.36.) \quad v' \leq v'^0$$

$$(5.37.) \quad v'' \geq v''_0$$

$$(5.38.) \quad v'' \leq v''^0$$

mérlegfeltételeket építjük be a modellbe (értelemszerűen csak a szükséges feltételeket).

A beruházási mérlegfeltételek természetesen csak az új beruházásokra vonatkoznak. Ha az állóeszköz-változókat nem bontjuk meg régi és új beruházási változókra, akkor a régi beruházásokat felértékeljük, s az R -be beleszámítjuk. Ilyenkor további feltételeket is a modellbe kell építeni a különböző állóeszközökre, ami a modellt bonyolultabbá teszi.

A klasszikus lineáris programozási modellhez képest lényegesen módosul a célfüggvény.

A technológiai változatok és a talajtípusok megkülönböztetése nélkül vezessük be a következő jelöléseket:

T_j azt a számot jelenti, amely megmutatja, hogy a j -edik tevékenység egy egysége mekkora (hány forint) termelési értéket eredményez;

C_{aj} a j -edik tevékenység fajlagos anyagköltsége (műtrágya, vetőmag, vegyszer stb.), a tevékenység által igénybe vett gépek üzemanyagköltsége nélkül;

C_{aj} a j -edik tevékenység esetén felmerülő fajlagos üzemanyagköltség, amely a gépimunka-igény alapján tervezhető meg;

C_{gj}^h a h -adik állóeszköz (pl. gép) amortizációs és javítási (azaz fix) költségéből a j -edik tevékenység egységére jutó költség (esetleg kamatigény és eszközlekötés figyelembevételével);

C_{ej} a j -edik tevékenységnél felmerülő fajlagos egyéb költség;

C_{mj} a j -edik tevékenységnél felmerülő fajlagos munkabéreköltség.

A T_j értéke a termelés (vagy szolgáltatás) mennyiségének és egységárának ismeretében könnyen meghatározható. A költségeket a jelzett költségcsoportonként a technológiák kidolgozása során — viszonylag egyszerűen — meghatározzuk, kivéve a C_{gj}^h -val szimbolizált költségcsoportot.

Hogyan lehet a több tevékenység által hasznosított állóeszközök fix költségeit egységnyi tevékenységre meghatározni akkor, amikor még nem ismerjük a termelési szerkezetet? Pl. a traktorok amortizációs költségét időarányosan számoljuk el, tehát egy évre adottnak tekintjük. *Az, hogy egy műszakra mennyi amortizációs költség jut, nagymértékben függ attól, hogy az adott traktor az év során hány műszakot teljesít, ami viszont a termelési szerkezet függvénye.* Ha pl. egy traktor évi amortizációs költsége 20 000 Ft, a traktor az év során csak 100 műszakot üzemel, egy műszakra 200 Ft amortizációs költség jut. 200 műszakos teljesítménynél már csak 100 Ft, 300 műszak teljesítménynél pedig csak 66 Ft az egy műszakra jutó amortizációs költség.

A mezőgazdaságban a klasszikus lineáris programozási modellt alkalmazva átlagos (feltételezett) traktorkihasználással számolhatunk, s ennek alapján határozzuk meg az egy műszakra jutó fix költséget. Ha azonban a valóságban a gépek kihasználása jobb lesz, az egy műszakra eső fix költség is kevesebb lesz, vagyis modellünk a gépi munkát kevésbé igényelő tevékenységeknek kedvezett. Alacsonyabb kihasználás esetén a helyzet fordított. A klasszikus modellben alkalmazott célfüggvény, amelyet példánk alapján a

$$(5.39.) \quad \sum_j (T_j - C_{aj} - C_{uj} - C_{ej} - C_{mj} - \sum_h C_{gj}^h) x_j \rightarrow \max.$$

formában fogalmazhatunk meg, nem fejezi ki a reális helyzetet, mert ha a C_{gj}^h -t átlagos gépkihasználást feltételezve állapítjuk meg, a tényleges költségektől eltérő képet kapunk.

Az általunk alkalmazott célrealisztikus modellben a célfüggvény a következő (leegyszerűsített) formában adható meg:

$$(5.40.) \quad \sum_j \left(T_j - C_{aj} - C_{uj} - C_{ej} - C_{mj} - \sum_h \frac{C_{gj}^h \delta_h}{\mathbf{1}^* \mathbf{Z}^h \mathbf{x}} \cdot \mathbf{1}^* \mathbf{z}_j^h \right) x_j \rightarrow \max.$$

ahol:

$\mathbf{Z}^h$ a h -adik állóeszközre vonatkozó technológiai mátrix;

$\mathbf{z}_j^h$ a $\mathbf{Z}$ mátrix j -edik oszlopvektora;

$\mathbf{1}^*$ összegző sorvektor.

A C_{gj}^h itt ugyancsak a h -adik állóeszköznek (kihasználástól függetlenül) fix költségét szimbolizálja, de most nem a tevékenység egységre (pl. egy műszakra), hanem egységnyi állóeszközre (pl. egy traktorra) vonatkoztatva.

A fix költségeket itt nem osztottuk fel egy becsült kihasználás mellett egységnyi teljesítményre (pl. egy műszakra), hanem a felosztás követelményét a modellbe építettük be. Így a fix költségek felosztása nem a termelési szerkezettől független, hanem a termelési szerkezettel, s ennek alapján a gépek kihasználásával összefüggésben történik meg. A modell megoldása során a fix költségek felosztása minden lépésben megtörténik, s a megoldás további lépéseiben a fix költségek alakulását és az állóeszközöknek az adott lépésben történt kihasználását, s ennek alapján az egységnyi teljesítményre jutó fix költségeket mérlegeljük. Ha ugyanis $\mathbf{x}$ vektor a modell megoldása során kapott optimális termelési szerkezetet szimbolizálja, s $\mathbf{Z}^h$ mátrix a h -adik állóeszközre vonatkozó technológiai mátrix, akkor a $\mathbf{Z}^h \mathbf{x}$ szorzat egy oszlopvektort eredményez, amely az adott termelési tervben a h -adik állóeszköz-kapacitás iránti szükségletet fejezi ki az év különböző időszakaiban (pl. a h -adik gép iránti igényt havonként, műszaknapokban). A havonkénti igényt összegezve, az évi műszakszük-

ségletet kapjuk. A havi adatok összegezését itt az összegző sorvektorral balról történő szorzással szimbolizáljuk. A $\mathbf{1}^* \mathbf{Z}^h \mathbf{x}$ tehát az adott $\mathbf{x}$ vektorral szimbolizált termelési tervben a h -adik állóeszköz iránti évi összes teljesítményigényt fejezi ki.

Ha a h -adik állóeszközből az adott termelési terv szükségletét δ_h darabbal tudjuk kielégíteni, és egy darab h -adik állóeszköz C_g^h fix költséggel jár, akkor a δ_h darab fix költsége $C_g^h \cdot \delta_h$ szorzattal nyerhető.

Természetesen, ha a h -adik állóeszköz évi összes fix költségét ($C_g^h \delta_h$) osztjuk az adott állóeszköz évi összes teljesítményével ($\mathbf{1}^* \mathbf{Z}^h \mathbf{x}$), megkapjuk, hogy az adott termelési tervben tervezhető teljesítménykihasználás esetén mennyi fix költség jut egy teljesítményegységre.

Mivel a $\mathbf{z}_j^h$ vektor a $\mathbf{Z}^h$ mátrix j -edik oszlopvektora, s azt mutatja, hogy a j -edik tevékenység egy egysége a h -adik gép teljesítményéből hány egységnyi igényel (pl. hány műszak munkát igényel havonként valamely traktortípustól), a $\mathbf{z}_j^h$ vektor adatainak összegezése (balról összegző sorvektorral szorozva) a j -edik tevékenység évi igényét adja meg a h -adik géptípus teljesítménye iránt. Ezt az egy műszakra jutó fix költséggel szorozva megkapjuk, hogy a j -edik tevékenység egy egységére — az adott termelési szerkezet és az adott állóeszköz-ellátottság mellett — mennyi fix költség jut. Ez a j -edik tevékenység mennyiségével (x_j) szorozva, adja a j -edik tevékenység tervezett mennyiségére jutó fix költséget a h -adik állóeszközből. Amennyiben előzőleg h -ra összegeztünk, akkor pedig az összes állóeszköz fix költségét nyertük.

Ez esetben tehát a fix költségek kezelése reálissá válik, annak tevékenységekre történő elosztása a matematikai modell megoldása során történik. A megoldás folyamán megfelelő mérlegelés válik lehetővé a tevékenységek között. Pl. valamely állattenyésztési vagy -tartási tevékenység jövedelmezőségének eldöntésénél mérlegre kerül egyik oldalon az adott állattenyésztési tevékenységgel elérhető termelési érték, a másik oldalon pedig a takarmányvásárlás költsége, az adott állattenyésztési tevékenységre közvetlenül ráterhelhető költség, az állat eltartására tervezett saját takarmánytermelésnél felmerülő, a takarmánytermelésre közvetlenül ráterhelhető költség, valamint az, hogy mind az állattenyésztés, mind a takarmánytermelés állóeszközöket (pl. gépeket is) igényel, s ezek igénybevétele arányában viselni kell fix költségüket.

Az (5.40.) formulában nettó jövedelem típusú célfüggvényt fogalmaz-

tunk meg, amely a munkabér jellegű költségeket (C_{mj}) is tartalmazza. Ha ezt a formulából elhagyjuk, bruttó jövedelem jellegű célfüggvényt kapunk.

Az (5.40.) formula leegyszerűsíthető, ha a proporcionális költségeket összevonva egy szimbólummal jelöljük, azaz

$$(5.41.) \quad C_j^{\text{vált.}} = C_{aj} + C_{uj} + C_{ej} + C_{mj},$$

s ennek alapján a célfüggvény

$$(5.42.) \quad \sum_j \left(T_j - C_j^{\text{vált.}} - \sum_h \frac{C_g^h \delta_h}{\mathbf{I}^* \mathbf{Z}^h \mathbf{x}} \cdot \mathbf{I}^* \mathbf{z}_j^h \right) x_j,$$

ami viszont egyenértékű a

$$(5.43.) \quad \sum_j (T_j - C_j^{\text{vált.}}) x_j - \sum_h \frac{C_g^h \delta_h}{\mathbf{I}^* \mathbf{Z}^h \mathbf{x}} \cdot \mathbf{I}^* \mathbf{z}_j^h x$$

formulával, s ezt leegyszerűsítve a

$$(5.44.) \quad \sum_j (T_j - C_j^{\text{vált.}}) x_j - \sum_h C_g^h \delta_h$$

egyszerű lineáris célfüggvényekhez jutunk.

Az (5.44.)-ből következik, hogy az x_j -vel szimbolizált tevékenységek célfüggvény-koefficienseit a technológiák kidolgozása során úgy számítjuk ki, hogy a termelési értékből levonjuk mindazon költségeket, amelyek az adott tevékenységre közvetlenül ráterhelhetők (műtrágya, vegyszer, vetőmag stb.) és az állóeszközökkel kapcsolatos proporcionális (igénybevételtől függő) költségeket. Az állóeszköz, illetve szolgáltató tevékenységek (munkaerő is) célfüggvény-koefficiensei viszont az egységnyi állóeszköz (vagy pl. munkaerő) fix költségét tartalmazzák. Végeredményben tehát a bonyolult probléma a matematikai modellben igen egyszerű módon jelenik meg.

Az (5.40.—5.43.) formulák ismertetése a kérdés gazdasági hátterének megvilágítása és indokolása érdekében volt szükséges.

Ha a hitelfelvétel és a bankbetét lehetőségét is figyelembe vesszük a modellben, e tevékenységek kihatását a célfüggvényben is tükröztetni kell. Tekintve azonban, hogy egységnyi banktevékenység költségkihatása — vagy jövedelemkihatása — egyértelműen meghatározható, azt az adott

banktevékenység célfüggvény-koefficiensének kialakításakor vesszük figyelembe.

A célfüggvény eddigiekben alkalmazott megformulázásában a halmozott bruttó és halmozott nettó jövedelem maximalizálását írtuk elő. Ennek kiküszöbölése érdekében célszerűbb a célfüggvényben a termelési érték (T_j) helyett a végtermék értékét (jelöljük V_j -vel) vagy az árukibocsátás értékét (jelöljük $\hat{A}_j$ -vel) alkalmazni, azaz az (5.44.) helyett a

$$(5.45.) \quad \sum_j (V_j - C_j^{\text{vált.}}) x_j - \sum_h C_g^h \delta_h$$

vagy a

$$(5.46.) \quad \sum_j (\hat{A}_j - C_j^{\text{vált.}}) x_j - \sum_h C_g^h \delta_h$$

formulát alkalmazni. Ez lehetővé teszi a vállalaton belüli termékfelhasználásból adódó halmozódások kiküszöbölését.

Célszerűnek látszik hangsúlyozni, hogy matematikai szempontból a klasszikus és a célrealisztikus lineáris programozási modell között *nincs semmi elvi különbség*. Mindkét esetben lineáris programozási modellről van szó. Eltérő azonban — mint láttuk — a két modell *gazdasági háttere és eredménye*.

Célrealisztikus modellünkben — éppen a célfüggvény-koefficiens eltérő kezeléséből adódóan — a tevékenységek technológiáit a klasszikustól eltérő rendszerben kell kidolgozni. Ez az eltérés a technológiák kidolgozásának egyszerűsödésében és reálisabbá tételében jut kifejezésre, *jelenleg azonban a normatív adatok egy része a klasszikus technológiának megfelelően van kialakítva. Jó lenne ez utóbbi területen is előre lépni*. Véleményem szerint, egyszerűbben és biztosabban tudunk adatot adni arra nézve, hogy egy adott munkában egy műszak alatt mennyi pl. valamely gép üzemanyagköltsége, a traktoros munkabére stb. a munkateljesítmény normái alapján, s ugyanakkor megadni pl. az adott gép évi amortizációs és javítási költségét, mint megmondani, hogy általánosságban mennyi egy műszak gépmunka-költsége.

Érdemes lenne annak megoldását is előbbre vinni, hogy a javítási költségekre olyan normatívákat dolgozzunk ki, amelyek a javítási költségeket proporcionális és fix költségek szerinti megoszlásban alakítják ki.

5.2. Egyszerű példa a célrealisztikus modell alkalmazására

A célrealisztikus modell alkalmazásának szemléltetésére a továbbiakban egy egyszerű modellt mutatunk be. Legyen modellünk a következő:

6. táblázat

Egyszerű példa a célrealisztikus modellre

Megnevezés	x_1	x_2	x_3	x_4	δ_1	δ_2	Reláció	b
Terület	1	1	1	1	0	0	=	100
Gép I. 1. időszak	2	3	3	2	-20	0	=	0
Gép I. 2. időszak	4	2	1	5	-30	0	=	0
Gép II. 1. időszak	1	2	2	2	0	-20	=	0
Gép II. 2. időszak	3	1	2	4	0	-30	=	0
	1500	1300	1000	1700	-5000	-6000		max.

A modell egy olyan F nagyságú területen gazdálkodó termelőszövetkezetet reprezentál, amely az egyszerűség kedvéért csak négyféle tevékenységet folytat. Az egyszerűség kedvéért az F nagyságú területet 100%-nak vettük, illetve az x_j változókkal a terület 1%-át reprezentáltuk. Így a modell megoldásával a termelési szerkezetet (százalékos összetételt) nyerjük. Eltekintettünk a munkaerő, anyag stb. mérlegek vizsgálatától, s figyelmünket kizárólag a gépfelhasználás vizsgálatára irányítjuk. (A célrealisztikus modellben az állóeszközökkel kapcsolatos mondanivalónkat legegyszerűbben a gépekkel tudjuk reprezentálni, ezért az 5. fejezetben következetesen a gépeket vesszük példának. Az elmondottak értelemszerűen vonatkoznak a többi állóeszköze is.)

Tegyük fel, hogy a vállalat csak kétféle géptípust használ (gép I. és gép II.), s a gépfelhasználást csak két időszak szerinti bontásban vizsgáljuk, vagy csak a két csúcsidezőszakot (csúcshónapot) vesszük figyelembe. A feladatból kitűnik az egyes termékeknek az egyes géptípusok iránti fajlagos igénye a vizsgált időszakokban (műszaknapokban), valamint az is, hogy mindkét gép az első időszakban (vagy az első csúcshónap-

ban) 20, a másodikban 30 műszak teljesítésére képes. A táblázat utolsó sora a célfüggvény-koefficienseket (jövedelmet) mutatja. Az egyes termékeknel azonban csak a közvetlenül ágazatra terhelhető költségeket vettük figyelembe a jövedelemszámítás során, s eltekintettünk a gépek amortizációs és javítási költségeitől. Ez utóbbiakat azaz a fix költségeket, a gépekre terheljük. Ezek képezik — természetesen negatív előjelekkel — a gépek célfüggvény-koefficienseit. Amint a 6. táblázatból kitűnik, az első gépnek a vizsgált időszakokra — a vizsgált két csúcshónapra — vonatkoztatott amortizációs és javítási költsége 5000 Ft, a másodiké 6000 Ft.

A modellnek egy lehetséges megoldása a következő: ³⁹

Vetésszerkezet:

$$\begin{array}{r} x_1 = 30 \% \\ x_2 = 20 \% \\ x_3 = 10 \% \\ x_4 = 40 \% \\ \hline \text{Összesen: } 100 \% \end{array}$$

Géppark;

$$\begin{array}{l} \delta_1 = 13 \text{ db} \\ \delta_2 = 10 \text{ db} \end{array}$$

Ez esetben a célfüggvény 24 000 Ft.

A fenti termelési szerkezet gépmérlege a következőket mutatja:

Az első gép iránti igény az első időszakban (vagy csúcshónapban) 230 műszaknap. 13 db gép esetén rendelkezésre áll 260 műszaknap, felesleg 30 műszaknap, a második időszakban (csúcshónapban) a szükséglet 370 munkanap, rendelkezésre áll 390 műszaknap, felesleg 20 munkanap.

A második gép iránt az első időszakban a szükséglet 170 műszaknap, rendelkezésre áll 10 gép esetén 200 műszaknap, felesleg 30 műszaknap, a második időszakban pedig szükséges 290 műszaknap, rendelkezésre áll 300 műszaknap, felesleg 10 műszaknap.

A taláalomra összeállított termelési szerkezet tehát 13, illetve 10 gépet igényel. A gépeket az egyik időszakban sem használjuk ki teljesen, s a jövedelem 24 000 Ft.

³⁹ Itt egy taláalomra kiválasztott termelési szerkezetről van szó.

Ha a modellből a gépváltozókat (δ_1 és δ_2) kiiktatjuk, s a modellt az előbbi logikai megoldásban szereplő 13, illetve 10 gépre megoldjuk (korlátként a 260, 390, 200 és 300 műszakokat a **b** vektorba építve), a következő termelési szerkezetet kapjuk:

$$x_2 = 36,70\%$$

$$x_4 = 63,30\%$$

A célfüggvény ebben az esetben az előbbi 24 000 Ft-tal szemben 30 320 Ft, tehát a hagyományos tervhez képest a lineáris programozás 6320 Ft többletjövedelmet irányoz elő. Itt azonban a gépek amortizációs költségeitől a célfüggvényben eltekintettünk, illetve e költségeket általános költségként kezeltük, s nem építettük be a modellbe. A gépmérleg a következőképpen alakult:

	Szükséglet, műszak	Rendelkezésre álló műszak	Felesleges műszak
Gép I. 1. időszak	236,7	260	23,3
Gép I. 2. időszak	389,9	390	0,1
Gép II. 1. időszak	200,0	200	0
Gép II. 2. időszak	289,9	300	10,1

Az előbbieken ismertett megoldások során a gépek fix költségeit tehát általános költségként kezeltük.⁴⁰ A célfüggvény értékét az alábbi módon számítottuk ki:

Az első változatban:

$$30 \cdot 1500 + 20 \cdot 1300 + 10 \cdot 1000 + 40 \cdot 1700 - 13 \cdot 5000 - 10 \cdot 6000 = \\ = 45\,000 + 26\,000 + 10\,000 + 68\,000 - 65\,000 - 60\,000 = 149\,000 - \\ - 125\,000 = 24\,000 \text{ Ft}$$

A második változatban:

$$36,7 \cdot 1300 + 63,3 \cdot 1700 - 13 \cdot 5000 - 10 \cdot 6000 = 47\,710 + 107\,610 - \\ - 65\,000 - 60\,000 = 155\,320 - 125\,000 = 30\,320 \text{ Ft.}$$

⁴⁰ Ilyen megoldást javasolt Dobos Károly a II. Országos Agrárgazdasági Konferencián (Debrecen, 1971. december) elhangzott korreferátumában. (Kézirat)

A klasszikus lineáris programozási modell alkalmazásakor a termékek jövedelméből levontuk az I műszak gépi munkára eső becsült fix (pl. amortizációs) költséget. Ha feltételezzük, hogy a vizsgált időszakban az I. gép 50 műszakot dolgozik, akkor 1 műszak amortizációs költsége 100 Ft lesz. Ugyanez 50 műszakkal számolva a gép II.-nél 120 Ft. Az első termékre tehát rá kell terhelni $6 \cdot 100 + 4 \cdot 120 = 1080$ Ft költséget, s ezt az 1500 Ft-ból levonva, az első termékhez 420 Ft jövedelem tartozik.

Hasonló módon minden termékre elvégezve a számítást, az első termék 420 Ft, a második 440 Ft, a harmadik 120 Ft, a negyedik 280 Ft cél-függvény-koefficienset kap a modellben. E koefficiensekkel a számítást a klasszikus lineáris programozási modell alkalmazásával elvégezve, a következő termelési szerkezetet kapjuk:

$$x_1 = 40 \%$$

$$x_2 = 60 \%$$

A gépimunka-mérlegek a következőképpen alakulnak:

	Szükséglet, műszak	Rendelkezésre álló műszak	Felesleges műszak
Gép I. 1. időszak	260	260	0
Gép I. 2. időszak	280	390	110
Gép II. 1. időszak	160	200	40
Gép II. 2. időszak	180	300	120

A megoldásból kitűnik, hogy amíg az előző termelési szerkezetben mindkét gép teljes kapacitását kihasználtuk legalább az egyik időszakban, most a gép II.-t egyik időszakban sem használtuk ki teljesen. A megoldás tehát „géptakarékosabb”, mint az előző volt.

A modell megoldásaként kapott termelési terv 43 200 Ft jövedelmet irányoz elő. Ez azonban nem tükrözi a valóságot. Ez a termelési szerkezet a gép I.-nél ugyanis csak 540 műszakot vesz igénybe, így csak $540 \cdot 100 = 54\,000$ Ft amortizációs költséggel számol, pedig a 13 gép amortizációs költsége 65 000 Ft. Egy gép évi teljesítménye itt az 50 műszakkapacitással szemben csak $540:13 = 41,3$ műszak, így egy műszakra nem 100 Ft, hanem 121 Ft amortizációs költség jut.

Hasonlóképpen a gép II. esetében csak 340 műszakot veszünk igénybe a teljesíthető 500 műszak helyett, így csak $340 \cdot 120 = 40\,800$ Ft amortizációval számolunk a 60 000 Ft helyett. A gép II-nél az 1 műszakra jutó amortizációs költség 120 Ft helyett valójában 176,5 Ft.

Ha a valóságnak megfelelően kívánjuk a jövedelmet kiszámítani, akkor úgy kalkulálhatunk, hogy az első termék, csak a közvetlen költségeket számolva, $1500 \cdot 40 = 60\,000$ Ft, a második pedig $1300 \cdot 60 = 78\,000$ Ft jövedelmet ad, azaz csak a közvetlen költségeket véve figyelembe, a jövedelem 138 000 Ft. Ebből azonban le kell vonni még a felmerülő „fix költségeket, ami a

$$\begin{array}{rcl} 13 \text{ db gép I-re } 5000 \cdot 13 & = & 65\,000 \text{ Ft és a} \\ 10 \text{ db gép II-re } 6000 \cdot 10 & = & 60\,000 \text{ Ft, azaz} \\ \text{Összesen} & & \underline{125\,000 \text{ Ft,}} \end{array}$$

marad tehát 13 000 Ft jövedelem. Igaz, a gép II-ből 1 1/3 traktor teljesen felesleges. Ha ezt eladnánk, a fix költség 8000 Ft-tal csökkenthető, így a jövedelem 21 000 Ft-ra emelhető.⁴¹

Az eredmény igen meglepő és elgondolkoztató. *A klasszikus lineáris programozási modellt alkalmazva rosszabb eredményt kaptunk, mint amikor találmányra választottuk ki a termelési szerkezetet. A hibát a gépek fix költségeinek helytelen számításba vétele okozta. A fix költségeknek a Dobos Károly által javasolt kezelése előrelépést jelent,*⁴² bár a problémát megnyugtatóan nem oldja meg.

Most oldjuk meg a modellt az eredetileg megfogalmazott formában — a célrealisztikus modell szerint — tehát úgy, hogy a gépeket változóként tekintjük, s a proporcionális költségeket és fix költségeket külön választjuk, a proporcionális költségeket a termelési tevékenységekre, a fix költségeket pedig a gépekre terheljük (6. táblázat). A következő eredményt kapjuk:⁴³

⁴¹ A pontosabb számítás érdekében most 1/3 traktor eladását is lehetségesnek tartjuk.

⁴² Lásd a 40. lábjegyzetben.

⁴³ A gépek tört értékével itt is csak a pontosság kedvéért számolunk. Valójában itt az egészszámú programozás igénye vetődik fel.

$$x_1 = 71,43 \%$$

$$x_2 = 28,57 \%$$

$$\delta_1 = 11,43 \text{ db}$$

$$\delta_2 = 8,10 \text{ db}$$

a célfüggvény 38 571 Ft.

A megoldás vizsgálatából azonnal szembe tűnik, hogy a gépszükséglet csökkent, és a jövedelem nagymértékben emelkedett. A gépmérlegeket összeállítva, a következő eredményre jutunk:

	Szükséglet műszak	Rendelkezésre álló műszak	Felesleges műszak
Gép I. 1. időszak	228,6	228,6	0
Gép I. 2. időszak	342,9	342,9	0
Gép II. 1. időszak	128,6	162,0	33,4
Gép II. 2. időszak	242,9	243,0	0,1

A gépmérlegek elemzése azt is mutatja, hogy *a modellben a géptakarékosagra való törekvés azáltal is érvényesül, hogy a gépek jobb kihasználását valósítjuk meg.*

Érdekes megfigyelni, hogy a gép I. iránti gépmunka-szükséglet az adott termelési szerkezetben évi $228,6 + 342,9 = 571,5$ műszak. Ezt 11,43 gép teljesíti, azaz egy gépre pontosan 50 műszak gépi munka jut. Tehát a gép teljes kapacitását kihasználjuk, vagyis valóban 100 Ft lesz az egy műszakra jutó amortizációs költség. A gép II. iránt $128,6 + 242,9 = 371,5$ a műszakigény, s 8,1 géppel számolva, egy gépre 45,7 műszakteljesítmény jut, és az egy műszak amortizációs költsége $6000:45,7 = 131,30$ Ft. Ez sokkal közelebb áll az átlagos (120 Ft) normatívához, mint az előbbi modell alapján kapott 176,50 Ft.

E számítások azt mutatják, hogy *ha a gépi munka egy műszakjára jutó amortizációs költséget nem időarányosan számolnánk el, hanem teljesítmény-arányosan, a célrealisztikus lineáris programozási modell még akkor is kevésbé torzít, mint a klasszikus lineáris programozási modell.*

Ha az utóbbi modell eredményét úgy számítanánk ki, hogy egy gépi műszakra 100 Ft, illetve 120 Ft amortizációs költséget számolnánk, akkor az adott tervváltozat 38 536 Ft jövedelem elérésének lehetőségét adná.

Érdemes most a négyféle tervváltozatot egymás mellett összehasonlítani.

7. táblázat

A négyféle tervváltozat összehasonlítása

Megnevezés	I.	II.	III.	IV.
	tervváltozat			
x_1	30	0	40	71,43
x_2	20	36,7	60	28,57
x_3	10	0	0	0
x_4	40	63,3	0	0
δ_1	13	13	13	11,43
δ_2	10	10	8,67	8,10
Jövedelem, Ft	24 000	30 333	21 000	38 571
Jövedelem 100, illetve 120 Ft műszakköltséggel számolva			43 200	38 536

A 7. táblázatból — ahol a III. és IV. tervváltozatoknál azt a célfüggvényértéket is közöljük, amelyet úgy kaptunk, hogy a gép I.-nél 100 Ft, a gép II.-nél 120 Ft amortizációs költséget számoltunk egy műszakra — kitűnik, hogy a klasszikus matematikai modell (III. változat) igen magas jövedelemmel kecsegtet, pedig valójában a legkisebb jövedelem elérését teszi lehetővé. Alkalmazása csak olyan elszámolási rendszerben volna célszerű, amelyben a gépek amortizációját nem évekre, hanem műszakteljesítésre vagy teljesítményre számolják. (Elvileg elképzelhető, hogy a gép beszerzésekor egy eszmei teljesítményt írunk elő, s annak alapján az amortizációt teljesítményegységre határozzuk meg. Gyakorlatilag azonban ez az út aligha járható.) Az amortizáció időarányos elszámolása esetén viszont (ahogy ez jelenleg történik) a klasszikus programozási modell nagyon is félrevezető.

Érdekes, hogy valamennyi tervváltozatban más termelési szerkezetet kapunk. Még a III. és a IV. változat is — amely ugyanazon két termék termelését irányozza elő — homlokegyenest eltérő arányokat javasol.

Példánk egyszerű adatokra épül ugyan, de nagyon alkalmas arra, hogy összehasonlítást tegyünk a különböző módokon felépített modellek alkalmazásának eredményessége között. Ez az egyszerű feladat — de gyakorlati tapasztalataink is — nagyon jól bizonyítják célrealisztikus modellünk gyakorlati alkalmazásának előnyeit és szükségességét. A gyakorlati tervezés során a különböző tervezési módszerekkel készített tervek több millió forintos jövedelemkülönbségeket mutatnak.

6. A célrealisztikus lineáris programozási modell gyakorlati alkalmazása

1970-ben és 1971-ben 9 termelőszövetkezet középtávú tervének készítése során alkalmaztuk az általam kidolgozott célrealisztikus lineáris programozási modellt. Ugyancsak felhasználtuk a modellt egy 6 termelőszövetkezetet magában foglaló város és a 40 termelőszövetkezetet magában foglaló Szabolcs-Szatmár megyei árvíz sújtotta terület fejlesztési tervének megalapozására. A gyakorlati tapasztalat azt mutatta, hogy modellünk eredményesen alkalmazható, lehetővé teszi a távlati vagy középtávú tervezés lineáris programozással történő megalapozását.

A lineáris programozásnak a vállalati tervezésben történő alkalmazása során nem lényegtelen az idő-, a munka- és a költség szükséglet. Túl hosszú időt, sok munkát és költséget igénylő tervezési módszer esetén nem tarthatunk igényt annak széles körű gyakorlati alkalmazására, ezért törekedtünk arra, hogy modelljeink — anélkül, hogy ez a megoldás eredményét torzítaná — viszonylag kisméretűek, rövid idő alatt, aránylag kevés munkával összeállíthatók és kis költséggel, több változatban megoldhatók legyenek.

A matematikai modell méretének csökkentésére a következő eljárások alkalmazására volt lehetőség:

a) *A változókat — ahol azok az eredményt feltehetően nem befolyásolták — aggregáltuk.* Például, ha bizonyos termékek termelését csak egy-

féle technológiai változattal tettük lehetővé, s a termelés méretét eleve előírtuk, akkor ezeket a változókat egy „vegyes” változóba aggregáltuk. Általában a gyümölcsösöket, esetenként egy-egy állatfajt, a rét- és legelőgazdálkodást stb., ilyenformán egyetlen változóba tudtuk összevonni.

b) *A számítógépre készített modell csak a megítélésünk szerint leg-szükségesebb mérlegfeltételeket tartalmazta.* Egy-egy vállalatra összeállított matematikai modellünk általában elég nagyra sikerült. Különösen nagyszámú mérlegfeltételt kellett figyelembe vennünk. Ebből azonban egy viszonylag kis méretű modellt sikerült összeállítani azáltal, hogy *elhagytunk minden olyan mérlegfeltételt, ami — megítélésünk szerint — nem befolyásolta a megoldás eredményét.* Így például a munkaerőre és a gépekre vonatkozóan csak néhány mérlegfeltételt hagytunk a modellben, azokra az időszakokra, amelyek esetleg csúcsidezőszakok lehetnek. Azokat az időszakokat (pl. január, február stb.), amelyekről biztosan tudtuk, hogy nem lehetnek csúcsidezőszakok, a modellből elhagytuk, hiszen azok a modell méretét csak növelik, de az eredmény kialakításában nem játszanak szerepet. Hasonlóképpen mérlegeltünk más feltételeket is.

c) *Mérsékelt célt tűztünk ki a termelés-technológiai változatok számát illetően is.* Általában a növénytermelésben termékenként 8—12 technológiai változatot különböztettünk meg talajtípus, öntözött vagy száraz termelés és a gépesítés foka szerint.⁴⁴ A rét- és a legelőgazdálkodást, a szőlő- és gyümölcstermelést általában adottságként kellett tekintenünk, így lehetőség volt azok aggregálására. Az állattenyésztésben fajonként 1—4 változó beépítésére volt szükség.

d) *A területet és esetenként a munkaerő-ellátottságot is adottságként tekintettük és merev korlátként építettük a modellbe. A gépfeltételeket viszont rugalmas korlátként kezeltük,* azonban a modell egyszerűsítése céljából a következőképpen jártunk el.

A speciális, kizárólag egy tevékenység vagy tevékenységcsoport által

⁴⁴ Természetesen nem volt szükség arra, hogy minden növény esetében 8—12 technológiai változatot különböztessünk meg. Pl. esetenként csak száraz technológiai változatokat kellett kidolgozni vagy esetleg csak egy száraz változatot.

használt gépeket és épületeket, az adott tevékenységgel aggregálva terveztük meg. Ezek tehát nem jelentettek külön változót.⁴⁵

A több tevékenység által használt nagyobb értékű gépeket külön változóként építettük a modellbe. A célfüggvény-koeficiens e változóknál az adott gép fix költsége. A több tevékenység által használt kisgépeket nem láttuk célszerűnek külön változóval reprezentálni, mert ez a modell méretét nagymértékben tágította volna. E gépeket (munkagépeket) az erőgépekkel aggregálva vettük figyelembe. Eszerint pl. a traktorokat a hozzájuk tartozó munkagépekkel egy változóban aggregáltuk.⁴⁶

A modellt azáltal is egyszerűsíteni tudtuk, hogy nem rögzítettük a terv megvalósításának időpontját. Ez, többek között lehetővé tette a beruházási korlátok, betéti és hitelfelvételi változók figyelmen kívül hagyását. Egyrészt feltételeztük, hogy a számológép használatával készített tervváltozatok közül olyant választunk ki megvalósításra, amely a beruházási igény szempontjából is ésszerűnek látszik, másrészt a beruházás szempontjából ésszerű változatnak olyan változatot tekintettünk, amely 3–6 éven belül megvalósítható. Végül feltételeztük, hogy ha hitelfelvételre van lehetőség, és azt célszerű igénybe venni, akkor közelebbi, ellenkező esetben távolabbi lehet a megvalósítás ideje, ahogyan azt a saját beruházási forrás lehetővé teszi.

Véleményünk szerint e megoldás célszerűnek látszik nemcsak azért, mert a modellt egyszerűvé teszi és mérete is kisebb lesz, hanem azért is, mert ha előre kitűzzük a megvalósítás pontos idejét, és rögzítjük a beruházási keretet, azzal jelentős mértékig behatároljuk a lehetséges tervváltozatot, pedig *előfordulhat, hogy egy-két évvel későbbre téve vagy korábban hozva a terv megvalósításának időpontját, jobb tervet valósíthatunk meg.* Lényegében tehát az időtényezőt is rugalmas korlátként kezeltük. Nem adtuk meg a terv megvalósításának ütemezését sem. Ugyanis ennek matematikai programozással történő megalapozása dinamikus modellt, vagy

⁴⁵ Ez az egyszerűsítés valójában nem jelentett nagy hibalehetőséget, illetve a hiba — a termékorkorlát célszerű előírásával és változtatásával — utólagos kerekítéssel és nyújtott műszak tervezésével minimálisra csökkenhető.

⁴⁶ Más a helyzet abban a már említett esetben, amikor a technológia tervezését is a matematikai programozás segítségével hajtjuk végre, egyidejűleg a termelési szerkezet és a termelési források optimalizálásával. Ezzel kapcsolatos kísérleteink folyamatban vannak.

legalábbis statikus modell sorozatot tett volna szükségessé, jelentősen megnövelve a tervezés költségét. Márpedig *a terv megvalósításának üteme az egyes évek eredményétől is függ.* Célszerűbbnek tartottuk azt, hogy a megvalósítás ütemezése az éves tervekben nyerjen kifejezést. Ez az időtényező rugalmas kezelésével is összhangban van.

E helyütt nem lehet célunk, hogy az elkészített terveket dokumentáljuk, hiszen az a könyv terjedelmét nagymértékben növelné, ezért csak néhány érdeklődésre számot tartó kérdés ismertetésére szorítkozunk.⁴⁷

Első tervünk egy 10 641 kh-s gazdaságra készült. A tervezést 1969-ben kezdtük el, tehát bázisévként az 1968. évet tekintettük. A művelési ágak változtatására a termelőszövetkezetnek határozott elképzelése volt (8. táblázat.)

8. táblázat

Művelési ág változási terve

Sorszám	Megnevezés	Terület			
		kat. hold		megoszlása, %	
		1968.	távlati	1968.	távlati
1.	Szántó	8 463	8 421	79,53	79,14
	Ebből cellulóznymar-terület	500	500	4,70	4,70
2.	Szőlő	194	194	1,82	1,82
3.	Gyümölcsös	332	285	3,12	2,68
4.	Rét	408	408	3,83	3,83
5.	Legelő	601	440	5,65	4,14
6.	Zártkert	434	434	4,08	4,08
7.	Mezőgazdaságilag művelt terület	10 432	10 182	98,03	95,69
8.	Erdő	18	18	0,17	0,17
9.	Nádas	41	41	0,39	0,39
10.	Víztároló	—	250	—	2,34
11.	FANET	150	150	1,41	1,41
	Összesen:	10 641	10 641	100,00	100,00

⁴⁷ A tervek megtalálhatók a Debreceni Agrártudományi Egyetem Üzemtani Tanszékének irattárában.

Megnevezés		Őszi búza	Kukorica, száraz	Kukorica, öntözött	Napra- forgó	Cukorrépa, száraz I.	Cukorrépa, száraz II.	Cukorrépa, öntözött I.
		x_1	x_2	x_3	x_4	x_5	x_6	x_7
Gépi beruházás,	Ft	0	0	0	0	0	0	0
Munkaerő,	fő	0	0	0	0	0	0	0
Kézi munka	V.	0	104,76	104,76	333,33	1742,50	1742,50	1742,50
	VI.	0	5,88	207,70	205,88	520,00	520,00	603,46
	VII.	140,68	1,75	1,75	0	215,85	215,85	340,86
	VIII.	17,00	7,52	13,76	3,76	34,27	34,27	139,15
	IX.	23,42	50,17	62,18	370,60	917,51	221,75	1040,88
	X.	34,10	124,23	151,78	22,47	917,51	221,75	1040,88
Gépi munka I.	IV.	5,00	0	0	5,00	31,67	31,67	31,67
	V.	0	0	0	0	30,00	30,00	30,00
	VI.	0	0	0	0	15,00	15,00	15,00
	VII.	0	0	0	0	0	0	0
	VIII.	0	0	0	0	0	0	0
Gépi munka II.	IV.	6,01	20,26	21,09	14,39	13,97	13,97	13,97
	V.	0	4,76	4,76	0	1,25	1,25	1,25
	VI.	0	5,88	6,28	5,88	0	0	1,23
	VII.	39,25	0	0	0	2,50	2,50	3,84
	VIII.	5,25	1,88	3,44	0,94	8,89	8,89	10,54
	IX.	11,82	15,95	20,07	36,15	112,17	111,25	153,89
	X.	17,75	34,68	43,14	4,03	112,17	111,25	153,89
Gépi munka III.	III.	0	2,50	2,50	2,50	2,50	2,50	2,56
	IV.	0	0	0	0	0	0	0
	V.	0	0	0	0	0	0	0
	VII.	1,17	1,75	1,75	0	5,85	5,85	5,85
	VIII.	0	0	0	0	13,16	13,16	13,16
	IX.	4,81	0,45	0,60	0	1,00	3,00	0
	X.	4,81	13,16	13,16	13,16	1,00	3,00	0
Kombájn	VII.	8,33	0	0	0	0	0	0
	IX.	0	3,57	3,57	10,00	0	0	0
	X.	0	10,71	10,71	0	0	0	0
Öntözőgép-igény	V.	0	0	0	0	0	0	0
	VI.	0	0	50,00	0	0	0	20,00
	VII.	0	0	0	0	0	0	30,00
	VIII.	0	0	0	0	0	0	25,00
Keményítőérték, alsó korlát		0	-1898,00	-2531,00	0	0	0	0
Fehérje, alsó korlát		0	-178,00	-237,00	0	0	0	0
Abrak, alsó korlát		0	-2400,00	-3200,00	0	0	0	0
Középkötött talaj		1	1	1	1	1	1	1
Bruttó jövedelem, 1000 Ft		324,78	-176,49	-244,83	566,21	863,38	825,40	1200,44
Nettó jövedelem, 1000 Ft		301,04	-207,47	-297,88	480,15	475,81	557,45	762,63

A termelőszövetkezet háromféle talajon (homok, középkötött-kötött és láp) gazdálkodik. A technológiákat e három talajtípust megkülönböztetve dolgoztuk ki. Tekintve, hogy a homoktalajon csak 247 kh szántóterülete volt a gazdaságnak, erre rögzített termelési szerkezetet adtunk meg. Ezt az is indokolta, hogy a termelőszövetkezet a 60 kh homoktalajon mindenképpen dohányt kívánt termelni, a fennmaradó 187 kh-on pedig 127 kh búza és 60 kh kukorica termelését irányozta elő.

A termelés időszaka alatt készült a termelőszövetkezetre egy meliorációs terv, amely akkor még víztárolók építésével és öntözési lehetőség megteremtésével számolt. Ennek megfelelően a középtávú tervezés során az öntözési lehetőséget, s a tervezett vízkapacitást figyelembe véve dolgoztunk.

Nincs lehetőségünk arra, hogy a 96 ismeretlent, 160 feltételt és két célfüggvényt tartalmazó modellt e helyütt részletesen ismertessük, s ez nem is volna ésszerű, hiszen a nagyméretű táblázat és annak szöveges magyarázata elég nagy terjedelmet igényelne. Ehelyett egy nagyon leszűkített részmodellt adunk közre, inkább csak illusztrációként.

A 9. táblázatban bemutatott részmodell a teljes modellnek *csak a középkötött talajtípusra* vonatkozó szakaszát tartalmazza, vagyis a modellnek a homok és a láp talajra vonatkozó részét elhagytuk. Ugyancsak elhagytuk a modellnek a gyümölcstermelésre vonatkozó részét, a háztáji gazdasággal kapcsolatos részét és az egyéb tevékenységekre vonatkozó részét. Egyszerűsített részmodellünkben csak 29 *változót* tüntettünk fel. Az őszi búza csak egy, a kukorica két (száraz és öntözött), a cukorrépa például négyféle (száraz és öntözött s mindkettő kétféle gépesítés szerint) technológiával szerepel a modellben. Az állattenyésztési ágazatokat és a fontosabb gépváltozókat, valamint a munkaerő-változókat szintén szerepeltetjük a részmodellben. A sertéstartásban a két változat között a különbség abban van, hogy kevesebb vagy több vásárolt takarmány felhasználását tervezzük. E részmodellből is kitűnik, hogy mind a munkaerőt, mind a gépeket változóként kezeltük, s a modell megoldása során nyerjük azt, hogy hány fő munkaerőre illetve a különböző gépekből hány darabra lesz szükség.

A 9. táblázatban bemutatott részmodellben 38 *feltételt* szerepeltetünk. Az első feltétel a gépberuházást korlátozza. A gépváltozók oszlopaiban az adott gép beruházási igényét találjuk (erőgép és a hozzá tartozó munka-

gépek), s a feltétel jobb oldalára b_1 -et írtunk. Valójában itt egy beruházási összeg szerepelt, amely a meglevő gépek beruházási értéke (újkori értéken számolva) volt, illetve később ezt bővítettük további beruházási lehetőségekkel. A modellt többször megoldva tehát a gépberuházás értékét változtattuk. A második feltétel a munkaerő-létszám korlátozását teszi lehetővé. Az erre vonatkozó adatokat is többször változtattuk.

A 3—8. feltételek a munkaerőmérleget tartalmazzák V—X. hónapig. (A XI—IV. hónapokban ugyanis nem lehetséges munkacsúcs.) A munkaerőmérlegek azt írják elő, hogy a munkaerő-szükséglet nem haladhatja meg a munkaerő-kapacitást, A munkaerő-változó adataiból leolvasható, hogy egy dolgozó havonta 22—24 munkanapot dolgozhat le. Hasonlóképpen jártunk el a gépmérlegek esetében (9—34. feltételek), amelyeknél szintén csak a fontosabb időszakokat tüntettük fel.

A 35—37. feltételek a takarmánymérlegeket írják elő. Ezeknek szintén csak egy részét (keményítő, fehérje, abrak alsó korlátot) tüntettük fel a bemutatott részmodellben. Ezekre felső korlátot, valamint a szárazanyagra, a szálás takarmányokra, a zöld- és lédús takarmányokra alsó és felső korlátot értelemszerűen lehet a modellbe beépíteni, mint ahogyan az általunk alkalmazott teljes modellben ezek szintén megtalálhatók.

Végül a 38. feltétel a területmérleget írja elő 2750 kh-ra. (A technológiák 100 kh-ra vonatkoznak, s a területmérleget 100-zal egyszerűsítve adtuk meg.)

Az utolsó sorokban a két célfüggvényt találjuk. Az első a bruttó, a második a nettó jövedelem szemléletű célfüggvény. A célfüggvényeket (5.45), illetve az (5.46.) szerint képeztük.

Természetesen a teljes modellben a különböző termékekre alsó és felső korlátokat is előírtunk, illetve több más feltételt is beépítettünk a modellbe.

A modellt a két célfüggvénnyel (bruttó és nettó jövedelem) 20-szor oldottuk meg, 13-szor a bruttó, 7-szer a nettó jövedelmi célfüggvénnyel, módosítva közben a modell feltételrendszerét és korlátait az előző megoldás eredményének és a kapott árnyékáraknak az elemzése alapján. Minden gépi számításnál kiírtattuk az utolsó tíz iterációt, így összesen 200 tervvázlat állt rendelkezésünkre. Ezeket szelektálva 13 olyan tervváltozathoz jutottunk, amelyeket az adott termelőszövetkezetben megvalósít-

hatónak tartottunk. A termelőszövetkezet vezetősége az előterjesztett 13 tervváltozatból *két változatot* választott ki, kérve részletes kidolgozását. Választását azzal indokolta, hogy a szarvasmarha-tenyésztésre vonatkozólag az lenne az elképzelésük, hogy 800 tehénre és szaporulatára egy modern szarvasmarhatelepet kívánnának építeni, vagy ha az nem célszerű, akkor a jelenlegi telepet 300-ról 500-as tehénlétszámmra és szaporulatára bővítik. E két változat lehetőségét a modellbe beépítettük. Megjegyezzük, hogy a sertés- és lóállományt egyenlőséggel építettük a modellbe. A sertés esetében az egyenletet néhány számítás során elhagytuk. A juhállományt 1500 anyaállományban alulról korlátoztuk.

A termelőszövetkezet vezetősége által részletes kidolgozásra kért két tervváltozat közül tehát az egyik 500, a másik 800 tehén és szaporulatát ellátó szarvasmarhatelepet irányzott elő. A két változatban a bruttó jövedelem közel azonos volt. Így a nagyobb beruházás megvalósítása csak akkor látszott célszerűnek, ha a tsz kedvező beruházási feltételekhez jutna, vagy ha a szarvasmarha szempontjából az árak a jövőben kedvezően alakulnának. Miután ezt lehetségesnek tartották (és azóta be is következett), a két változatot akkor úgy kezelték, hogy később döntenek arról, melyiket fogják megvalósítani.

Más probléma is felmerült. Eredetileg ugyanis azzal számoltunk, hogy öntözési lehetősége lesz a termelőszövetkezetnek, utóbb azonban az öntözővíz biztosításának lehetősége kérdésessé vált. Ez szükségessé tette, hogy az öntözési korlátot a minimális (azóta is meglevő) értékre változtatva, újabb tervváltozatokat állítsunk össze. A modellt ennek megfelelően módosítva, újabb tervváltozatokat terjesztettünk a szövetkezet vezetése elé, amelyek csak a jelenleg is (folyóvízből) öntözött kis terület öntözésével számolnak. E változatok közül a termelőszövetkezet vezetősége egyet választott ki megvalósításra.

A termelőszövetkezet számára ezek szerint három tervváltozatot dolgoztunk ki részletesen. A legmagasabb bruttó jövedelmet az „A” változat irányozta elő, sorrendben utána a „B” változat következett és a legkisebb bruttó jövedelmet a száraz gazdálkodást tervező „C” változat ígérte (10. táblázat).

A tervezés időszakában épülő (jelenleg már felépült) korszerű sertéstelep abrakszükségletének egy részét takarmányvásárlásból terveztük fedezni. Így a 40 000 q abrakból az „A” változatban 13 116 q, a „B” vál-

A termelőszövetkezet javasolt tervváltozatai

Sor-szám	Megnevezés	Mérték-egység	Öntözési változat		Száraz változat
			„A”	„B”	„C”
1.	Őszi búza	kh	1515	1510	1727
2.	Zab	kh	100	100	100
3.	Kukorica	kh	1900	1615	1037
4.	Napraforgó	kh	350	1057	1000
5.	Dohány	kh	60	60	60
6.	Burgonya	kh	400	400	250
	Ebből: öntözött	kh	400	400	—
7.	Cukorrépa	kh	250	250	400
	Ebből: öntözött	kh	250	250	—
8.	Magkender	kh	140	235	113
9.	Lucerna	kh	322	450	450
10.	Vöröshere	kh	1000	460	1000
	Ebből: öntözött	kh	540	—	—
11.	Őszi takarmánykeverék	kh	150	50	50
	Ebből: öntözött	kh	150	50	—
12.	Silókukorica, másodvetés	kh	150	50	50
13.	Silókukorica, fővetés	kh	200	200	200
	Ebből: öntözött	kh	200	200	—
14.	Zöldpaprika	kh	70	70	70
	Ebből: öntözött	kh	70	70	70
15.	Vegyes zöldség	kh	30	30	30
	Ebből: öntözött	kh	30	30	30
	Összes szántó:	kh	6487	6487	6487
16.	Legelő	kh	440	440	440
	Ebből: öntözési	kh	200	200	—
17.	Rét	kh	408	408	408
	Összes rét-legelő:	kh	848	848	848
18.	Alma	kh	215,5	215,5	215,5
19.	Körte	kh	13	13	13
20.	Szilva	kh	10	10	10
21.	Málna	kh	10	10	10
22.	Köszméte	kh	26,5	26,5	26,5
	Összes gyümölcsös:	kh	275	275	275

10. táblázat folytatása

Sor-szám	Megnevezés	Mérték-egység	Öntözéses változat		Száraz változat
			„A”	„B”	„C”
23.	Szarvasmarha (anya)	db	800	500	400
24.	Sertés (anya)	db	420	420	420
25.	Juh (anya)	db	1500	1500	1500
26.	Ló (felnőtt)	db	100	100	100
Bruttó jövedelem millió Ft			40	39	31

tozatban 12 400 q, a „C” változatban 14 059 q abrakvásárlást állítottuk be. A sertéstelepre ugyanis két technológiai változatot terveztünk, az egyik saját, a másik vásárolt takarmányra alapozva. A modell megoldása során ezek keverése volt lehetséges. A takarmányvásárlás egy része a lucernaliszt-eladásból fedezhető.

A termérlegek és költségszámítások részletes ismertetése nélkül néhány fontosabb mutatót adunk meg a 11. táblázatban. A három tervváltozat mellett feltüntetjük az 1968. évi tényleges adatokat is, összehasonlítás céljából.

A táblázat szemléltetően mutatja, hogy lényegében azonos területen kevesebb munkaerővel, kevesebb munkával, a halmozott termelési érték és az árutermelés értéke — még száraz gazdálkodás esetén is — majdnem megduplázható. A bruttó jövedelem is több mint 50%-kal növelhető, és valamennyi közgazdasági mutató jelentős mértékben javul.

A bruttó jövedelem 21,5 millió Ft-ról 32,8 millió Ft-ra emelhető, azaz 11,3 millió forint többlet érhető el az öntözés nélküli „C” változat megvalósítása esetén. *Számításaim szerint a 11,3 millió Ft többlet bruttó jövedelemből kb. 6,8 millió Ft a távlatilag elérhető és tervezett magasabb hozamokból 4,5 millió Ft pedig a termelési szerkezet megváltoztatásából adódik. A matematikai tervezés eredményeként tehát 4,5 millió Ft bruttó jövedelem-többlet könyvelhető el.*

A fentiekből az is kitűnik, hogy a termelőszövetkezetek tervezése során számos problémával kell számolnunk. Ezek áthidalása lineáris programozás esetén viszonylag egyszerűbb. Nem okozott számunkra például nagy gondot az, hogy kérdésessé vált az öntözés lehetősége, hiszen a modell egy számadatának megváltoztatásával a megváltozott helyzetet figye-

Fontosabb közgazdasági mutatók

Sorszám	Megnevezés	Mérték- egység	1968. évi tény	„A”	„B”	„C”
				változat		
1.	Állandó dolgozók száma	fő	1 230	1 171	1 171	1 171
2.	Munkanapok száma	nap	256 690	216 947	208 035	193 985
3.	Halmazott termelési érték	1000 Ft	46 789	105 285	98 585	86 380
4.	Áruterelés értéke	1000 Ft	41 818	83 399	81 308	72 404
5.	Bruttó jövedelem	1000 Ft	21 520	38 827	38 821	32 801
6.	Nettó jövedelem	1000 Ft	—	17 932	18 893	13 659
7.	1 kh közös területre jutó:					
	a) halmazott termelési ért.	Ft	5 564	12 506	11 710	10 260
	b) áruterelés értéke	Ft	4 973	9 906	9 658	8 600
	c) bruttó jövedelem	Ft	2 559	4 612	4 611	3 896
	d) nettó jövedelem	Ft	—	2 130	2 240	1 622
8.	1 állandó dolgozóra jutó:					
	a) halmazott termelési ért.	Ft	38 040	89 910	84 188	73 766
	b) áruterelés értéke	Ft	33 998	71 220	69 435	61 830
	c) bruttó jövedelem	Ft	17 495	33 157	33 152	28 011
	d) nettó jövedelem	Ft	—	15 313	16 134	11 664
9.	1 munkanapra jutó:					
	a) halmazott termelési ért.	Ft	182	485	474	445
	b) áruterelés értéke	Ft	163	384	391	373
	c) bruttó jövedelem	Ft	84	179	187	169
	d) nettó jövedelem	Ft	—	83	91	70

lembe vettük. *Nagyobb gondot okozhat a termelőszövetkezeti vezetés vagy vezetési koncepció változása, mert az esetleg a hozamokra vonatkozó koncepciókat is megváltoztathatja, új tevékenységek modellbe építésére támaszt követelményeket stb.* Új tevékenységek felmerülése esetén ezek technológiáját ki kell dolgozni, s a modellbe az új tevékenységeket beépíteni. Mind az új tevékenységek modellbe építése, mind abból egyes tevékenységek törlése a számológéppel viszonylag könnyen elvégezhető. Ha azonban a termelőszövetkezeti vezetés például a hozamokra vonatkozó koncepciókat is megváltoztatta volna, ez a technológiák átdolgozását a modell újra összeállítását igényelte volna. E probléma a technológiai tervezés olyan rendszerének kidolgozására ösztönöz, amely lehetővé teszi, hogy a technológiai adatokat bármilyen hozamra könnyen át tudjuk

dolgozni. Ilyen technológiai rendszer kidolgozása más szempontból is nagyon előnyös. Ha ugyanis különböző elvek alapján felépített többféle technológiával rendelkezünk, s valamely termelészövetkezet tervét kell elkészítenünk, elengedő, ha a termelészövetkezet az alkalmazni kívánt technológiai rendszereket kiválasztja, s bármilyen hozamterv esetén az adatokat számológéppel — a hozamterveknek megfelelően — át lehet számíttatni. Így nem szükséges, hogy adott technológiát minden hozamszintre külön kidolgozzunk, hanem ha egyszer azt kidolgoztuk, a mindenkori hozamszintre már számológéppel adaptáltathatjuk.

A lineáris programozás egyik előnye, hogy több tervváltozat kidolgozását teszi lehetővé. Amint azonban már arra utaltunk, a költségigény miatt mértéktartás ajánlatos e tekintetben is, és csak annyi futtatást végezzünk, amennyiből 1—2 gyakorlati megvalósításra alkalmas tervváltozatot ki tudunk választani. Általában 10—20 gépi futtatás egy termelészövetkezeti terv elkészítéséhez elegendő. Ha a modellt nem méretezzük túl nagyra, hanem a lehetséges egyszerűsítések és aggregálások elvégzésével egy 50×60 -as vagy legfeljebb 100×100 -as modellt viszünk a számológépre, a számítás költsége 10—30 ezer Ft között van. Az általunk készített terveknel általában 10—25 ezer Ft gépi számítási költség merült fel. Ezzel elértük, hogy *a lineáris programozással készülő tervek költsége nem, vagy alig haladja meg a hagyományos tervezés költségét. A tervezés módszerét folyamatosan tökéletesítjük, s remény van arra, hogy a közeli jövőben eljutunk oda, hogy a lineáris programozással a fejlesztési tervek elkészítése lényegesen kevesebbe fog kerülni, mintha azt hagyományos módszerrel végeznénk, s mindemellett megalapozottabb tervet nyerünk.*⁴⁸

Általában több termelészövetkezet tervének készítése során találkoztunk érdeklődésre számot tartó problémákkal. Ezek közül néhányat vázlatosan ismertetünk.

Az egyik termelészövetkezet hagyományos módszerrel készítette távlati fejlesztési tervét. A tervszámok kialakítása után azonban tudomást szerzett a lineáris programozás alkalmazási lehetőségéről, s kérte, hogy végezzük el lineáris programozással is a tervezést. Amikor a modell összeállítására került sor, kiderült, hogy a termelészövetkezet vezetősége sok mindenben nem tud vagy nem óhajt változtatni, amit az általuk

⁴⁸ Megfelelő számológép esetén ez már ma is megvalósítható.

elkészített tervben már megterveztek. A modellbe olyan sok egyenletet kellett beépíteni a tevékenységekre, hogy úgy látszott, nem sok változtatást várhatunk a programozástól a hagyományos tervhez képest. Ha azonban már a modelt összeállítottuk, célszerűnek láttuk azt gépre vinni. Néhány tervváltozatot a számítógéppel kiszámíttattunk, s az eredmény meglepő volt. Például az a tervváltozat, amelyet aztán a termelőszövetkezet megvalósításra elfogadott, 5 millió Ft bruttó jövedelemtöbbletet mutatott a termelőszövetkezet által elkészített tervhez képest. Az 5 millió Ft jövedelemtöbblet a termelési szerkezet megváltoztatásából adódott, vagyis a lineáris programozás alkalmazásának eredménye.

Egy másik termelőszövetkezet, amely tervkészítést kért lineáris programozással, jelezte, hogy építőbrigádja termelőszövetkezetek számára juhtelepet épít, és a jövőben saját részükre is egy 5000 anyajuhra és szaporulatára intenzív juhtartásra kíván telepet építeni, s ezt a tervezésnél vegyük figyelembe. A lineáris programozással kapott eredményekből azonban egyértelműen kitűnik, hogy ebben a termelőszövetkezetben a juhtartás fejlesztése — legalábbis a tervezett technológiai rendszerben — nem jövedelmező. A programozás alkalmazása megóvta a termelőszövetkezetet egy olyan beruházástól, ami nem lett volna jövedelmező.

Természetesen a termelőszövetkezetek arra törekednek, hogy a tervezés minél kevesebb költséget igényeljen. Az egyik termelőszövetkezet a költségsökkentés érdekében vállalta, hogy a tervezés egy részét szakembereivel elvégezteti; többek között a technológiai terveket is maguk dolgozzák ki. A szövetkezet jól képzett és gyakorlott szakemberekkel rendelkezett, és azt a feladatot végre is hajtotta. Amikor azonban a modelt néhány változatban megoldottuk, az eredményből arra lehet következtetni, hogy néhány technológiai adat aligha megfelelő. Néhány mérlegfeltétel ugyanis — szerintünk indokolatlanul — korlátozza a tevékenységeket. Az adatokat a termelőszövetkezet szakembereivel együtt megvizsgáltuk, s kiderült, hogy néhány összefüggésre a technológiai tervezés során nem gondoltak. Kérték, adjuk vissza a technológiákat, s most már az összefüggések ismeretének birtokában, azokat rövid idő alatt átdolgozzák. Ennek megtörténte után a modell megfelelő adatait átjavítja, újabb gépi számításokat végeztünk, s ezek alapján a termelőszövetkezet vezetése meghozta a döntést.

A példák további ismertetése helyett vizsgáljunk meg néhány általános problémát a lineáris programozás gyakorlati alkalmazásával kapcsolatban.

A mezőgazdasági vállalatok sok rányú tevékenységéből, kölcsönös és többoldalú kapcsolatából adódóan a tervezés sokszor bonyolult problémák elé állítja a tervezőt. A lineáris programozás alkalmazásával jelentős jövedelemtöbblet érhető el, azonban a termelőszövetkezeti vezetők egyelőre maguk nem képesek a lineáris programozást alkalmazni, kénytelenek e célra hozzáértő szakembereket igénybe venni.

Ha a tervezést külső szakemberek végzik, alapvető követelmény, hogy állandó konzultációs kapcsolatot tartsanak a termelőszövetkezet vezetőivel. E szoros kapcsolat a tervezés minden fázisában indokolt és szükségyszerű. A termelőszövetkezeti vezetőknek lehetőséget kell kapniuk arra, hogy a tervezés egész folyamatába betekintést nyerjenek, ismerjék meg a felmerülő problémákat, s vegyenek részt megoldásukban. Így a tervet magukénak fogják tekinteni, és lehetőségük nyílik arra is, hogy elképzeléseiket érvényesítsék, illetve elképzeléseiknek jó vagy rossz gazdasági hatásáról képet nyerjenek.

Igen nagy jelentőségű az is, hogy a lineáris programozással végzett tervezésben való részvétel helyes irányban változtatja, továbbfejleszti a termelőszövetkezeti vezetés szemléletmódját, gondolkodását, elősegíti a vállalat komplex áttekintését.

A mezőgazdasági vállalatok középtávú tervének elkészítése jelenleg elég hosszú időt vesz igénybe. A viszonylag hosszabb időszak azonban nem a matematikai tervezésből adódik, hanem egyrészt az állandó konzultációs kapcsolatból, amit a vállalatvezetéssel kell tartani (többszöri megbeszélések, ezek időpontjának egyeztetése stb.), másrészt a tervezés előkészítéséből. Különösen sok időt igényel a helyzetfelmérés során a termelőszövetkezetektől az adatok begyűjtése, valamint a technológiai tervek elkészítése. E két szakasz jelenti ma a szűk keresztmetszetet, ami a tervezés időigényét megnöveli. Célszerű tehát a jövőben a figyelmet erre összpontosítani. Tervezési módszerünk olyan továbbfejlesztését kezdtük meg, amely lehetővé teszi a két fázis időigényének jelentős csökkentését. Ha a matematikai tervezés széles körű elterjesztését kívánjuk előmozdítani, akkor olyan tervezési módszerhez kell jutnunk, hogy egy távlati terv elkészítése — beleértve az állandó konzultációs kapcsolatokat is — a lehető legrövidebb (60 munkanapnál nem hosszabb), s a tervezés költsége a lehető legkisebb legyen.

A termelőszövetkezeti vezetők sok esetben a jövőt illetően bátortalanok. Általában arra törekednek, hogy a hagyományos (múltbeli) termelési szerkezet a középtávú vagy a távlati tervben ne nagyon változzon meg, ezért igyekeznek a tevékenységeket szűk korlátokkal behatárolni. A tervezőknek az is feladatuk, hogyha azt az árnyékárak elemzése indokolja, e korlátok tágítását végrehajtva „merészebb” tervváltozatokat is készítsenek, s felhívják a termelőszövetkezet figyelmét arra, hogy ezáltal milyen

jövedelemtöbblet érhető el. *Ilyen bizonyítás után a termelőszövetkezetek vezetői általában bátrabban lépnek előre. Az ilyen jellegű vizsgálatok értékes információkhoz vezetnek, és még akkor is hasznosak, ha a termelőszövetkezeti vezetők az így nyert tervet nem fogadják el megvalósításra.*

Egyébként is a lineáris programozás még csak „laboratóriumi vizsgálata” a gazdasági folyamatoknak. A tervjavaslat csak a döntés után válik tervvé. Márpedig, *hogyan helyesen tudjunk dönteni, célszerű a gazdasági folyamatokat több változatban megvizsgálni.* E vizsgálatokat mindaddig kell folytatni, amíg megnyugtató döntésre nem vagyunk képesek.

A tervezést sok esetben a vállalati szakemberek is egyszeri feladatnak tekintik. Márpedig az élet, s így *a gazdasági élet is egy folyamat, ahol minden változik, fejlődik. Ahhoz, hogy a tervezés, illetve a terv a mindenkori realitásokra épüljön, a tervezést éppúgy folyamattá kell tenni, mint amilyen folyamat a való élet.* Ez olyan igényt támaszt, hogy nem elég egy középtávú vagy távlati tervet egyszer elkészíteni, hanem azt a gazdasági élet változásának megfelelően állandóan alakítani, gondozni kell. *A tervgondozás a lineáris programozás alkalmazása esetén viszonylag egyszerűen megoldható,* mert az egyszer összeállított matematikai modell néhány adatának vagy feltételének megváltoztatásával a modellt az új feltételekhez alakíthatjuk át. Az átalakított modell megoldásával képet nyerünk arról, hogy a helyzet megváltozása a terv milyen módosítását teszi szükségessé.

A lineáris programozással történő tervezés során általában nem határozzuk meg a középtávú vagy a távlati terv megvalósításának évét, s nem adjuk meg a megvalósítás évenkénti ütemezését. Egyelőre ugyanis a megvalósítás folyamatának programozással történő ütemezése igen költséges volna, de *kérdés az is, hogy célszerű-e a tervmegvalósítás idejének szigorú rögzítése.* Másrészt *a megvalósítás ütemezése évekre előre még bizonytalanabb, mint a távlati terv megvalósítása.* Az pedig, hogy a tervgondozást és az ütemezés gondozását is megvalósítsuk, olyan költségigénnyel jár, amit még a jobb termelőszövetkezetek sem vállalhatnak.

Célszerű csupán azt rögzíteni, hogy közép- vagy hosszú távú tervről van-e szó, s a megvalósítás körülbelüli évét a terv elkészülte után kell megállapítani. A terv megvalósításának ütemezését az éves tervekben kell biztosítani, szem előtt tartva a távlati terv mielőbbi megvalósítását.

Az éves tervek természetesen szintén készíthetők lineáris programozással. A jövő e tekintetben is a matematikai programozásé, és ha a technológiákat és a modellt célszerűen (és célszerű rendszerben) dolgoztuk ki, akkor a távlati terv modelljének egyszerű átalakításával egy éves terv modelljéhez juthatunk. Így az éves tervek összeállítása rövid időt vesz igénybe, és költsége is jelentéktelen.

Végül egy szemléletbeli problémáról. Ha nem matematikai programozással tervezünk, az ágazati szemlélet mindenképpen érvényesül, s bármennyire törekszünk is a komplex szemléletre, az ágazati szemléletet nem tudjuk kiküszöbölni. Ez az ágazati költség- és jövedelemszámításban is kifejezésre jut.

Az általunk kidolgozott modell fontos tulajdonsága, hogy alapvetően a komplex szemléletmódot érvényesíti. Az ágazati elemzés itt csak a technológiai szintjén jelentkezik, de most is az egyes termékekre kizárólag a közvetlenül ráterhelhető költségeket véve figyelembe. A növénytermelési ágazatok költségei között tehát nem szerepelnek a gépek amortizációs költségei és a főágazati, valamint a vállalati általános költségek. A takarmánytermelés ágazatában a célfüggvényben még a termelési érték sem szerepel, a célfüggvény-koefficiensük tehát negatív előjelű, a közvetlenül ágazatra terhelhető költségek szintjén. Az állattenyésztési ágazatoknál például nem szerepel költségtényezőként sem az állattenyésztési ágazatoknál igénybe vett — több ágazat által használt — gépek amortizációs költsége, sem a saját termelésű takarmányok költsége, sem az általános költségek. E szemléletbeli különbség azok számára, akik az ágazati szemlélethez szoktak, néha problémát okoz, és összehasonlítási alapot is jelenleg általában csak a teljes költségekre találnak.

Az ágazati költség- és jövedelemvizsgálatok modellünk alapján is elvégezhetők. Ez természetesen többletmunkát igényel és a terv terjedelmét is megnöveli. Ha a lineáris programozással történő tervezés általánossá válik, és a komplex tervezésnél alkalmazott mutatókra is elegendő összehasonlítási alapunk lesz, az ágazati költség- és jövedelemszámítás, s az ezzel járó többletmunka és költség elhagyható. Ezek ugyanis nem nyújtanak valóságos információ-többletet, hiszen az ágazati technológia tökéletesítéséhez az ágazatra közvetlenül terhelhető költségek adnak alapot, a fő cél — a vállalati összjövedelem — pedig az általunk alkalmazott matematikai modellben jut ténylegesen döntő szerephez.

Igen érdekes az üzemi méretek megítélésével kapcsolatos tapasztalatunk. A szakemberek között általános az a vélemény, hogy a nagyüzemi méreteket a technikai feltételek szigorúan meghatározzák, s ezeknek csak többszöröse valósítható meg egy-egy gazdaságban. Modellünkben e tendencia — szemben a klasszikus lineáris programozási modellel, amely e tekintetben általában, ha külön feltételekkel nem ösztönzik, közböbs — valóban kifejezésre jut.

Modellünkben ugyanis olyan tendencia jut kifejezésre, hogy ha egyszer valamelyik terméket termeljük, a termelés mérete feleljen meg a technikai feltételeknek, s ezeknek lehetőleg többszöröse legyen. E tendenciák éppen azáltal érvényesülnek, hogy a technikai eszközöket változóként kezeljük, s költségük a célfüggvényünkben jelentkezik. A fentiekben jelzett tendencia természetesen csak azon technikai feltételekkel kapcsolatban jelentkezik, amelyeket a modellben mint változókat építettünk be.

Természetesen az említett vonatkozásokban modellünk „rangsorol” a vállalati összjövedelem alapján, s a vázolt tendencia csakis addig jut érvényre, ameddig az a vállalati összjövedelem érdekében történik, illetve, amíg azt más feltételek nem akadályozzák. A technikai feltételeknek megfelelő termelési méretekre ösztönző tendencia egyben olyan tendenciára is ösztönöz, hogy a gépek és eszközök rendelkezésre álló darabszámát egész számban kapjuk meg — különösen a nagyobb értékű gépek és technikai eszközök esetén —, és azokat minél jobban kihasználjuk.

7. A célfüggvény közgazdasági tartalma a mezőgazdasági vállalatok tervezésében

Az előző fejezetben közölt egyszerű példa is világosan mutatja a célfüggvény jelentőségét a matematikai programozással végzett tervezésben. Ezzel kapcsolatban két dologra kell különösen figyelemmel lenni:

a) a célfüggvény közgazdasági tartalmának célszerű megválasztására;

b) a célfüggvény adott közgazdasági tartalma esetén annak helyes (szemléletbeli és adatbeli) kialakítására.

Az utóbbira jó példa az előző fejezetben bemutatott modell. E helyütt azonban ismételten megjegyezzük, hogy *célrealisztikus modellünk jelentősége nem annyira a mérlegfeltételek átalakításában, a korlátok feloldásában van* — amit variánsszámitás segítségével vagy más módon a klasszikus lineáris programozási modellben is megoldhatunk —, *hanem éppen a célfüggvény realisabb felépítésében*, bár természetesen a kettő szorosán összefügg. A továbbiakban a célfüggvény gazdasági tartalmának problémájára irányítjuk a figyelmet.

A célfüggvény gazdasági tartalma elvileg igen sokféle lehet. Így például elképzelhető, hogy célként tűzzük ki a vállalati összes bruttó vagy nettó jövedelem maximalizálását, vagy az egy dolgozóra, egy munkanapra vagy munkaórára vagy területegységre jutó bruttó vagy nettó jövedelem maximalizálását, a termelési érték vagy az árutermelés, vagy éppen

az export maximalizálását (esetleg ezeket is a munkaerőre vagy terület-egységre vetítve), vagy lehet célunk az összes kifizethető munkabér vagy egy dolgozóra, egy munkanapra vagy munkaórára jutó munkabér maximalizálása, a foglalkoztatottság maximalizálása stb.

Másrészt elvileg célul tűzhetjük ki a termelési költségek vagy a fajlagos költségek minimalizálását, az importból származó anyagok felhasználásának vagy a munkaráfordításnak a minimalizálását stb.

Mindig az adott konkrét helyzettől függ az, hogy esetenként milyen célt kívánatos kitűzni. Sokszor felmerül az az igény is, hogy egyidejűleg több célfüggvényt alkalmazzunk.

Több célfüggvény egyidejűleg történő alkalmazásának lehetőségeivel e helyütt nem foglalkozunk. A kérdés iránt részletesebben érdeklődők rendelkezésére áll néhány szakkönyv.⁴⁹ Itt csak annyit jegyeznék meg, hogy véleményem szerint, több célfüggvény egyidejűleg történő alkalmazása esetén is célszerű a modellt az egyes célfüggvényekkel külön-külön is megoldani, mert a megoldások eredményeinek elemzése értékes információkat szolgáltathat.

A vállalat középtávú vagy távlati tervének készítése során célként tekintik általában a jövedelem maximalizálását, s ezt az igényt építik be a célfüggvénybe. Az egyéb „óhajok” a mérlegfeltételekben jut kifejezésre.

Vitatott kérdés azonban még ma is, hogy a célfüggvényben a bruttó vagy a nettó jövedelem szerepeltetése a célszerű. A kérdés eldöntése nem egyszerű, s véleményem szerint arra általános, minden mezőgazdasági vállalatra egyaránt érvényes választ adni nem is lehet. Mindenekelőtt tekintettel kell lenni arra, hogy állami vagy szövetkezeti vállalatról van-e szó. Állami gazdaságban ugyanis valószínűleg egyértelműbb lehet az az igény, hogy a célfüggvényben a nettó jövedelem maximalizálását írjuk elő.⁵⁰ Bizonyos közgazdasági vagy humán jellegű tényezők itt is szerepet játszhatnak, s előidézhetik, hogy a nettó jövedelem ne kizárólagos célként sze-

⁴⁹ A probléma néhány egyszerűbb megoldási lehetőségével a már idézett könyvemben (lásd 28. lábj.) röviden magam is foglalkozom. Lásd továbbá *Bod Péter*: Lineáris programozás több egyidejűleg adott célfüggvény szerint. (MTA Matematikai Kutató Intézetének Közleményei, Budapest, VIII. évf. B. sorozat 4. 1963.) és más műveket.

⁵⁰ Természetesen nemcsak a nettó jövedelem tömege, hanem az egy főre jutó nettó jövedelem vagy a jövedelemráta maximalizálása is kívánalom lehet.

repeljen. Ilyen esetekben azonban a probléma általában egy-két mérleg-feltételnek a modellbe építésével megnyugtatóan megoldható. A termelőszövetkezetekben azonban a tagok tulajdonosi pozíciója mindenképpen figyelembe veendő.

Tegyük fel, hogy egy termelőszövetkezet termelési szerkezetét optimalizáljuk. Elméletileg elképzelhető, hogy a modell összeállítása során az adott termelőszövetkezetben megvalósítható minden tevékenységet figyelembe vettünk, s a modellbe beépítettünk, az összes megvalósítható változat szerint. A modellbe azonban két célfüggvényt építettünk, az egyik a bruttó, a másik a nettó jövedelem maximalizálását írja elő.

Tételezzük fel, hogy az adott termelőszövetkezetben 500 dolgozó áll rendelkezésre, s a bruttó jövedelem maximalizálásával egy olyan termelési szerkezetet kapunk, amely 90 000 munkanap — vagyis egy dolgozóra átlag évi 180 munkanap — ledolgozását teszi lehetővé. A termelési érték legyen 50 millió Ft, amelyből 25 millió Ft a holtmunkaköltség, 13,5 millió Ft az élőmunkaköltség (bér és bérjellegű költség) és 11,5 millió Ft a nettó jövedelem. Ez esetben tehát a bruttó jövedelem 25 millió Ft, amelyből 13,5 millió Ft a bérjellegű költség és 11,5 millió Ft a nettó jövedelem. Az utóbbi felhasználható tartalékok képzésére, vállalatfejlesztésre és évi végi részesedésre (12. táblázat).

Oldjuk meg a modellt a nettó jövedelem célfüggvénnyel is. Tegyük fel, hogy az így nyert termelési szerkezet 70 000 munkanapot igényel — azaz 140 munkanap jut egy dolgozóra évente —, azonban már csak 48 millió Ft termelési érték előállítását teszi lehetővé, s ezen belül a holtmunka költsége 24 millió Ft, az élőmunka és élőmunka jellegű költség 10,5 millió Ft, azaz a nettó jövedelem 13,5 millió Ft (12. táblázat).

A nettó jövedelem maximalizálásával 2 millió Ft jövedelmet nyerünk, azonban a munkaerő kihasználása — dolgozóként évi 200 ledolgozható munkanappal számolva — 90 %-ról 70 %-ra csökkent, s a dolgozók 3 millió Ft-tal kevesebb jövedelemhez jutnak.

Kérdés, vajon *a tagok mint dolgozók — ha nincs lehetőségük máshol munkához és keresethez jutni — hajlandók-e ilyen áldozatra, beleegyeznek-e, hogy részesedésük 13,5 millió Ft-ról 10,5 millió Ft-ra csökkenjen azért, hogy a nettó jövedelem 11,5 millió Ft-ról 13,5 millió Ft-ra emelkedjék?*

Más oldalról felvetve a kérdést, *a vállalat fejlesztéséhez a nettó jöve-*

A legfontosabb adatok összehasonlítása két tervváltozatban

Megnevezés	Mennyiségi egység	„A”	„B”
		változat	
		a bruttó	a nettó
		jövedelem maximalizálása	
Termelési érték	millió Ft	50	48
Holt munka-költség	millió Ft	25	24
Bruttó jövedelem	millió Ft	25	24
Munkabér	millió Ft	13,5	10,5
Nettó jövedelem	millió Ft	11,5	13,5
Egy főre jutó termelési érték	Ft	100 000	96 000
Egy főre jutó bruttó jövedelem	Ft	50 000	48 000
Egy főre jutó nettó jövedelem	Ft	23 000	27 000
Egy főre jutó munkabér	Ft	27 000	21 000
Egy főre jutó munkanap	munkanap	180	140
Egy napra jutó termelési érték	Ft	550	680
Egy napra jutó bruttó jövedelem	Ft	280	340
Egy napra jutó munkabér	Ft	150	150
Egy napra jutó nettó jövedelem	Ft	130	190
Munkaerő-kihasználás 200 munkanappal számolva	%	90	70

delem növelése szükséges, s a tagok jövőbeni érdeke a fejlesztést, azaz a minél nagyobb nettó jövedelem elérését kívánja meg. Itt a napi és a távlati jövedelmi érdekek ellentmondásával találkozunk. De vajon mekkora áldozatot hajlandó ma meghozni a termelőszövetkezet tagsága a jövő érdekében?

Az adott példában a napi és a távlati érdek összehangolása talán úgy lenne célszerű, hogy a 25 millió Ft bruttó jövedelemből „nettósítani” — mondjuk, ha feltétlen szükséges — 13,5 millió Ft-ot (ugyanannyit, mint a nettó jövedelem maximalizálása során kaptunk), s 11,5 millió Ft-ot a munkabérre felhasználni. Igaz, ez esetben az egy napra eső bér 150 Ft helyett kb. 130 Ft volna, de az egy főre jutó évi kereset mégsem csökkenne 27 ezerről 21 ezer Ft-ra, csak 23 000 Ft-ra. Másrészt lehetséges, hogy a 13,5 millió Ft-nak egy részét a termelőszövetkezet részesedésként osztaná ki

tagjainak, s a tartalékképzésre és fejlesztésre így (pl. 2 millió Ft részesedés esetén) 11,5 millió Ft marad. Ugyanehhez a nettó jövedelemhez jutunk, ha az előbbi esetben nem osztunk részesedést, csak hogy akkor a tagok többet keresnek.

Példánk egyszerű számadatokból van felépítve, de a jelenlegi feltételeinket tükrözi. Azok a termékek, amelyek 1 hektárról magasabb nettó jövedelmet adnak, kevesebb munkaerőfelhasználást igényelnek, s mindenképpen kevesebb termelési érték és kevesebb bruttó jövedelm realizálását teszik lehetővé. Gyakorlati számításaim ténylegesen létező, hasonló tendenciákra hívják fel a figyelmet.

A kérdés azonban a valóságban nem ilyen egyszerű, s a termelőszövetkezeti tagság pillanatnyi és távlati érdekei közötti ellentmondást tükrözi. Megnyugtató megoldása annak vizsgálatát kívánja, hogy a ma meghozandó áldozat milyen arányban van a jövőben elérhető többletjövedelemmel. A probléma mindkét oldala számos más tényezőtől függ. *Az, hogy ma milyen áldozat meghozatalára van lehetőség, függ például a termelőszövetkezeti tagság anyagi helyzetétől, az anyagi áldozat más forrásból való pótlásának lehetőségétől, s az általános életszínvonalától.*

Egy olyan termelőszövetkezetben, ahol a tagok keresete viszonylag alacsony szintű, mélyen alatta marad az általános színvonalnak, s nincs mód arra, hogy a tagok a termelőszövetkezeten kívül keresethez jussanak, nehéz lenne a tagsággal elfogadtatni, hogy a jövő érdekében még áldozatot hozzon. Ha azonban a termelőszövetkezeten kívül viszonylag jó kereseti lehetőség kínálkozik a tagok számára, akkor szívesen mondanak le a termelőszövetkezetben a kisebb keresetért végzendő munkáról. Az előbbi esetben tehát mindenképpen a bruttó jövedelem tömege lehet a fontos, különösen magas tagsűrűségű tsz-ekben. *A magas tagsűrűséggel rendelkező és rossz természeti feltételek között gazdálkodó termelőszövetkezetek kényszerülhetnek a bruttó jövedelmi szemléletre, még akkor is, ha ez a jövőbeli fejlődésük lehetőségeit akadályozza, ha csak nincs módjuk a tagság termelőszövetkezeten kívüli foglalkoztatására.* Ha ez utóbbitól eltekintünk, akkor látnunk kell, hogy a *célfüggvény közgazdasági tartalmát a tagsűrűség mindenképpen befolyásolja.* (A tagsűrűséget mindig az adott jó vagy rossz feltételeket figyelembe véve kell vizsgálni, ti. adott tagsűrűség jó feltételek között alacsony, rossz feltételek között magas lehet.)

Azokban a termelőszövetkezetekben, ahol a tagok jól keresnek, könny-

nyebb lehet a jövő érdekében jelenleg áldozatot vállalni, különösen ha a termelőszövetkezet tagsága a termelőszövetkezeten kívül, más hasonló jó keresetet is talál. Másrészt jó körülmények között gazdálkodó s alacsony tagsűrűségű termelőszövetkezetekben a rendelkezésre álló munkaerő is behatárolja a termelés szerkezetét, és még bruttó jövedelmi célfüggvény esetén is olyan termelési szerkezethez vezethet, mintha célfüggvényünk a nettó jövedelem maximalizálását írná elő. Ilyen körülmények között célszerű lehet a nettó jövedelem maximalizálása.

Ha elegendő munkaerő áll rendelkezésre, és az a termelőszövetkezeten kívül nem juthat keresethez, aligha szabad célul kitűzni a nettó jövedelem maximalizálását, ha az pl. a munkabérijövedelem 3—4 millió Ft-tal való csökkentése árán 1—2 millió Ft nettó jövedelemtöbbletet eredményez. Helyesebb lehet ilyenkor a napi kereset csökkentésével a bruttó jövedelem célszerű elosztását követni munkabérijövedelemre és nettó jövedelemre. Ennek azonban szintén gátat szabhat, hogy a már kialakult napi kereseti lehetőségek általában nem csökkenthetők, különösen, ha a tagok a termelőszövetkezeten kívül keresethez juthatnak, mert az esetleg munkaerőhiányhoz vezethet. Középtávú vagy távlati tervezés során a napi kereseti lehetőségek csökkentésétől általában nem kell tartanunk, hiszen annak növekedését tervezzük, s ezt meg is lehet valósítani. Természetesen figyelemmel kell lenni arra, hogy a napi kereset megfelelő ütemben növekedjék.

Ha a tagok a termelőszövetkezeten kívül jó kereseti lehetőséghez juthatnak, célszerű lehet a nettó jövedelem maximalizálását kitűzni. Ha példánkban a nettó jövedelem célfüggvényt alkalmazva a felszabaduló 20 000 munkanap a termelőszövetkezeten kívül foglalkoztatható ugyancsak 150 Ft-tal számolva — azaz ugyanolyan kereseti lehetőséget feltételezve, mint a termelőszövetkezetben — máris meghozza a 3 millió Ft-ot. Ez esetben a dolgozók ugyanannyit keresnek, mint a bruttó jövedelmet maximalizáló célkitűzés esetén, de a nettó jövedelem 2 millió Ft-tal több. Ha a termelőszövetkezeteken kívüli foglalkoztatás egyúttal nettó jövedelmet is eredményez, a helyzet még kedvezőbb.

A gyakorlati életben még bonyolultabban is felvetődhet a probléma. Előfordul, például, hogy a termelőszövetkezeten kívül olyan kereseti lehetőség adódik, hogy az adott tevékenység csak kevés munkaerőt köt le akkor, amikor a termelőszövetkezetben a dolgozókra nagyobb szükség

van, viszont nagy mennyiségű munkaerőt foglalkoztathat olyankor, amikor a gazdaságban nincs munkaalkalom. Az ilyen lehetőséggel való élés még akkor is növeli a dolgozók keresetét, ha a termelőszövetkezeten kívül végzett munkáért fizetett napi kereset alacsonyabb, mint a közös gazdaságban. Ha példánkban a termelőszövetkezeten kívüli munka csak napi 100 Ft kereseti lehetőséget biztosít — a 150 Ft-os termelőszövetkezeti kereseti lehetőség mellett —, azonban 20 000 munkanap helyett 60 000 munkanap ledolgozását teszi lehetővé, a dolgozók keresete 6 millió Ft-tal emelkedhet a nettó jövedelmi célfüggvényt alkalmazva, szemben a bruttó jövedelmi célkitűzéssel.

Csak megjegyezzük, hogy ilyen szempontból — hatását tekintve — mindegy, hogy a termelőszövetkezeten kívüli kereseti lehetőség ténylegesen más vállalatot jelent, vagy az adott termelőszövetkezet nem mezőgazdasági, ipari vagy feldolgozó üzemi tevékenységét, esetleg más vállalatokkal közösen létesített társulás nem mezőgazdasági tevékenységét. Ez mindenképpen csábítóan hat, és a termelőszövetkezeteket ösztönzi ilyen jellegű tevékenységre, bár természetesen e kérdésnek számos más, pozitív és negatív irányú vetülete is van.

A kérdés ezen túlmenően is bonyolult, mert a termelési szerkezet és a jövedelem alakulására számos olyan tényező is hat, amelyek a modell mérlegfeltételeiben kapnak helyet. Komplex vállalati szemlélet mellett — márpedig a lineáris programozás, mint láttuk, képes azt megvalósítani — e tényezők összhatása előre alig látható.

A modellben szereplő tevékenységek által elérhető bruttó és nettó jövedelem nagysága különböző. Az árviszonyoktól függően a különböző tevékenységek között más és más arányok alakulnak ki. A jövedelemarányok pedig nagymértékben meghatározzák, hogy az adott bruttó vagy nettó jövedelmi célfüggvény alkalmazása esetén a modell megoldásával kapott termelési terv merre orientálja a vállalatot. Az a tény pedig, hogy az arányok, s ennek megfelelően a jövedelemarányok változnak, különösen lehetetlenné teszi — véleményem szerint —, hogy egyértelműen és általános érvénnyel döntsünk abban a kérdésben, vajon a mezőgazdasági vállalatok fejlesztési tervének elkészítése során a bruttó vagy a nettó jövedelmet kell-e alkalmazni. Ahelyett, hogy ilyen egyértelmű állásfoglalásra vállalkoznánk, célszerűbbnek tűnik annak vizsgálata, hogy különböző feltételek esetén — azaz különböző ár- és jövedelemarányokat

feltételezve — a bruttó vagy a nettó jövedelem milyen eredményre vezet, merre orientálja a mezőgazdasági vállalatot. Vizsgálatunk során absztrakciókat is alkalmazunk, vagyis elvonatkoztatunk a jelenlegi helyzettől, és olyan jövedelemarányokat is feltételezzünk, amelyek gyakorlatilag általában nem lehetségesek s csupán elvi vizsgálatunk szempontjából érdekesek. Ugyanis a gyakorlatban az elvileg feltételezhető ár- és jövedelemarányok mindig csak tendenciájukban érvényesülnek és soha sem tiszta formában. Vizsgálatunk során azonban kénytelenek vagyunk a jövedelemarányok tiszta érvényesülését feltételezni, hogy hatásukat illusztrálhassuk. Ha ezek a gyakorlatban csak tendenciájukban érvényesülnek is, befolyással vannak a vállalat fejlődésére.

Első lépésben tételezzünk fel egy olyan helyzetet, amikor mind a bruttó, mind a nettó jövedelem arányos az adott tevékenység munkaerőigényével. Ha tehát például egy adott termék egy egységének termelése kétszer annyi élőmunka-ráfordítást igényel, mint egy másik termék egy egységének termelése, akkor az előbbi által realizálható bruttó és nettó jövedelem is kétszerese az utóbbinak. Most mindegy, hogy mi lesz a célfüggvényünk a bruttó vagy a nettó jövedelem. A két célfüggvénnyel megoldva a modellt, ugyanazt a vállalati tervváltozatot nyerjük. Ebben az esetben tehát nincs különösebb jelentősége annak, hogy a bruttó vagy a nettó jövedelmet maximalizáljuk. A modell megoldásának eredményeként egy olyan tervváltozatot kapunk, amelyben a munkaerő felhasználása is a lehetséges legmagasabb színvonalat éri el. Más szóval, ha a munkaerő kihasználását maximalizáltuk volna, ugyancsak az előbbi megoldást nyerjük. Ha most azt is feltételezzük, hogy a munkabér is munkaidőarányos, akkor a munkabér maximalizálása is az előbbi megoldáshoz vezet. Összefoglalva tehát, *ha mind a munkabér, mind a bruttó jövedelem, mind pedig a nettó jövedelem munkaidőarányos, akkor a lineáris programozás ugyanazon eredményt adja a bruttó jövedelem, a nettó jövedelem, a munkabér vagy a munkaidő-ráfordítás maximalizálása mellett.* A maximális bruttó jövedelem tehát egyúttal maximális foglalkoztatottságot, maximális bérkifizetést és maximális nettó jövedelmet is jelent, és viszont.

Vizsgáljunk meg most egy másik szélsőséges esetet. Tételezzük fel, hogy mind a bruttó jövedelem, mind a nettó jövedelem a terület felhasználásával arányos, vagyis egységnyi terület felhasználásával mindig ugyanannyi jövedelmet nyerünk, bármely tevékenységgel, természetesen felté-

telezve, hogy minden tevékenység igényel területet. Ilyen célfüggvény alkalmazása esetén ismét mindegy volna, hogy a bruttó vagy a nettó jövedelem maximalizálását írjuk elő, hiszen mindkét esetben ugyanazt a tervváltozatot nyerjük. Olyan tervváltozatot kapunk, amely a terület maximális kihasználását biztosítja az adott modellfeltételek mellett. Lényegében ugyanazon eredményre jutunk tehát, mintha célfüggvényünkben a területfelhasználás maximalizálását írnánk elő.

A továbbiakban tételezzünk fel egy olyan helyzetet, hogy mind a bruttó, mind a nettó jövedelem az eszközfelhasználással arányos. Most ismét az a helyzet áll elő, hogy mind a bruttó, mind a nettó jövedelem maximalizálása ugyanazt a tervváltozatot eredményezi, mégpedig olyan tervváltozatot kapunk, amelyben az eszközfelhasználás maximális. Ugyanazt a tervváltozatot nyerjük tehát, mintha a célfüggvényben az eszközfelhasználás maximalizálását írnánk elő.⁵¹

A fentieket végiggondolva a következő megállapításokat tehetjük.

Ha a bruttó és a nettó jövedelem tekintetében a különböző tevékenységek között azonos arányok érvényesülnek⁵², akkor mind a két célfüggvény ugyanazt a tervváltozatot adja a modell megoldása során. Másrészt, ha a célfüggvény-koefficiensek, azaz a tevékenységek által realizálható bruttó vagy nettó jövedelem nagysága a munkaerő-ráfordítással arányos, akkor a jövedelem maximalizálása egyben a munkaerő maximális felhasználását is biztosítja. Hasonlóképpen a földigény-arányos jövedelem esetén a földterület, eszközigény-arányos jövedelem esetén pedig az eszközfelhasználás maximalizálását is biztosítjuk. Ez utóbbiból következik, hogy a munkaerő-felhasználás, a területfelhasználás vagy az eszközfelhasználás terén a takarékosagra való ösztönzést a munkaerő-, a terület- vagy az eszközfelhasználás költségeinek emelésével csak akkor érhetjük el, ha a költségek emelkedését az árak emelkedése nem kompenzálja. Tehát a munkaerő-, a termőföld- és az eszközfelhasználás területén a takarékosagra vagy a pazarlásra való ösztönzés attól függ, hogy az alkalmazott célfügg-

⁵¹ Természetesen mindhárom esetben eltekintettünk a mérlegfeltételek korlátozó szerepétől, illetve azonos feltételeket, azonos modellrendszert tételeztünk fel.

⁵² Például, ha az egyik tevékenység kétszer több bruttó jövedelmet eredményez, mint a másik, akkor a nettó jövedelem is kétszerese a másik tevékenység által elérhető nettó jövedelemnek.

vény-koefficiensek arányosak vagy nem arányosak a munkaerő-, a terület- vagy az eszközigényességgel.

A realizálható bruttó és nettó jövedelem általában függ a munkaerő-, a terület- és az eszközigényességtől, azonban e függőség legtöbbször nem lineáris, hanem degresszív vagy progresszív. Például, ha feltételezzük, hogy mind a bruttó, mind a nettó jövedelem progresszíven (növekvő mértékben) változik a munkaerő-ráfordítás, illetve a munkaerőigény növekedésével, és ha e változás mind a bruttó, mind a nettó jövedelem esetében azonos arányú akkor — tekintve, hogy a két célfüggvényben a különböző tevékenységek célfüggvény-koefficiense szintén ugyanazon arányok szerint alakul — megint csak azonos eredményhez vezet e célfüggvények alkalmazása. Ebben az esetben megint csak érvényesül a foglalkoztatottság maximalizálásának a tendenciája is. Ha viszont a jövedelemadatok a munkaerő-ráfordítás növekedésével degresszíven változnak, mindkét célfüggvény munkaerő-takarékos tervváltozatra ösztönöz. Értelmszerűen ugyanezek vonatkoznak a földterület-, illetve az eszközigényességgel progresszíven vagy degresszíven változó jövedelmet maximalizáló helyzetre is. Ha azonban például a bruttó jövedelem progresszíven, a nettó jövedelem pedig degresszíven változik a munkaráfordítás növekedésével, akkor a bruttó jövedelem a munkaerő-felhasználásának fokozására, a nettó jövedelem pedig munkaerő-takarékosságra ösztönöz. Ugyanez vonatkozik a terület- és az eszközfelhasználás eseteire is.

A bruttó és a nettó jövedelem alakulásában az említett esetek különböző súllyal juthatnak érvényre, és mellettük egy sor más tényező is érzéketi hatását. Mindezek elemzése s ennek alapján a bruttó vagy a nettó jövedelem maximalizálása következményeinek vizsgálata igen bonyolult téma, amely messze vezetne, amellet tárgyalása e könyvben nem is lehet célunk. Rövid fejtegetésünkéből — amihez számos modellvizsgálatunk alapján jutottunk el — azonban kitűnik, hogy nem lehet általános érvénnyel egyértelműen állást foglalni sem a bruttó, sem a nettó jövedelem mellett, hiszen — mint már arra utaltunk — esetenként a nettó jövedelem célfüggvény alkalmazása is indokolt lehet, még termelőszövetkezeti vállalatoknál is, különösen ha a dolgozók számára jó munka és kereseti lehetőség adódik a termelőszövetkezeten kívül, illetve ha a termelőszövetkezetben lehetőség van a nem mezőgazdasági jellegű tevékenység folytatására. *A bruttó jövedelem figyelmen kívül hagyását azonban általában egy-*

értelműen ellenezni lehet. Leghelyesebbnek látszik, ha a modellt mindkét célfüggvénnyel megoldjuk,⁵³ majd az eredmények vizsgálata után döntünk egyik vagy másik változat mellett, esetleg azok keverésével újabb változatokat állítunk elő.

Az előzőekben a különböző célfüggvények vizsgálata során mindig az adott célfüggvényben előírt kategória abszolút tömegének szélső értékét kerestük. A munkabér, a bruttó és a nettó jövedelem maximalizálása tehát azt a célkitűzést tartalmazta, hogy a munkabér tömege, azaz az összesen kifizethető munkabér, vagy a bruttó, illetve a nettó jövedelem tömege, tehát az összes bruttó, illetve nettó jövedelem a lehető legtöbb legyen.

Kitűzhetünk azonban olyan célt is, amikor a célfüggvény valamilyen relatív, viszonylagos értékének maximumát keressük, azaz például az *I főre, I munkanapra vagy munkaóra, vagy éppen egységnyi ráfordításra, egységnyi területre stb.* jutó bruttó vagy nettó jövedelem, vagy munkabér stb. szélső értékének meghatározása a cél.

Nincs lehetőségünk arra, hogy e helyütt a problémát részletesen taglaljuk, ezért csak néhány jelzésre, illetve megállapításra szorítkozunk, amelyek bizonyos esetekben a modellszerkesztő dolgát megkönnyítik.

Ha a rendelkezésre álló területet F -fel jelöljük, s a terület teljes felhasználását előíró modell megoldásaként kapott termelési szerkezettel elérhető jövedelmet P_F -fel, akkor a területegységre jutó jövedelem

$$(7.1.) \quad \frac{P_F}{F}$$

maximuma annál a termelési szerkezetnél fog bekövetkezni, amelynél a P_F a maximális értéket veszi fel. Ilyen esetben tehát ugyanazon eredményt kapjuk, ha a jövedelem tömegének a maximalizálását, vagy az egységnyi területre eső jövedelem mennyiségének maximalizálását írjuk elő. Más a helyzet, ha a terület felhasználására csak felső korlátot adunk. Ez esetben az sem biztos, hogy a teljes terület felhasználását biztosító termelési ter-

⁵³ Ugyanezen megállapításra jutott Csáki Csaba és Varga Gyula a „Foglalkoztatás és optimális struktúra egy termelőszövetkezet példáján” tanulmányában (Tudomány és Mezőgazdaság, 1971. 6. sz.)

vet kapunk. Lehetséges, hogy csak a terület egy részét, például F_0 nagyságú területet használunk fel.

Tegyük fel, hogy a jövedelem tömeget maximalizálva egy F_0 nagyságú terület felhasználását biztosító termelési szerkezetet kapunk. (Természetesen, ha a teljes terület felhasználását előírtuk volna a modellben, akkor a rendelkezésre álló F nagyságú terület felhasználását lehetővé tette volna a modell megoldásaként kapott terv.) Tételezzük fel továbbá, amennyiben a területfelhasználást csak felülről korlátozzuk és célfüggvényünk a területegységre jutó jövedelem maximalizálása, akkor F_{00} nagyságú terület felhasználása lehetséges.

Biztos, hogy az F , F_0 és F_{00} között a következő nagyságrendi reláció áll fenn:

$$(7.2.) \quad F_{00} \leq F_0 \leq F.$$

A teljes terület felhasználása csak akkor biztosított, ha azt szigorú egyenlettel előírjuk. Ha a területfelhasználást csak felülről korlátozzuk és a jövedelem tömegét maximalizáljuk, olyan termelési tervet kapunk, amelyben a területfelhasználás vagy kisebb, mint a rendelkezésre álló terület, vagy pedig éppen azzal egyenlő. Ha felső területkorlát mellett a területegységre jutó jövedelmet maximalizáljuk, akkor pedig az előbbbitől is kisebb, vagy azzal egyenlő terület felhasználását előirányzó tervet kapunk. Ha tehát az F , F_0 és F_{00} értékek egymástól különböznek, akkor nagyságrendi relációjuk a

$$(7.3.) \quad F_{00} < F_0 < F$$

forma szerint alakul.

Csak megjegyezzük ezzel kapcsolatban, hogy az F_{00} és az F_0 értékek aszerint is különböznek, hogy a bruttó vagy a nettó jövedelem maximalizálását írjuk elő a célfüggvényben.

Ha az előbbi területfelhasználásokhoz a $P_{F_{00}}$, P_{F_0} és P_F jövedelem-tömegeket rendeljük, akkor azok között a

$$(7.4.) \quad P_{F_{00}} \leq P_{F_0} \leq P_F$$

reláció áll fenn, azaz biztos, hogy P_{F_0} nem kisebb, mint $P_{F_{00}}$ vagy P_F , de azt, hogy a $P_{F_{00}}$ és a P_F között milyen viszony van, előre nem tudjuk megmondani. Biztos azonban, hogy a területegységre jutó jövedelem nagyság viszonyai a

$$(7.5.) \quad \frac{P_F}{F} \leq \frac{P_{F_0}}{F_0} \leq \frac{P_{F_{00}}}{F_{00}}$$

szerint alakulnak.

A kifejtettek két szempontból érdemelnek figyelmet:

a) A területfelhasználásra előírt feltétel (egyenlet vagy felső korlát), valamint a célfüggvény (a jövedelem tömege vagy a területhez viszonyított mennyisége) megválasztásánál a fentieket mérlegelni kell.

b) A területtel kapcsolatban elmondottak, bonyolultabb körülmények között ugyan, de más tényezőkkel kapcsolatban is érvényesülnek. Ha például az összes ráfordítást, az összes állóeszköz értéket, az összes munkaerőt stb. a fentiekhez hasonlóan kívánjuk elvileg vizsgálni, az előzőekben bemutatott formulák, nagyságrendi viszonyok szintén érvényesek, tehát kizárólag a terület helyett a ráfordítást, az állóeszközértéket, a munkaerőt stb. kell értelmezni. E megfontolás még közelebb visz bennünket annak mérlegeléséhez, hogy valamely cél abszolút vagy viszonylagos értékét célszerű-e maximalizálni.

A munkaerőt tekintve még bonyolítható a probléma az 1 munkanapra jutó jövedelem maximalizálásának követelményével. Ha például a rendelkezésre álló munkaerőt M -mel, a rendelkezésre álló munkanapok számát N -nel, a ledolgozott munkanapok számát D -vel jelöljük, és a terület vizsgálatánál alkalmazott M_0 , M_{00} , N_0 , N_{00} , D_0 , D_{00} jelöléseket értelemszerűen alkalmazzuk, akkor a következő relációk érvényesek.

$$(7.6.) \quad M_{00} \leq M_0 \leq M,$$

$$(7.7.) \quad N_{00} \leq N_0 \leq N,$$

$$(7.8.) \quad D_{00} \leq D_0 \leq D,$$

és ugyanakkor

$$(7.9.) \quad \frac{P_M}{M} \leq \frac{P_{M_0}}{M_0} \leq \frac{P_{M_{00}}}{M_{00}},$$

$$(7.10.) \quad \frac{P_N}{N} \leq \frac{P_{N_0}}{N_0} \leq \frac{P_{N_{00}}}{N_{00}},$$

$$(7.11.) \quad \frac{P_D}{D} \leq \frac{P_{D_0}}{D_0} \leq \frac{P_{D_{00}}}{D_{00}}.$$

A rendelkezésre álló munkanap adott, ezért a $\frac{P_M}{M}$ maximumát és a $\frac{P_N}{N}$ maximumát ugyanazon termelési tervnél kapjuk. Ugyanígy a

$$\frac{P_{M_0}}{M_0}, \text{ valamint a } \frac{P_{N_0}}{N_0}, \text{ továbbá a } \frac{P_{M_{00}}}{M_{00}} \text{ és } \frac{P_{N_{00}}}{N_{00}}$$

maximalizálása is azonos termelési szerkezetet eredményezhet. Egészen eltérő eredményre juthatunk, ha a ledolgozott munkanapot vizsgáljuk.

Ekkor ugyanis a $\frac{D}{N}$ is (a munkaidő kihasználása) szerephez jut. A ledolgozható és rendelkezésre álló munkanap azonos, ezért $N=D$, tehát ha ezek felhasználására egyenletet írunk elő, azonos termelési szerkezetet kapunk, vagyis $\frac{P_N}{N}$ és $\frac{P_D}{D}$ maximumát ugyanazon termelési szerkezet adja.

A

$$\frac{P_{N_0}}{N_0} \text{ és } \frac{P_{D_0}}{D_0}, \text{ valamint } \frac{P_{N_{00}}}{N_{00}} \text{ és } \frac{P_{D_{00}}}{D_{00}}$$

azonban eltérő termelési szerkezetnél veszi fel maximumát. Ha a P_{N_0} és P_{D_0} , illetve $P_{N_{00}}$ és $P_{D_{00}}$ azonos lenne, akkor a

$$(7.12.) \quad \frac{N_0}{D_0} \cdot \frac{P_{N_0}}{N_0} = \frac{P_{D_0}}{D_0},$$

illetve a

$$(7.13.) \quad \frac{N_{00}}{D_{00}} \cdot \frac{P_{N_{00}}}{N_{00}} = \frac{P_{D_{00}}}{D_{00}}$$

összefüggések állnának fenn. Ez azonban nem szükségeszerű, ezért a (7.12.), illetve (7.13.) összefüggésben a $\equiv$ vagy $\cong$ reláció érvényesülhet aszerint, hogy P_{N_0} és P_{D_0} vagy $P_{N_{00}}$ és $P_{D_{00}}$ közül melyik a nagyobb.

A célfüggvény abszolút értékének maximalizálása vagy minimalizálása általában egyszerűbb feladathoz vezet, mintha a célfüggvény valamilyen relatív értékével dolgozunk. Az utóbbi esetben nemlineáris feladatok adódnak, amelyek a problémát bonyolítják, és mind a modellszerkesztés, mind a gépi számítás időszükségletét megnövelhetik. A probléma bonyolultságát, valamint a (7.1.—7.13.) formulákban megfogalmazott összefüggéseket mérlegelve célszerű eldönteni, hogy valamely célfüggvény abszolút vagy relatív tömege szélső értékének keresését tűzzük-e ki célul. Nem szükséges például a célfüggvény relatív tömegének szélső értékét keresni olyan esetben, amikor annak — egyszerűbben megfogalmazható és megoldható — abszolút tömege szélső értékét meghatározva ugyanarra az eredményre jutunk. Amennyiben azonban a célfüggvényben relatív értékek vizsgálata célszerű, igen jól alkalmazhatjuk általában a hiperbólikus programozást. Ennek részletesebb vizsgálatától e helyütt eltekintünk.

8. A termőföld közgazdasági értékelése és hasznosításának vizsgálata

A mezőgazdasági vállalatok középtávú és távlati tervezése során az a feladat, hogy az adott vállalat természeti és közgazdasági feltételeinek a lehető leghatékonyabb felhasználását biztosító tervet készítsünk. E követelmény egyik legdöntőbb mozzanata, hogy a legfontosabb termelési tényezőknek, a termőföldnek, a munkaerőnek és a termelési eszközöknek a lehető legcélszerűbb felhasználását biztosítsuk. E termelési tényezők döntő szerepe szükségessé teszi, hogy részletesebben is megvizsgáljunk néhány hasznosításukkal kapcsolatos kérdést. E vizsgálatok egyben alkalmasak annak megvilágítására is, hogy a matematikai programozás ilyen jellegű kérdések elemzésére is célszerűen felhasználható. Első megközelítésben külön-külön önmagukban vizsgáljuk a termőföldet, a munkaerőt és a termelési eszközöket, majd azokat egymással összefüggésben, komplex kapcsolatukban elemezzük.

A termőföld a mezőgazdaság nélkülözhetetlen termelőeszköze. Jellemzője, hogy korlátozott mennyiségben áll rendelkezésre mind összességét, mind fizikai állapotát és elhelyezkedését tekintve. Ennélfogva is közgazdasági értékelése és célszerű felhasználása a mezőgazdaság egyik fontos kérdése. A termőföld, mint felső korlát, mind a szocialista vállalat szintjén, mind országos szinten merev, abszolút korlátnak tekinthető, mind az ösztérületet, mind a termőföld fizikai tulajdonság és elhelyez-

kedés szerinti megoszlását illetően. (Részben ebből fakadtak korábban azok a nézetek, amelyek szerint a mezőgazdasági termékek iránti szükségletek kielégítése a teljes földterület kihasználását kívánja meg a mezőgazdasági termékek termelésére.) Másrészt a termőföld minősége kérdésének a megítélése sem egyértelmű. Nem lehet abszolút értelemben jó vagy rossz minőségű földekről beszélni. A termőföld minőségi jellemzője ugyanis sokféle összetevőből ered. Számításba jön itt a föld elhelyezkedése, domborzata, a talajvíz-vízviszonyok, a talaj mechanikai összetétele, savas vagy lúgos jellege, a talajerő-állapot, a káros sók jelenléte vagy hiánya, a termőtalaj rétegvastagsága stb.

A termőföld minőségének abszolút megítélése annál inkább nehéz, mert a különböző növények igénye a talaj állapotával szemben eltérő. Egyes növények a kötöttebb, mások a lazább szerkezetű talajokat szeretik, másként reagálnak a különböző növények a talajvíz szintjére, a talajerő állapotára, a káros sókra, a talaj savas vagy lúgos voltára stb. Igen jó példa erre, hogy a gyenge homoktalajok is jól hasznosíthatók pl. gyümölcsössel.

A termőföld, illetve a talaj minőségét tehát az azon termesztendő növényvel vagy növényekkel szoros kapcsolatban lehet megítélni.

A termőföld értékelése és célszerű felhasználása szoros kapcsolatban van, hiszen annál értékesebb egy adott földterület, minél célszerűbben tudjuk felhasználni, illetve annál célszerűbben használjuk fel az adott földterületet, minél értékesebb az számunkra.

A termőföld gazdasági értékelésének problémája már régen felvetődött, s azt különösen a föld ára, adózása, haszonbér megállapítása szempontjából tekintették fontos kérdésnek. Magyarországon a földek aranykorona-értéke, egyes országokban „a talaj értékelésen alapuló pontrendszer, illetve egységszámrendszer terjedt el, de már korszerűbb változatban (1—100 pont)”.⁵⁴

A jelenleg alkalmazott földértékelési rendszerek kialakítása és a földek értékelésének gyakorlati megvalósítása igen sok vizsgálatot, munkát és költséget követel, mindamellett gyorsan elavul, használhatatlanná válik. Érthető tehát az a mindinkább jelentkező igény, hogy a termőföld ér-

⁵⁴ Gönczi—Kádár—Vadász: Mezőgazdasági vállalatok és üzemek gazdaságtana. Közgazdasági és Jogi Könyvkiadó, Budapest, 1967. 95. old.

tékelésének rendszere objektív legyen — helyesen szintetizálja az ökológiai (természeti) és az ökonómiai (gazdasági) tényezőket —, de egyben perspektivikus is legyen.⁵⁵

A termőföld értékelésének jelenlegi rendszerei általában az egyes ökológiai és ökonómiai tényezőket vizsgálják, s ennek alapján kívánnak szintetikuseredményhez jutni. Már önmagában az is megoldhatatlan feladat, hogy objektíven értékeljük, különösen pedig, hogy objektív értékelés alapján kvantifikáljuk a különböző ökológiai és ökonómiai tényezőket. Ha még azt is meggondoljuk, hogy e tényezők — különösen az ökonómiai viszonyok — állandóan változnak arra a következtetésre jutunk, hogy egy perspektivikus földértékelési rendszer kialakítása — a jelenlegi, az egyes ökológiai és ökonómiai tényezők vizsgálatán alapuló koncepciók mellett — gyakorlatilag lehetetlen. A termőföld így megállapított gazdasági értéke vagy a jelenlegi helyzetet tükrözi — s ez esetben viszonylag rövid idő alatt elavul —, vagy pedig egy tervezett perspektivikus helyzetet, ami azonban gyakorlatilag sem a jelenlegi, sem a perspektivikus helyzetet nem tükrözné igazán reálisan.

Nézzük meg elsőként, hogy — a különböző ökológiai tényezők vizsgálatából kiindulva — milyen problémákkal találkozunk szemben magunkat, amikor a termőföld közgazdasági értékelésének valamilyen rendszerét kívánjuk kialakítani?

A termőföld közgazdasági értéke mindenképpen függ az adott földterület általános állapotától.⁵⁶ Ez magába foglalja többek között a talaj vastagságát, mechanikai összetételét, savas vagy lúgos jellegét, a talajerő állapotát, a káros sók jelenlétét, a talajvízszint magasságát, a domborzati viszonyokat stb. A termőföld állapotának önmagában történő elbírálása sem könnyű feladat. „A talaj a földkéreg legfelsőbb része. De már annak meghatározása is nehézségbe ütközik, hogy mekkora ez a felső réteg.”⁵⁷ Még nehezebb a helyzet, ha e tényezőket a termőföld közgazdasági érté-

⁵⁵ Uo. 96. old.

⁵⁶ Szándékosan a „föld általános állapota” kifejezést használom és nem a „föld minősége” kifejezést. A föld minőségének fogalma ugyanis a közhasználatban, de sokszor szakmai körökben sem egyértelmű, egyaránt használják a föld általános állapotának jelölésére, valamint minőségi értékrend (jó vagy rossz föld) kifejezésére.

⁵⁷ Csáki Norbert: A földellátottság szerepe a mezőgazdaság nemzetközi szakosodásában. Akadémiai Kiadó, Budapest, 1969. 18. old.

kelése céljából kívánjuk megítélni. A különböző növények igénye — mint arra utaltunk — a talaj állapotával szemben eltérő. Éppen ezért a termőföld közgazdasági értékelése során a termőföld általános állapotát az azon termesztendő növényvel, illetve növényekkel szoros kapcsolatban lehet csak megítélni.

A termőföld általános állapota egyrészt az elérhető terméshozamokra, másrészt a ráfordításokra gyakorolt hatásával befolyásolja a gazdálkodás jövedelmezőségét, s ezáltal a termőföld közgazdasági értékét. Márpedig a termőföldnek mind a ráfordítások, mind a hozamok alakulására gyakorolt hatása függ az időjárási tényezőktől is. Igen csapadékos vidéken például a vizet könnyen áteresztő homoktalaj kedvezőbb, mint a mélyfekvésű, kötött, a vizet át nem eresztő, ezért vízállásos terület. Adott talaj esetleg kedvező valamelyik növénynek, ha azonban e talaj az ugyanazon növény számára kedvezőtlen időjárású vidéken helyezkedik el, már nem alkalmas az adott növény termesztésére.

Az ökológiai tényezők részletesebb vizsgálata nélkül is megállapíthatjuk, hogy *a termőföld, az időjárás és a növény szoros kapcsolatát kell tekintenünk a termőföld közgazdasági értékelése során.*

A termőföld közgazdasági értékét befolyásoló ökonómiai tényezők is sokfélék. Ide sorolható a termőföld fekvése (elhelyezkedése, útviszonyok, piactól való távolság stb.), az árviszonyok, a munkaerőhelyzet, az adott vállalat termelési eszközökkel való ellátottsága, a vállalatvezetés színvonala stb. Nyilvánvaló, hogy a termőföld fekvése, s az útviszonyok meghatározzák, hogy milyen terméket tud a vállalat a piacon értékesíteni és beszerezni az adott árviszonyok mellett is, milyen konkrét áron, milyen költséges a szállítás a beszerzési helyekről, illetve az értékesítési helyekre stb. A munkaerőhelyzet egyrészt a foglalkoztatható munkaerő-mennyiség által bizonyos mértékig meghatározza az alkalmazható termelési technológiát és a termelési szerkezetet, másrészt hat a munkaerő foglalkoztatásának költségére is. A termelési eszközökkel való ellátottság ugyancsak nagymértékben meghatározza az alkalmazható termelési technológiát (széles a termelési költségeket és terméshozamokat) és a termelés lehetséges szerkezetét. A közgazdasági tényezők között ugyancsak kölcsönös kapcsolat van. A munkaerő-felhasználás és a termelőeszközökkel való ellátottság kölcsönös kapcsolata, valamint ezek és a termelési szerkezet, valamint a termelési technológia közötti kapcsolat vitathatatlan. De az árak

és a termelési szerkezet, valamint az alkalmazott termelési technológia kapcsolata, a terméshozam és a termelési technológia kapcsolata szintén kézenfekvő.

Aligha szorul részletesebb bizonyításra, hogy az ökológiai és ökonómiai tényezők között is szoros kapcsolat, kölcsönös összefüggés van. A talaj mechanikai összetétele és az éghajlati tényezők nagymértékben befolyásolják pl. a szükséges gépparkot, az anyagfelhasználást, de a munkaerő-szükségletet is stb.

A termőföld — azaz a termelés egyik tényezője — minősége tehát szoros kapcsolatban van a többi termelési tényezővel. Csapadékos vidéken nyilvánvalóan kedvezőbb lesz a vizet könnyen áteresztő talaj, mint a vizet nehezen áteresztő talaj, ahol a vízzáró réteg is közel van a talajszinthez. Az utóbbi esetben a földterület az év nagyobb részén víz alatt állhat, ami lehetetlenné teszi, hogy rajta bármit is termeljünk. A csapadéktól — és természetesen a többi természeti tényezőktől — függetlenül tehát a termőföld minőségét megítélni aligha lehet. A Szabolcs megyei homok jó minőségű talajnak számít az almatermelés céljára de csak akkor, ha az alma ára olyan magas, hogy termelése az elérhető (vagy általában elért) átlaghozam és ráfordításszint mellett jövedelmező. Ha az alma ára egy bizonyos szint alá csökken, és az átlagtermés nem nő, a Szabolcs megyei homoktalaj ismét rossz talajnak számít, hacsak nem találunk más terméket, amelynek termelése jövedelmező rajta. A talaj minősége tehát nem ítéltető meg a közgazdasági tényezőktől függetlenül sem (ár, piac, ráfordítás stb.).

Tegyük fel, hogy mind az éghajlati, mind a közgazdasági tényezők szempontjából jó talajnak számít a szabolcsi homoktalaj, ha azon almát termelünk. Ha azonban egy Szabolcs megyei vállalatnak nem áll rendelkezésére elegendő munkaerő és eszköz az almatermeléshez, kénytelen lesz más, kevésbé értékes és kevésbé jövedelmező termékeket termelni, s számára a jó talaj olyan, mintha az rossz talaj volna. *A talajminőség megítélését tehát a vállalat munkaerő- és eszközellátottságával is szoros összefüggésben kell végezni.*

Jelenleg a termőföld-értékelési rendszerrel kapcsolatban olyan igénnyel lépünk fel, hogy a sokfajta ökológiai és ökonómiai tényező vizsgálatából kiindulva egy szintetikus mutatót alkosson. Márpedig *e sokféle, jellegében különböző és még önmagában is nehezen értékelhető, ugyanak-*

kor egymással is sokoldalú kapcsolatban levő, komplex hatást kifejtő tényező vizsgálata alapján aligha képzelhető el egy szintetikus mutató kialakítása. Ennek szorgalmazása kizárólag azt eredményezheti, hogy erőltetett értékelési rendszer jön létre, amelyről mindenki tudja, hogy még csak meg sem közelíti a valóságot, sok esetben egyenesen helytelenül orientál, de jobb híján ezt alkalmazzuk mind a földadó, mind a haszonbér megállapítása során, mind pedig a gazdálkodás értékelése folyamán.

Abból kiindulva, hogy valamilyen támpontra feltétlenül szükség van a termőföld-értékelésben valamint főként a vállalati gazdálkodás célszerű elbírálását tartva szem előtt, megkíséreljük egy objektív módszer lehetőségének felvetését a termőföld értékelésére, nem tartva természetesen igényt a kérdés teljes kifejtésére, gyakorlati kimunkálására, ami amúgy is meghaladná e könyv kereteit. Tegyük hozzá, hogy az általunk javasolt módszer nem is annyira a termőföld abszolút értékelését tűzi ki feladatul — hiszen ilyen a valóságban nem is lehetséges —, hanem egy viszonylagos értékelés lehetőségét.

Tekintsünk egy olyan matematikai modellt, amely a termelési szerkezet optimumát keresi adott termőföldterület és adott termelési források mellett, miközben cél a jövedelem maximalizálása. Modellünk ez esetben a következő leegyszerűsített alakban írható fel:

$$\begin{aligned}
 x_j &\geq 0 \\
 \sum_j f_j x_j &\leq F \\
 \sum_j a_{ij} x_j &\leq b_i \\
 \sum_j g_{ij}^h x_j &\leq q_i^h \\
 P = \sum_j p_j x_j &\rightarrow \max.
 \end{aligned}
 \tag{8.1.}$$

x_j = a j -edik termék termelésének mennyisége;

f_j = a j -edik termék fajlagos földterület-szükséglete;

a_{ij} = a j -edik termék fajlagos munkaerőigénye az i -edik időszakban (munkanapban);

g_{ij}^h = j -edik termék fajlagos gépmunka-igénye az i -edik időszakban a h -adik géptípusból;

p_j = a j -edik termék egységnyi termelése során nyerhető jövedelem;

F = a rendelkezésre álló földterület;

b_i = az i -edik hónapban rendelkezésre álló munkaerő által teljesíthető munkamennyiség (pl. munkanapokban);

q_i^h = a h -edik géptípus által az i -edik időszakban teljesíthető munka mennyisége, illetve a h -edik gép vagy eszköz kapacitása;

P = a vállalati összjövedelem.

A (8.1.) modellt alkalmazva egy tervváltozathoz jutunk. Az ehhez tartozó P jövedelemnagyság azt mutatja, hogy az adott termőföldterületen, az adott munkaerő- és eszközellátottság mellett milyen összjövedelem érhető el optimális esetben. Természetesen az egységnyi területre jutó jövedelemnagyságot a

$$(8.2.) \quad \frac{P}{F}$$

hányados adja.

A valóságban a vállalat általában nem éri el a maximális jövedelmet, azaz a tényleges jövedelem (jelöljük P_0 -val) általában kisebb, de soha nem nagyobb, azaz a

$$(8.3.) \quad P_0 \leq P$$

reláció áll fenn, illetve a

$$(8.4.) \quad Q = \frac{P_0}{P} \cdot 100$$

megadja, hogy a tényleges jövedelem hány százaléka az optimális jövedelemnek.

A P_0 és P közötti különbség abból adódik, hogy a vállalatvezetés nem optimálisan gazdálkodik.

A Q olyan mutató, amely százalékosan fejezi ki, hogy az adott föld és más termelési tényezők felhasználása mellett a vállalatvezetés az optimálisan elérhető jövedelemnek a valóságban hány százalékát éri el.

Ha az adózás, és általában az elvonás, egy átlagosan várható P -re alapozódna, az fejezné ki valójában a vállalatok közötti eltérő feltételeket; mintegy „igazságos” elvonási rendszer jönne létre. A P meghatáro-

zása vállalati modellekkel a matematikai programozás felhasználásával történhetne. Valószínűleg nem is lenne feltétlenül szükség nagyon sok modellre, hogy a különböző vállalatokra meghatározzunk egy elvonási szintet, s ennek következtében e módszer a jelenlegi földértékelési módszernél kevesebb munkát, költséget és rövidebb időt igényelne. (Természetesen különböző feltételekre kellene vállalati modelleket vizsgálni.)

Tegyük hozzá, hogy mivel e módszerrel a jövedelemelvonás szintje rövid idő alatt meghatározható, gyakran, esetleg évente újra és újra elvégezhetők a vizsgálatok, aminek következtében egy — a gazdasági fejlődéssel változó — élő elvonási rendszer alakulhatna ki.

A fentiek alapján az elvonási rendszer az adott vállalat mindenkori helyzetét tükröző, objektív számításokon alapulna, s a vállalat helyzetének változását dinamikusan követné. Arra természetesen vigyázni kellene, hogy az elvonás konkrét szintjének megállapítása a feltételek változása során nehogy az adott feltételek megmerevítésére, hanem éppen kedvező változtatásukra ösztönözzön.

Véleményem szerint, az eddigiekben csak elvileg felvázolt rendszer — megfelelő gyakorlati kimunkálása esetén — reálisabb és célravezetőbb volna, mint a jelenlegi. Emellett kevesebb költséggel és munkával, rövid idő alatt lehetne kialakítani a vállalati jellemzőket, azok összes feltételeinek komplexebb, kölcsönös összefüggésüket szem előtt tartó értékelése alapján.

Az általunk felvázolt elvek egyébként alapjukban megegyeznek azokkal, amelyeket az aranykorona tiszta jövedelem megállapítására is kidolgoztak: tulajdonképpen az adott területen elérhető tiszta jövedelem meghatározása. Javaslatunkban azonban több volna az objektív elem, és jobban kifejezhetnénk a termelési tényezők kölcsönös kapcsolatát.

Mint már utaltunk rá, a termőföld értékelése és felhasználása között szoros kapcsolat, kölcsönös összefüggés van. Maga a termőföld kihasználása sem tekinthető öncélúnak. Nem azért termelünk a földterületen mezőgazdasági termékeket, hogy a termőföld ne heverjen parlagon, hanem azért, hogy az emberek szükségletét a mezőgazdasági termékekből mind magasabb szinten és mind változatosabban tudjuk kielégíteni. E célt pedig a „földterület kihasználása” fogalma nem fejezi ki. Helyesebb a „földterület célszerű vagy hatékony kihasználásáról” beszélni. A termőföld kihasználása csak azt mutatja meg számunkra, hogy a rendelkezésre

álló földterületnek hány százalékát használtuk fel mezőgazdasági termelés céljára. De még ilyen szempontból is pontatlan lehet a mutató, ha nem határozzuk meg egyértelműen, hogy azt a területet, amelyen többször is termelünk egy évben, csak egyszer vagy többször vesszük figyelembe. Véleményem szerint a földfelhasználás vizsgálatánál a következő mutatók alkalmazása célszerű

a) A területfelhasználás mutatója:

$$\frac{\text{Összes földterület} - \text{Egész évben paragon heverő terület}}{\text{Összföldterület}}$$

Ez a mutató kizárólag arra ad feleletet, hogy a földterület hány százalékán folytattak egyáltalán mezőgazdasági termelést. Az 1-nek és a mutatónak a különbsége megadja, hogy a terület hányad részen, hány százalékan nem folytattak egyáltalán mezőgazdasági termelést. A területfelhasználás mutatója tehát 1 fölött nem lehet.⁵⁸

A mutatót a szántóterületre vonatkoztatva kapjuk, hogy

b) a szántóterület felhasználási mutatója:

$$\frac{\text{Tavaszi vetésállomány}}{\text{Szántóterület}}$$

Ez a hagyományos, a statisztikában jelenleg is használatos mutatóval egyezik meg, s tulajdonképpen azt mutatja, hogy május 31-én a terület hány százaléka van hasznosítás alatt, vagyis, hogy a terület hány százalékát hasznosítottuk fővetésű növényekkel.

c) A terület többszöri kihasználásának mutatója;

$$\frac{\text{Tavaszi vetésállomány} + \text{Elő- és utóvetések}}{\text{Földterület}}$$

A mutató a földterület többszöri kihasználására jellemző, értéke 1 felett is lehet.⁵⁹

⁵⁸ Szándékosan nem teszünk különbséget szántóterület és más művelési ágak között, hiszen a mutató művelési áganként és az összes területre kiterjesztve egyaránt alkalmazható.

⁵⁹ E mutatót általában a szántóterületre számítják ki. Természetesen értelemszerűen az összes földterületre is alkalmazható.

⁶⁰ A termelési tényezők...

d) A termőföldterület célszerű hasznosításának két szintetikus mutatója az előbbieknél több és fontosabb információt nyújt számunkra. Az egyik a *területegységre jutó hozam* mutatója:

$$\frac{\text{Hozam}}{\text{Földterület}}$$

Ez nemcsak arról tájékoztat, hogy egyáltalán használtuk-e az adott földterületet vagy sem, hanem arról is, hogy azt hogyan, milyen eredményesen használtuk, s felhasználása mennyivel járult hozzá a szükségletek kielégítéséhez. Ha a vizsgált földterületen többféle terméket termelünk, természetesen az egyes termékekre vonatkozó hozamadatokat valamilyen technikai egységben vagy pénzürtékben számolva közös nevezőre kell hozni.

e) A másik szintetikus mutató a *területegységre jutó jövedelem*:

$$\frac{\text{Jövedelem}}{\text{Földterület}}$$

Az árutermelés viszonyai között a termelők általában nem maguk, hanem mások számára, áru céljára termelnek. Erre azonban csak akkor hajlandók, ha cserébe számukra szükséges termékekhez juthatnak, vagyis amellet, hogy a termelési költség megtérül, amiből az elhasznált termelési eszközöket pótolni tudják, még saját eltartásukról is tudnak a társadalomban kialakult szinten gondoskodni. Másrészt mind a termelőnek, mind a fogyasztónak érdeke a termelés bővítése, a jövőbeli fogyasztás bővítési lehetőségének megteremtése céljából. Ezért a termelő annál készségesebb a termelés folytatására, minél nagyobb jövedelem realizálására van reménye, ami mind a saját jelenlegi fogyasztása növelésének, mind a jövőbeli termelés és ezáltal a jövőbeli fogyasztás növekedésének alapja.

A termelő oldaláról nézve tehát a földterület célszerű kihasználása *jövedelmezőségi mutatóhoz kapcsolódik.*

Az a) — c) pontban foglalt mutatóknak az a sajátosságuk, hogy állapotuk és változásuk vizsgálható, de a változás hatása nem. Az, hogy a területfelhasználás 95%-os, vagy 95%-ról 97%-ra, tehát 2%-kal emelkedett, nem sokat mond. Ebből még azt sem tudjuk eldönteni, hogy az az adott vállalat vagy a népgazdaság, vagy a fogyasztók számára jó vagy rossz.

A hozam és a jövedelmezőségi mutató, vagy azok változása mind a

termelővállalat, mind a népgazdaság számára többet mond. E mutatók azonban kétféleképpen számíthatók ki: egyszer a ténylegesen termelésre felhasznált területre vetítve, máskor az összes területre vetítve.

A két módon kiszámított mutató között összefüggés van, azaz pl.

$$\frac{\text{Jövedelem}}{\text{Felhasznált terület}} = \frac{\text{Jövedelem}}{\text{Összes földterület}} \cdot \frac{\text{Felhasznált terület}}{\text{Összes földterület}},$$

vagy másképpen

$$\frac{\text{Egységnyi felhasznált területre jutó jövedelem}}{\text{jövedelem}} = \frac{\text{Egységnyi összes földterületre jutó jövedelem}}{\text{Területfelhasználás mutatója}}.$$

Ezek az összefüggések értelemszerűen a hozamokra is fennállnak.

A termeléshez ténylegesen felhasznált területre vetített mutatónak — különösen a jövedelmezőségi mutatónak — a matematikai programozásban különös jelentősége van.

Mint már említettük a szocialista országok korábbi gyakorlatában a termőföld teljes felhasználását szorgalmazták. Tegyük fel azonban, hogy most a földterület felhasználására csak felső korlátot építettünk a modellbe, nem ragaszkodva a termőföld teljes felhasználásához, hanem lehetővé tesszük egy részének kihasználatlanul hagyását.

Tegyük fel, hogy egy 2000 hektáros termelőszövetkezet modelljét állítottunk össze, s a modell megoldása során olyan termelési szerkezetet kaptunk, amely csak 1800 ha felhasználását eredményezi, s ezáltal 20 millió Ft jövedelem realizálására számítunk. Tételezzük fel hogy ezek után a modellben a földfelhasználás mérlegfeltételét úgy javítjuk át, hogy előírjuk a terület teljes felhasználását, s most olyan termelési szerkezetet kapunk, amely biztosítja ugyan a 2000 ha területnek a termelésre való teljes felhasználását, de csak 19 millió Ft realizálását teszi lehetővé.

A jövedelmezőségi mutató az előbbi esetben 11 111 Ft/ha, az utóbbi esetben pedig csak 9500 Ft/ha. Másszóval: a területfelhasználás 200 hektáros növekménye negatív hatású volt.

A lineáris programozással végzett tervezés során gyakran találkozunk ilyen esettel, ami néhány dologra felhívja a figyelmet.

Először is meg kell állapítanunk, hogy *a termőföldterület merev és abszolút korlát jellege egyáltalán nem tartalmazza azt, hogy a termőföld*

együttal szűk kapacitást is jelent. Lehetséges, hogy adott vállalatnál nem a föld, hanem a munkaerő vagy az eszközök — illetve valamely eszköz vagy eszközök, ide sorolván a pénzeszközöket is — jelentenek szűk kapacitást. Ez esetben a vállalat nem törekedhet arra — de a népgazdaság sem —, hogy a teljes területen mindenképpen termelést folytasson. Ez a területfelhasználás öncélúságát jelentené, és mind a hozam, mind a jövedelem csökkenéséhez vezetne.

Másodszor, ha a munkaerő vagy a rendelkezésre álló eszközök jelentik a termelésben a szűk kapacitást, akkor célszerűbb lehet azok felhasználását a terület egy részén koncentrálni. Mind a gyakorlati tapasztalat, mind a lineáris programozás alkalmazása azt mutatja, hogy ilyenkor a „jobb földekre” helyes a termelést összpontosítani, míg az adott termékek szempontjából nézve „rossz földeket” célszerű a termelésből elhagyni.

Harmadszor, ha a munkaerő vagy a rendelkezésre álló eszközök jelentik a termelésben a szűk kapacitást, de a terület teljes felhasználására törekszünk, akkor a megoldás nem az kellene hogy legyen, hogy a matematikai modellben a termőföld teljes felhasználását írjuk elő, hanem vagy a munkaerő és az eszközállomány növelését kell biztosítani a szükséges szinten, vagy, ha ez nem lehetséges, illetve emellett, ezzel egyidőben, a termelési technológiák olyan változtatásának lehetőségeit kell keresni, amelyek mellett a rendelkezésre álló munkaerő- és eszközállomány célszerűvé teszi a teljes terület felhasználását.

Mindemellett vizsgálni kell azt is, hogy esetleg más termékek termelése lehetséges-e és van-e ezek között olyan, amely a teljes földterület jövedelmező felhasználását biztosító termelési szerkezet összeállítását teszi lehetővé.

Ha ezek az eljárások nem vezetnek eredményre, akkor célszerű lemondani a teljes terület termelésre való felhasználásáról, vagy pedig számolnunk kell annak jövedelemcsökkentő hatásával.

Ilyen jellegű vizsgálattal kapcsolatban felmerülhet a termőföld költségének szerepe is. Bár szocialista földtulajdon esetén a földnek nincs közgazdasági értelemben vett értéke, mind több közgazdász amellet foglalt állást, hogy a földhasználatot valamilyen költségekkel terhelt kell, márcsak a termőföld kihasználásának ösztönzése céljából is. Valójában ilyen költségek a földadó is. Véleményem szerint a „földköltség” a ter-

*mőföld felhasználásával szemben passzívan viselkedik még akkor is, ha mind a felhasznált, mind a fel nem használt földterületet ugyanazon költséggel terheljük.*⁶⁰ Hiszen, hogy az előbbi példánál maradjunk, 20 millió Ft-ból könnyebben ki lehet fizetni a földköltséget, mint 19 millió Ft-ból. Ha azonban a nem művelt terület még kisebb költséget is jelent, az szűkös munkaerő- és eszközellátottság esetén egyenesen ösztönöz a termőföld egy részének — a „legrosszabb” földeknek — a parlagon hagyására. A valóságban ez a helyzet, mert például a parlagon hagyott területtel kapcsolatban egyes költségek (pl. jégkárbiztosítás) nem merülnek fel.

Ha a munkaerő- és az eszközkapacitást egy adott modellben változtatjuk, azt tapasztaljuk, hogy a kapacitások szűkítésével csökken a területfelhasználás, növekszik a termelésre nem javasolt terület, vagyis egyre nagyobb terület válik „rossz” földdé, amelyet termelésre felhasználni nem célszerű, mert az csökkentené a vállalat összjövedelmét. Ez is bizonyítja, hogy a termőföld minőségének megítélése nem választható el a munkaerő- és eszközellátottságtól.

Valójában a mezőgazdasági vállalatok fejlődésére az a jellemző, hogy a munkaerő-kapacitás csökkenése, s egyidejűleg a termelési eszközök kapacitásának növekedése, és természetesen ezzel egyidejűleg a munka termelékenységének növekedése megy végbe, vagyis alapvetően nem a kapacitások szűkülése, hanem bővülése következik be. Ez együtt jár azzal, hogy a „rossz földek” arányának csökkenő tendenciája az alapvető tendencia.

A kapacitások bővülésének eredményeképpen *a termőföld maga is jelenthet szűk keresztmetszetet* a mezőgazdasági vállalatoknál. Ekkor a munkaerő-ellátottság és eszközellátottság a földterülethez viszonyítva bőséges. *Ilyen esetben az adott földterület teljes felhasználása sem biztosítja a munkaerő és az eszközök jövedelmező felhasználását. Most sem lehet az a megoldás, hogy a modellbe a munkaerő és az eszközök teljes felhasználását írjuk elő, mert ez azt eredményezheti, hogy több munkával és eszközfelhasználással kevesebb jövedelmet érünk el.* A megoldás itt a munkaerő egy részének átirányítása mezőgazdaságon kívüli jövedelmező területekre, az

⁶⁰ Legfeljebb szubjektív hatása van a vállalatvezetésre.

eszközök egy részének — a feleslegnek — az értékesítése, esetleg a pénzeszközöknek a mezőgazdaságon kívüli területeken való felhasználása, vagy bankbetét létesítése lehet. Másrészt ez esetben is megvizsgálható, van-e mód újabb, jól jövedelmező munkaerő- és eszközigenyes ágazatok modellbe építésére.

A lineáris programozással végzett tervezés igen nagy előnye, hogy *egyértelműen megmutatja a vállalati termelés szűk keresztmetszeit*. Ebből a szempontból nézve is előnyösebb a célrealisztikus lineáris programozási modell alkalmazása. Egyrészt azáltal, hogy a pénzeszközök felhasználását a szűk keresztmetszetek bővítésére irányozza elő, másrészt a variánszámítás során például az eszközkorlátok bővítése egy adat — a pénzeszközök korlátja — megváltoztatásával lehetséges. A klasszikus programozási modellben általában több korlát egyenkénti vagy egyszerre történő bővítése válik szükségessé.

Láttuk, hogy a termőföld minősége csak más tényezőkkel összhangban ítéltethető meg. A vállalat földterületének az a része „jó földnek” tekinthető, amelyen jövedelmező termelés folytatható, bár a földrész minősége nem egyforma. Ilyen szempontból nézve, a földminőség megítélése nemcsak a munkaerő- és eszközellátottságtól és az átlaghozamoktól, valamint a mezőgazdasági termékek értékétől függ, hanem a termelési eszközök árától és a munkabér nagyságától — ha a nettó jövedelem szempontjából végezzük a vizálatokat —, illetve a mezőgazdasági termékek és a mezőgazdaságban használt termelőeszközök árárányától és a mezőgazdasági termékek ár és munkabéarányától.

Tekintsük ismét az 5. fejezetben (lásd 6. táblázatot) példaként választott egyszerű modellt. Ha a modell klasszikus megfogalmazását veszszük, tehát a gép I-ből 13, a gép II-ből 10 db áll rendelkezésre és a gépek ára 50%-kal emelkedik, továbbra is 50 műszaknap-teljesítményt tételezve fel, az első gép esetén az egy műszakra jutó amortizációs költség 100 Ft-ról 150 Ft-ra illetve a gép II-nél 120 Ft-ról 180 Ft-ra emelkedik. Ezek szerint az első terméknél az 1500 Ft-ból $6 \cdot 150 + 4 \cdot 180 = 1620$ Ft amortizációs költséget levonva, a jövedelem — 120 Ft volna, azaz az ágazat veszteséges lenne. Ugyanezen számításokat a többi termékre is elvégezve, a második terméknél 10 Ft, a harmadiknál 320 Ft, a negyediknél pedig 430 Ft célfüggvény-koefficienshez jutunk.

Ha a modellt átalakítjuk úgy, hogy a fenti célfüggvény-koefficienset írjuk a megfelelő termékekhez és a területfelhasználást csak felülről korlátozzuk — tehát a teljes felhasználás igényével nem lépünk fel —, egy olyan termelési tervet kapunk, amelyben kizárólag a második terméket termeljük 86,67 hektáron.

E termelési szerkezet gépimunka-igénye 260, 173, 173, illetve 87 műszak, vagyis a gép I-et használjuk ki teljesen az egyik időszakban, s a gép II-ből 1,3 gép teljesen feleslegessé válik, eladható. Szembetűnik az is, hogy 13,33 ha területet nem használtunk ki, azaz az adott körülmények között 13,33 ha rossz földként fogható fel, amelyen a **termelés nem** jövedelmező.

Tudjuk azonban, hogy a klasszikus lineáris programozási modell nem ad reális eredményt. Bár az előbbi megoldásunk 886,70 Ft jövedelmet ígér a valóságban még akkor is, ha az 1,3 gépet eladjuk, a megmaradt gépek összes amortizációs költsége 175 800 Ft, míg az ágazatokra közvetlenül ráterhelhető költségekkel számított jövedelem csak 112 671 Ft. A valóságban vállalati szinten tehát 63 129 Ft veszteséggel számolhatunk.

A lineáris programozást alkalmazva, mint láttuk, a földterület felhasználásának vagy kihasználásának problémája sok vonatkozásban új megvilágításba kerül, de egyben felhívja a figyelmet más tényezőkkel való kapcsolatára, s e tényezők — különösen a munkaerő- és az eszközfelhasználás — vizsgálatának szükségességére, természetesen az árak figyelembevételével.

A lineáris programozással kapott eredmények teljesen összhangban vannak *Marx* földjáraadék elméletével, azt igazolják. *A különbözőzeti földjáraadék alapja*, mint vizsgálataink is bizonyítják, *a földek minőségi különbsége* — ami a termőföldek minőségi különbözőségéből, tehát a talaj domborzatából, mechanikai összetételéből, a termőréteg vastagságából, a talajerő állapotából stb. tevődik össze, — és *a földek fekvése*, elhelyezkedése — ami az időjárás, szállítási és piaci viszonylatban realizálódik —, *valamint a pótlólagos tőkebefektetés* —, ami a munkaerő-ellátottságban az eszközellátottságban, másrészt a talajjavításban, az öntözési lehetőségek megteremtésében stb. jut végső soron kifejezésre. A termőföld minőségét tehát *Marx* is a munkaerő- és eszközellátottsággal, valamint a piaci viszonyokkal szoros kapcsolatban vizsgálja, amikor a különbözőzeti földjára-

radék keletkezését két formára bontja, és a pótlólagos tőkebefektetést hatásában úgy fogja fel, mint a föld minőségének megváltozását.

Vizsgálatunk továbbfejlesztése valószínűleg felvetne néhány gondolatot a különbözeti földjáradékkal és annak elvonásával kapcsolatban is. E feladat megoldása azonban egy további munka célja lehet.

Bemutatott számszerű példáinkat a klasszikus lineáris programozási modellre alapoztuk az egyszerűbb megvilágítás érdekében. A célrealisztikus modell alkalmazása esetén, ha a munkaerő-létszámot vagy eszköz-állományt felülről korlátozzuk, ugyanerre az elméleti eredményre jutunk.

9. A munkaerő-felhasználás és munkaerő-sűrűség hatásának vizsgálata

A munkaerő kérdésével, s ezen belül a munkaerő-felhasználás és a munkaerő-sűrűség problémáival több szakmunkában találkozunk. A terjedelmesség elkerülése érdekében le kell mondanunk arról, hogy az e kérdéssel foglalkozó irodalmat áttekintsük, sőt még arról is, hogy gyakran hivatkozzam a szerzőkre, akiknek megállapításaival egyetértek vagy akiktől eltérő megállapításra jutok. Ezt annál inkább megtehetem, mert a kérdéssel foglalkozó szerzők megállapításaikat megfigyelésükből és konkrét statisztikai adatokból vonták le, viszont könyvemben más, absztrakt vizsgálati módszerekhez folyamodom, és megállapításaimat e vizsgálatokra alapozom akkor is, ha azok más szerzők megállapításaival egybe is esnek, vagy ha azoktól eltérnek.

A konkrét statisztikai adatok elemzése alkalmas adott konkrét helyzet vizsgálatára, s ennek alapján előrejelző, várható tendenciák jelzésére is, de nem mindig alkalmasak egzakt törvényszerűségek feltárására. Szokásos például a munkaerő-sűrűség és a jövedelem sorának egymás mellé állítása és elemzése. E vizsgálat alapján nem lehet megállapítani, hogy a munkaerő-sűrűség milyen hatással van a jövedelem alakulására, milyen törvényszerűségek uralkodnak e kapcsolatban. A jövedelem alakulását ugyanis nemcsak a munkaerő, hanem a vállalat elhelyezkedése, természeti és közgazdasági feltételei, a vállalatvezetés színvonala stb. is

befolyásolják, s a konkrét statisztikai adatokban ezek hatása is kifejezésre jut. Ha valójában a munkaerő-sűrűség hatásait kívánjuk megállapítani, akkor el kell vonatkoztatni a többi tényezőtől, ki kell szűrni a jövedelemből mind a természeti, mind a közgazdasági tényezőket, mind pedig a vállalatvezetés színvonalának eltéréséből adódó következményeket. Ennek lehetősége csak akkor van meg, ha vizsgálatunkat nem a statisztikai adatokra, hanem a „laboratóriumi modellekre” alapozzuk. Könyvemben ezt az eljárást követem.

A munkaerő-sűrűség és a munkaerő-felhasználással kapcsolatban lefolyt vita⁶¹, *Ihrig Károly* vitaindító tanulmánya és zárszava, valamint a hozzászólások számos vonatkozásban megerősítettek abban, hogy a könyvemben felvetett kérdésekkel célszerű foglalkozni, s azokat egzakt módszerekkel vizsgálni. A vitában elhangzott megállapítások egy részét vizsgálataim alapján alátámasztom, más esetekben eltérő megállapításra jutok. Különösen fontosnak tartom, hogy a vitában teret kapott az absztrakció és egzaktitás, valamint a termelési tényezők — föld, munkaeszköz — komplex kapcsolatának a hangsúlyozása.

A termelési tényezők komplex kapcsolatának vizsgálatát azonban — mint arról már szó volt — kénytelenek vagyunk lépésről lépésre megközelíteni (utalva természetesen mindig a komplex szemlélet fontosságára), s majd később végezzük el ezek összefüggő vizsgálatát. Ez lehetővé teszi mind az egyes tényezők hatásának, mind komplex hatásuknak az elemzését, s ennek alapján néhány törvényszerűség feltárását, illetve vizsgálatát.

9.1. A munkaerő jellemzői; a munkaerő mint a termelés korlátozó tényezője

A tervezés során — bármely tervezési módszert is alkalmazzuk — figyelemmel kell lenni arra, hogy az emberi munka a termelés legfontosabb tényezője. Fontos sajátossága, hogy társadalomban élő és gondolkodó

⁶¹ Vö. *Ihrig Károly*: A termelészövetkezetek tagsűrűségének gazdasági következményei. Akadémiai Kiadó, Budapest, 1968.

emberek szolgáltatják. *Az ember pedig a termelésnek nemcsak a legfontosabb tényezője, hanem egyben célja is, hiszen a termelés éppen az ember biológiai és társadalmi szükségleteinek mind magasabb szinten való kielégését célozza.* Ebből kiindulva, szocialista viszonyok között, a vállalatok munkaerő-gazdálkodása nemcsak a munkaerőnek mint a termelés tényezőjének a szervezését, hanem az emberről való gondoskodást, egészségének és testi épségének megóvását, biológiai, kulturális és társadalmi szükségleteinek lehető legmagasabb szinten való kielégítését is magában foglalja.

A vállalati munkaerő-gazdálkodás fontos feladata a munkaerőnek a termelés szempontjából való lehető legkedvezőbb elosztása, az emberi munkaerő hatékony foglalkoztatása. Az ember számára, mint tudatos, társadalmi lény számára, általában a munkán kívül eltöltött idő sem elpazarolt idő, mert azt hasznosan pihenésre, társadalmi és kulturális életre, és nem utolsósorban tanulásra tudja fordítani. *Nincs tehát károsabb dolog a világon, mint a legfontosabb tényezőnek, az embernek a haszontalan foglalkoztatása, a munkaerő elfecsérlése.* Vállalati szinten az emberi munka hatékony foglalkoztatása a vállalati jövedelemben realizálódik. A hatékonyság megítélésére, vállalati szinten, más módunk aligha van, bár köztudott, hogy az nem mindig felel meg a népgazdasági társadalmi hatékonyságnak.

A munkaerő elosztásának tekintettel kell lennie az emberek fizikai és szellemi színvonalára, adottságaira, képzettségére is. *Az ember értelmes lény, és nem szívesen végez olyan munkát — bárhogyan is megfizetik azt —, amelynek hasznosságáról nincs meggyőződve.* Mivel az, hogy a dolgozó munkáját mennyire hasznosnak ítéli meg, kifejezésre jut a munka termelékenységében, a munkaerő-gazdálkodás során ezzel is számolni kell. Jó munkateljesítményt akkor várhatunk, ha a munka összhangban van a dolgozó képességeivel, és hasznosságáról a dolgozó meggyőződött. Az utóbbiról a dolgozó leginkább akkor győződhet meg, ha maga is részt vehet a vezetésben, a döntésben. *A vezetés demokratizmus, a dolgozóknak a vezetésbe történő bevonása tehát a munka termelékenységének is fontos tényezője.*

Az ember állandóan kritikailag értékeli saját munkáját, munkafeltételeit, biológiai, társadalmi és kulturális szükségletei kielégítésének szintjét is. Ezek kedvezőtlen alakulása nagymértékben befolyásolja hangula-

tát, munkakedvét és munkamorálját, s végső fokon munkateljesítményét. Csak akkor várhatunk a dolgozótól jó teljesítményt, ha érzi, hogy munkáját és egyéniségét megbecsülik, véleményét kikérik, bevonják a vezetésbe, és számára — a lehetőségek között — a legjobb munka- és életfeltételeket biztosítják. Különösen érzékeny az ember az arányosságra és az igazságosságra. Ennek biztosítása nem könnyű feladat, mert sem az ember képességeit, sem a munkát nem tudjuk megbízhatóan mérni, összehasonlítani. Az ember sokoldalúságánál fogva sokféle munkát el tud látni, illetve egy adott munkát több különböző ember is el tud végezni. Ilyen körülmények között a munka és a keresetek, illetve kereseti lehetőségek igazságos elosztása nem könnyű.

Az ember, egységnyi idő alatt, különböző teljesítményre képes. *Az egyik legnehezebb feladat az erkölcsi és az anyagi ösztönzők olyan alkalmazása, amely igazságos, és egyben optimális munkateljesítményre ösztönöz.*

A mezőgazdaságban lényeges probléma a munka idényszerűsége. Ez azt a bonyolult feladatot állítja a vállalatvezetés elé, hogy a termelési feladatokat, a munkaerő és a termelési eszközök felhasználását — a vállalat adott feltételei között — az idényszerűség figyelembevételével hangolja össze.

A gazdasági elemzés és tervezés során sokszor vagy a termelési feladatokból és a termelési eszközök adott mennyiségéből kiindulva határozzák meg a munkaerő-szükségletet, vagy az adott munkaerő-ellátottsághoz igazítják a termelési feladatokat és a termelési eszközök mennyiségét.

„Egy gazdaság munkaerő-helyzetének elemzése, tervezése során alapelvben kétféle kiindulási pontot tételezhetünk fel:

a) Adva van a termelési feladat (a termékek, az ágazatok) és meghatározott felszereltségi színvonal. A feladat adott teljesítéséhez meghatározott létszámú és összetételű munkaerőre van szükség, tehát ehhez kell hozzáigazítani (felvenni vagy elbocsátani) a munkaerőt.

b) Adva van a munkaerő-állomány létszáma és összetétele, s ehhez kell hozzáigazítani a termelést oly módon, hogy az a munkaerő gazdaságos foglalkoztatását biztosítsa.”⁶²

⁶² Gönczi—Kádár—Vadász: i. m. 129. old.

A termelési feladat, az eszközigény és a munkaerő-szükséglet azonban kölcsönös összefüggésben van egymással, s a probléma egy oldalról való megközelítése hibás döntést eredményezhet. Láttuk, hogy a lineáris programozást alkalmazva ilyen egyoldalúságra nincs szükség, mert az a tényezők kölcsönös összefüggéseinek vizsgálatát és érvényrejuttatását teszi lehetővé.

Ha a problémát úgy közelítjük meg, hogy adva van a termelési feladat és meghatározott felszereltségi színvonal, a munkaerő-szükséglet meghatározása viszonylag könnyű, olyannyira, hogy ha a technológia is értelemszerűen meghatározott — tehát eldöntöttük, hogy pl. a gépekkel mely munkákat fogjuk végezni —, csupán szorzás és összeadás kérdése. Legfeljebb, ha a technológiákról még nem döntöttünk egyértelműen, akkor merül fel döntési lehetőség, hogy a munkaerő-szükséglet és a gépek elosztásának kapcsolatát vizsgálva kell a munkaerő-szükségletet meghatározni.

Nehezebb a probléma, ha adott munkaerő-létszámból és összetételből kiindulva kell a termelési feladatot meghatározni.

Egyelőre tekintsünk el a termelési eszközök vizsgálatától, feltételezve, hogy azok a szükség szerinti mennyiségben és összetételben fognak rendelkezésre állni. Tekintsünk el továbbá a munkaerő összetételének vizsgálatától is, feltételezve, hogy mind a szükséglet, mind a rendelkezésre álló munkaerő homogén összetételű, vagy legalábbis inhomogenitása nem olyan nagymértékű, hogy az vizsgálatunkban jelentős szerepet játszana. Végül, tételezzük fel, hogy az adott vállalat egynemű talajjal rendelkezik, öntözés nélküli gazdálkodást folytat és termelési szerkezetét (termelési feladatát) kizárólag a rendelkezésre álló munkaerő korlátozza.

Ezen egyszerűsítő feltételezések mellett az optimális termelési szerkezet (a termelési feladat) meghatározására az alábbi egyszerű matematikai modell szerkeszthető meg:

$$\begin{aligned}
 & \sum_{j=1}^n f_j x_j \leq F \\
 (9.1.) \quad & \sum_{j=1}^n a_{ij} x_j \leq b_i \\
 & \sum_{j=1}^n p_j x_j \rightarrow \max.
 \end{aligned}$$

és

$$x_j \geq 0.$$

A (9.1.)-ben megfogalmazott modellben a technológiai mátrix a_{ij} oefficiensei kizárólag a munkaerő-szükségletet (munkanapokban) tartalmazzák, a b_i pedig a rendelkezésre álló munkaerő által teljesíthető munkanapokat az i -edik időszakban (pl. havonként). A földterület teljes felhasználását szándékosan nem írtuk elő, hanem csak felülről korlátoztuk.

A (9.1.)-ben megfogalmazott modell klasszikus lineáris programozási modell. Ha célrealisztikus modellünket alkalmazzuk, akkor a következőkhöz jutunk:

$$(9.2.) \quad \sum_{j=1}^n f_j x_j \leq F$$

$$\sum_{j=1}^n a_{ij} x_j - \beta b_i' \leq 0$$

$$\beta \leq m$$

$$\sum_{j=1}^n p_j x_j \rightarrow \max.$$

és

$$x_j \geq 0$$

Itt β értékét felülről korlátoztuk. [Mivel β -hoz nulla célfüggvénykoefficiens tartozik — amit nem tüntettünk fel — a feladat a (9.1.)-gyel egyezik.]

Feltesszük, hogy az a_{ij} és p_j oefficiensek vetítési alapja az egységnyi terület (1 ha). Ez esetben az f_j oefficiensek egységek, tehát $f_1 = 1, f_2 = 1, \dots, f_n = 1$.

Ha a $p_1, p_2, \dots, p_n$ közül a legnagyobb értéket a p_1 -nél találjuk, azaz $p_1 > p_2, p_3, \dots, p_n$ áll fenn, vagyis a legnagyobb jövedelmet a termelhető termékek közül 1 hektáron az első termék adja, és a $\frac{b_i}{a_{i1}}$ minden i -nél magasabb hányadost ad, mint az $\frac{F}{f_1}$, akkor a modell megoldásaként azt kapjuk, hogy az első terméket $\frac{F}{f_1}$ hektáron kell termelni. Ez esetben viszont a munkaerő egy részét még a csúcsideszakban sem tudjuk foglalkoztatni

az adott termelési feladatban, de az adott F nagyságú területen ez a termelési feladat szolgáltatja a legnagyobb jövedelmet. Ez arra utal, hogy a munkaerő az adott feltételek között feleslegben áll rendelkezésre.

Amennyiben mindenképpen ragaszkodni kívánunk ahhoz, hogy a rendelkezésre álló munkaerőt legalább egy időszakban teljes mértékben foglalkoztassuk, számolnunk kell az összjövedelem csökkenésével. *A munkaerő ilyen bősége esetén semmiképpen sem javasolható a termelési szerkezetnek a munkaerő-létszámhoz történő igazítása, mert a felesleges munkaerő ilyen foglalkoztatása nemcsak haszontalan, hanem egyenesen káros volna: az elérhető összjövedelem csökkenését eredményezné.*

Kevésbé szélsőséges az az eset, amikor a modell megoldása olyan eredményhez vezet, hogy egy vagy több időszakban a rendelkezésre álló munkaerőt teljes mértékben foglalkoztatni tudjuk, más időszakokban viszont egy részének nem tudunk munkát biztosítani. A mezőgazdaságban általában ez az eset áll fenn.

Ha a modell megoldása alapján kapott — optimális — termelési szerkezetet x^{opt} -mal jelöljük, akkor a munkaerő-szükségleti mátrix alapján az optimális termelési szerkezet munkaerő-szükségletét az egyes időszakokban ($b_i^{\text{opt.}}$) egyszerűen meghatározhatjuk, azaz

$$(9.3.) \quad \sum_{j=1}^n a_{ij} x_j^{\text{opt.}} = b_i^{\text{opt.}}.$$

A b_i és $b_i^{\text{opt.}}$ értékeket i -re összegezve és összehasonlítva, kapjuk a munkaerő-kihasználásának mutatóját:

$$(9.4.) \quad \frac{\sum_{i=1}^m b_i^{\text{opt.}}}{\sum_{i=1}^m b_i},$$

ami képet ad arról, hogy a rendelkezésre álló munkaerőt (munkanapokat) hány százalékban használjuk fel.

Ha az összjövedelmet P -vel jelöljük, a

$$(9.5.) \quad \frac{P}{\beta}$$

hányados az egy dolgozóra jutó jövedelmet, a

$$(9.6.) \quad \frac{P}{\sum_{i=1}^m b_i^{\text{opt.}}}$$

hányados az egy felhasznált munkanapra jutó jövedelmet, a

$$(9.7.) \quad \frac{P}{\sum_{i=1}^m b_i}$$

hányados pedig az egy rendelkezésre álló munkanapra jutó jövedelmet mutatja.

Természetesen a

$$(9.8.) \quad \frac{P}{\sum_{i=1}^m b_i^{\text{opt.}}} = \frac{P}{\sum_{i=1}^m b_i}$$

csak akkor áll fenn, ha a munkaeőrt minden időszakban teljes mértékben foglalkoztatjuk.

A matematikai modellbe minden nehézség nélkül be lehet építeni olyan mérlegfeltételt, ami a munkaeő-kihasználás magasabb szintjét biztosítja, vagyis a (9.4.) hányadost az 1-hez közelíti.

Ha azonban a (9.4.) hányadost az 1-hez közelítjük, azaz

$$(9.9.) \quad \frac{\sum_{i=1}^m b_i^{\text{opt.}}}{\sum_{i=1}^m b_i} \rightarrow 1,$$

akkor

$$(9.10.) \quad \frac{P}{\sum_{i=1}^m b_i^{\text{opt.}}} \rightarrow \frac{P}{\sum_{i=1}^m b_i}$$

áll fenn, vagyis az egy ténylegesen felhasznált munkanapra jutó jövedelem közelít az egy rendelkezésre álló munkanapra jutó jövedelemhez.

Mivel a

$$(9.11.) \quad \frac{P}{\sum_{i=1}^m b_i^{\text{opt.}}} > \frac{P}{\sum_{i=1}^m b_i},$$

a (9.9.), illetve (9.10.) a teljesített munkanapra jutó jövedelem csökkenését, s természetesen ezzel együtt az egy főre jutó jövedelem csökkenését is jelenti.

Míg az egy főre jutó jövedelem viszonylag lassú ütemben, az összjövedelem csökkenése arányában csökken, addig az egy teljesített munkanapra jutó jövedelem csökkenése gyors ütemű, tekintve, hogy a jövedelem csökkenésével egyidejűleg a teljesített munkanapok száma (vetítési alap) növekszik. Ez mindenképpen arra int, hogy a munkaerő foglalkoztatása illetve kihasználása nem lehet öncélú. *A munkaerő foglalkoztatását hangsúlyozó hibás szemléletet a munkaerő hatékony foglalkoztatásának szemléletével kell felváltani*, ami kizárja a munkaerőnek a jövedelem szempontjából haszontalan vagy káros foglalkoztatása követelményét.

A munkaerő hatékony foglalkoztatásának megítélése azonban nem mindig egyértelmű. Az bizonyos, hogy az egy dolgozóra jutó jövedelem akkor lesz a legnagyobb, ha adott dolgozói létszám mellett a legmagasabb összjövedelmet érjük el. Egyáltalán nem biztos azonban, hogy az egy ledolgozott munkanapra jutó jövedelem is akkor lesz a legnagyobb, sőt, vizsgálataink szerint e tekintetben éppen a fordított tendencia érvényesül.

Tegyük fel például, hogy a (9.1.)-ben megfogalmazott modellt megoldva olyan termelési szerkezetet kapunk, amely a munkaerő 60%-os kihasználását biztosítja, és ezáltal 20 millió Ft bruttó jövedelem realizálása válik lehetővé. Most megoldjuk a modellt úgy, hogy előírjuk a munkaerő 50, 55, 65 és 70%-os hasznosítását, amikor is a kapott termelési szerkezet sorrendben 17, 19, 19, és 17 millió Ft bruttó jövedelem realizálását teszi lehetővé. Az egy főre jutó bruttó jövedelem legmagasabb lesz a 60%-os kihasználási szint esetén. Az egy ledolgozott munkanapra jutó bruttó jövedelem viszont a munkaerő-kihasználás fokozásával egyre gyorsabb ütemben csökken, de növekszik azáltal, ha a munkaerő kihasználását csökkentjük. Amikor ugyanis a munkaerő-kihasználás 60%-ról 55%-ra, illetve 50%-ra csökken, ez a kihasználás 17%-os, illetve 16,7%-os csökkenését jelentette (a 60%-os kihasználást bázisul tekintve), azonban a jöve-

delem 20 millióról csak 19, illetve 17 millió Ft-ra csökkent, ami a 20 millióhoz viszonyítva csak 5%-os, illetve 15%-os csökkenést jelent.

A (9.1.) alatt megfogalmazott modell [és hasonlóan a (9.2.) is] olyan termelési szerkezetet is eredményezhet — mint már erről szó volt —, amely nem biztosítja a terület teljes felhasználását a termelésre. Ez arra utal, hogy az adott feltételek között a munkaerő jelenti a szűk keresztmetszetet. Megvizsgálható az, is hogy a munkaerő-létszám növelése milyen mértékben hat a terület kihasználására, s ezzel együtt hogyan változik az egy munkaerőre és egy ledolgozott munkanapra jutó jövedelem. Ilyen vizsgálatból információt nyerünk arra vonatkozólag is, hogy az újonnan beállított munkaerő hatékonysága a régihez viszonyítva kedvezőbb vagy kedvezőtlenebb. Új munkaerőt mindaddig célszerű beállítani, amíg annak hatékonysága nem rosszabb, mint a régi munkaerőé. De célszerű lehet az új munkaerő beállítása még e pont alatt is mindaddig, amíg az általa termelt bruttó jövedelem a munkaerővel kapcsolatos költségen túlmenően egy meghatározott nettó jövedelemszint elérését is biztosítja.

Más oldalról vizsgálva, ha a (9.1.)-ben megfogalmazott modell olyan termelési szerkezetet eredményez, amely a munkaerő teljes foglalkoztatását csak egy vagy néhány hónapra képes biztosítani, felmerül a kérdés, nem volna-e célszerű a munkaerő-létszámot csökkenteni. Ez ugyanis — tapasztalataink szerint — kevesebb bruttó jövedelmet biztosító termelési szerkezetet eredményezne ugyan, de a csökkentett létszámra vetített bruttó jövedelem növekedésével járna.

E problémák felvetik annak igényét, hogy a munkaerő-létszámot és a munkaerő összetételét ne merev adottságként tekintsük, hanem változásában vizsgáljuk. A valóságban a munkaerő ténylegesen a változás állapotában van. Hosszabb távon mindenképpen a mezőgazdasági munkaerő-létszám csökkenő tendenciájával lehet számolni. De e tendencián belül is a vállalatoknak, bár korlátozott keretek között, lehetőségük van a mezőgazdasági termelésben foglalkoztatott munkaerő változtatására. Távlati tervezés során e lehetőséget is figyelembe kell venni. Vizsgálatunkat tehát ki kell terjesztteni a munkaerő-sűrűség problémáinak elemzésére.

9.2. A munkaerő-sűrűség hatásának vizsgálata

Amint már jeleztük, számos tényezőtől függ az, hogy egy vállalat milyen nagyságú jövedelmet tud megtermelni és realizálni. Ha vizsgálatunk célja közülük egyetlen tényezőnek, kizárólag a munkaerő-sűrűségnek a jövedelemalakulásra gyakorolt hatásának a kimutatása, akkor olyan eljáráshoz kell folyamodnunk, amely lehetővé teszi a többi tényező hatásának kiküszöbölését. E célból olyan vállalatokat kellene a vizsgálatához kiválasztani, amelyek azonos természeti és közgazdasági körülmények között, azonos földterületen gazdálkodnak, azonos a vállalatvezetés színvonala stb., vagyis amelyekben minden körülmény azonos, csak a munkaerő-sűrűség eltérő. A valóságban ilyen vállalatok nem találhatók, hiszen aligha van két olyan vállalat, amely a munkaerő-sűrűséget kivéve minden más tényező tekintetében megegyezik. Laboratóriumi vizsgálatra azonban előállíthatók ilyen vállalati modellek:

E modellekben a következőket kell biztosítani:

- a) Azonos legyen a földterület nagysága.
- b) Azonos legyen az eszközellátottság lehetősége.
- c) Azonosak legyenek a természeti és a közgazdasági körülmények.
- d) Azonos legyen a vállalatvezetés színvonala.
- e) Változó legyen a munkaerő.

Ha egyetlen egy vállalati modellt szerkesztünk meg, s azt megsokszorozzuk úgy, hogy változtatjuk a rendelkezésre álló munkaerőt, azaz a munkaerő-sűrűséget, máris olyan vállalati modellekhez jutottunk amelyek minden tekintetben azonosak, kivéve a munkaerő-sűrűséget.

A modellsorozatban tehát a földterület mindig azonos. A természeti és a közgazdasági körülmények azonossága kifejezésre jut abban, hogy a modellsorozat minden tagja ugyanazon termékek termelését teszi lehetővé, ugyanazon technológiai rendszerben, ugyanazon hozam- és költség- stb. adatokkal. Az eszközellátottság lehetősége szintén azonos, ha feltételezzük, hogy eszközöket a vállalatok szükség szerint vagy azonos korlátok és feltételek között szerezhetnek be, illetve ha az eszközellátottságuk azonos.

A vállalatvezetés azonos szintje azáltal biztosítható, ha feltételez-

zük, hogy valamennyi változatban olyan vállalatvezetés van, amely a lehető legjobb (optimális) döntésre képes. Ha tehát a különböző modellváltozatokat optimalizáljuk, a vállalatvezetés azonos (legmagasabb) szintjét biztosítottuk.

A „laboratóriumi vizsgálathoz” elegendő tehát egyetlen vállalati modell megszerkesztése, s annak változó munkaerő-sűrűség melletti optimalizálása. Egy ilyen vizsgálat lehetővé teszi, hogy kizárólag a munkaerő-sűrűség és a jövedelem kapcsolatát elemezzük.

Természetesen a vizsgálat több, különböző feltételeket tükröző modellsorozattal is elvégezhető. Ebben az esetben nemcsak a munkaerő-sűrűség és a jövedelem kapcsolatában uralkodó törvényszerűségekről nyerünk információt, hanem arról is, hogy e törvényszerűségek hogyan nyilvánulnak meg eltérő feltételek esetén.

Tegyük fel tehát, hogy rendelkezünk egy ilyen, a (9.2.) formulában megfogalmazott modellel, ahol azonban a

$$(9.12.) \quad \beta \equiv m$$

kifejezésben az m az $[m_0, m^0]$ intervallumban minden egész számú értéket felvesz (a munkaerő egész számú változását tételezzük fel), s a termőföld felhasználására vonatkozó mérlegfeltételünket egyenlet formájában fogalmazzuk meg, azaz:

$$(9.13.) \quad \sum_{j=1}^n f_j x_j = F.$$

Az m értékének változtatásával a változó munkaerő-ellátottságot (munkaerő-sűrűséget) fejezzük ki. Az m igen széles határok között mozoghat, s igen nagyszámú értéket vehet fel. Az alapvető tendencia kimutatásához azonban nem is szükséges az m értékét minden lehetséges pontban vizsgálni, elegendő, ha azt alkalmasan megválasztott nem nagyszámú pontban elemezzük.

Az m értékét változtatva tehát különböző pontokban — különböző munkaerő-sűrűség mellett — optimalizáljuk és vizsgáljuk a termelési szerkezetet, a jövedelmet, esetleg más közgazdasági mutatókat, s képet kapunk arról, hogyan változnak ezek a munkaerő-sűrűség függvényében.

Több ilyen vizsgálatot végeztünk el, amelyek eredményeképpen eljutotunk néhány elméleti következtetéshez.

Van a munkaerő-sűrűségnek egy alsó (minimális) határa (jelöljük m_0 -val), amely feltétlenül szükséges ahhoz, hogy a vállalat a földterületét termelésre teljesen felhasználja. Ha a munkaerő-sűrűséget e minimális határ alá csökkentjük, a földterület egy része kihasználatlanul marad, — illetve — mivel a modellben a termőföld felhasználásának feltételét egyetlen formájában fogalmaztuk meg — a modell megoldhatatlanná válik.

Van a munkaerő-sűrűségnek egy felső (maximális) határa (jelöljük m^0 -val), amikor még legalább az évnek egy rövidebb időszakában — pl. egy hónapban — a teljes munkaerő foglalkoztatható. Ha a munkaerő-sűrűség e határt meghaladja, a munkaerő egy része még a csúcsmunka-időszakban sem foglalkoztatható.

A munkaerő-sűrűség minimális és maximális határa számos tényezőtől függ és állandóan változik. A természeti és közgazdasági körülmények eltérései miatt a különböző feltételek között dolgozó vállalatok esetén a munkaerő-sűrűség minimális és maximális határa eltérő. *Különösen nagy befolyással van e határokra a gép- és eszközellátottság, valamint az, hogy a vállalatok milyen termékek termelését teszik lehetővé és milyen technológiai eljárásokat alkalmaznak.* Másrészt a termelési szerkezetre vonatkozó korlátok, valamint a belső vállalati arányok megteremtése érdekében a matematikai modellbe beépített mérlegfeltételek is igen nagy mértékben befolyásolják a munkaerő-sűrűség minimális és maximális határát.

A vállalat gépekkel és eszközökkel való ellátottságának fokozása a munkaerő-sűrűségnek mind az alsó, mind a felső határát alacsonyabb szintre szállítja le. Ez nyilvánvaló, hiszen adott termelési szerkezet kevesebb munkaerőt igényel, ha a gépesítettség magasabb színvonalú. A termelési szerkezetre vonatkozó korlátok, valamint a belső vállalati arányok megteremtését szolgáló feltételek viszont a munkaerő-sűrűség alsó határát magasabb szintre emelik, míg felső határát alacsonyabb szintre szállítják, vagyis az m_0 és m^0 értékeket mindkét irányból egymáshoz közelítik.

Ha eltekintünk egyéb korlátoktól, és pl. feltételezzük, hogy a vállalat korlátlanul rendelkezik eszközökkel, értékesítési lehetőségekkel stb., a lineáris programozással a munkaerő-sűrűség alsó határán (m_0 pontban) általában olyan termelési szerkezetet kapunk, amely több termék előállítását irányozza elő, és biztosítja a munkaerő teljes kihasználását az év

több időszakában. Az m értékét m^0 felé közelítve, a termelési szerkezet egyre inkább a szakosodás irányában tolódik el, míg végül az m^0 pontban általában egy monokultúras termeléshez jutunk. Ekkor csak egyetlen terméket állítunk elő, azt, amely egységnyi területen a legjövedelmezőbb. Ez utóbbi helyzetet módosíthatja az, ha a legjövedelmezőbb valamely állattenyésztési ágazat lesz, amelynek saját termelésű takarmányvonzata van. Ez azonban nem változtat azon a tendencián, hogy a munkaerő-sűrűség növekedésével a szakosodás tendenciája érvényesül.

A termelési szerkezetet korlátozó feltételek és a belső vállalati arányokat megteremtő feltételek modellbe építése — mint arról szó volt — a munkaerő-sűrűség alsó és felső határát közelítik. Ez akadályozhatja a monokultúras termelés kialakulását, azonban a szakosításra irányuló tendenciát nem küszöböli ki, csak szűkebb korlátok közé szorítja.

A munkaerő-sűrűség növekedése következményeként adódó szakosodás tendenciájával együtt egy másik tendencia is kifejezésre jut, mégpedig a munkaerő-kihasználás csökkenésének tendenciája. Amíg ugyanis az m_0 pontban az év több időszakában a munkaerő teljes foglalkoztatása válik lehetővé, addig az m^0 pontban — ha pl. monokultúras termelési szerkezethez jutunk — a munkaerő teljes foglalkoztatása általában az évnek csak egyetlen időszakában (hónapjában), a csúcsmunka-időszakban biztosítható.

Az, hogy a szakosodás tendenciája érvényesül-e vagy sem, természetesen nem kizárólag attól függ, hogy a munkaerő-sűrűség növekszik-e vagy csökken. Mint látni fogjuk, ezzel kapcsolatban igen fontos tényező az eszközellátottság színvonala, amely a munkaerő-sűrűség változása által kiváltott tendenciát módosítja.

Tegyük fel, hogy modellünkben a célfüggvény a bruttó jövedelem, amelyet maximalizálunk. Miközben a munkaerő-sűrűséget m_0 -tól m^0 -ig változtatjuk, a bruttó jövedelem kezdetben gyors ütemű, később egyre lassuló ütemű növekedését tapasztaljuk. Végül az m^0 ponton túl a bruttó jövedelem stagnálása következik be, vagyis adott földterületen, adott feltételek között nem érhetünk el magasabb bruttó jövedelmet, mint amit az m^0 pontban elérhetünk (2. ábra).

A jelenlegi árrendszer mellett tehát a munkaerő-sűrűség növekedésével — egyéb tényezők változatlanságát feltételezve — a vállalati bruttó jövedelem tömege, és ezzel együtt a területegységre jutó bruttó jövedelem is,

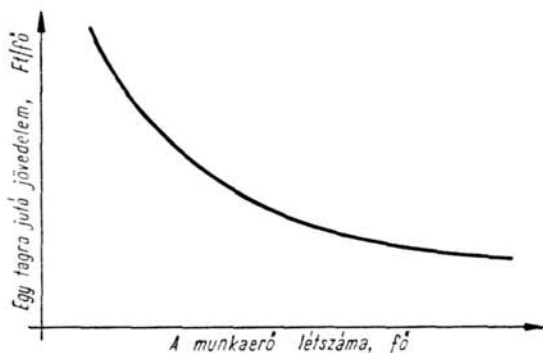


2. ábra.

Az összes jövedelem és dolgozói létszám kapcsolata

kezdetben gyorsabb, majd csökkenő ütemben növekszik. Ez az egy munkaeőre jutó bruttó jövedelem kezdetben gyorsabb, majd lassuló ütemű csökkenésével jár együtt (3. ábra).

A 2. és a 3. ábrán illusztrált tendencia a jelenlegi árak mellett általános érvényű, de természetesen a vállalatok eltérő feltételeiből adódóan vállalatoként eltérően magasabb vagy alacsonyabb szintű, meredekebb vagy laposabb, hosszabb vagy rövidebb tendenciavonalat kapunk.



3. ábra.

Az egy tagra jutó jövedelem és a dolgozói létszám kapcsolata

A kimutatott tendencia vizsgálata néhány problémára felhívja a figyelmet:

a) *A munka termelékenysége és a területi termelékenység tendenciája ellentétes.* A munkaerő-sűrűség növekedésével növekszik a területi termelékenység, de csökken a munka termelékenysége. „Ahol a munkaerő kevés a földhöz viszonyítva, ott nagyobb lehet annak termelékenysége, mert van lehetőség mindenütt az utóbbi optimumához szükséges földet társítani a munkaerőhöz.”⁶³

b) *A magasabb munkaerő-sűrűség — más körülményeket változtatnának tekintve — a specializálódás felé ösztönöz.* Ihrig Károly szerint is „... a specializálási lehetőség szempontjából sem közömbös a tagsűrűség”,⁶⁴ azonban célszerűbb a munkaerő-sűrűségről és nem a tagsűrűségről beszélni.⁶⁵

c) *Az egyébként azonos feltételek között gazdálkodó vállalatok közül a magasabb tagsűrűségű vállalatok általában hátrányban vannak. mert egy tagra számolva kevesebb bruttó jövedelem és kevesebb nettó jövedelem realizálására van lehetőségük.* Ennek következtében kevesebb jut a tagoknak is és kevesebb jut felhalmozásra is.⁶⁶

d) *A 2. és 3. ábrával illusztrált tendencia — mint jeleztük — általános érvényű, de a jövedelemvonalak szintje és meredeksége a vállalatok eltérő körülményeiből adódóan különböző.* E tekintetben különösen nagy szerepe van az eszközellátottságnak. *Az eszközellátottság javulása ugyanis a jövedelemvonalakat magasabb szintre emeli,* vagyis a vállalatnak módjában áll az eszközellátottság javításával a jövedelem vonalát évről évre magasabb szintre emelni. Probléma azonban, hogy *a magasabb munkaerő-sűrűségű vállalatoknak éppen az egy munkaerőre jutó alacsonyabb jövedelem következtében általában kevésbé áll módjukban az eszközellátottság javítása.* Emiatt ezek a vállalatok egyre hátrányosabb helyzetbe kerülhetnek. Elvileg talán enyhíthet e helyzeten az, hogy a magasabb munkaerő-sűrűség a szakosodás irányába ösztönöz, s viszonylag kevesebb fajta esz-

⁶³ Ihrig Károly: i. m. 12. old.

⁶⁴ Uo. 33. old.

⁶⁵ Csendes Béla hozzászólása, uo. 94. old.

⁶⁶ Ugyanezen következtetésre jutottak többen is, mások viszont igyekeztek e tendenciát cáfolni, vagy más okokra visszavezetni. (Lásd uo.)

köz beszerzése szükséges, ami további előnyökkel is járhat (pl. kevesebb alkatrész raktáron tartása, kevesebb géptárolóhely-szükséglet stb.).

A probléma vizsgálata során három kérdés merülhet fel:

1. Az általunk kimutatott tendencia érvényesül-e valóban a gyakorlatban?

2. A kimutatott tendencia csak a jelenlegi árrendszerben érvényes-e, illetve elképzelhető-e olyan árrendszer, amelyben a magasabb munkaerő-sűrűségről adódó hátrány kiküszöbölhető?

3. Egyáltalán milyen mód és lehetőség van a magasabb tagsűrűségű vállalatok hátrányos helyzetének megszüntetésére.

Az első kérdésre azt lehet válaszolni, hogy az általunk kimutatott összefüggések a gyakorlatban csak mint tendenciák jutnak érvényre. Ugyanis a vállalatok, még az azonos körülmények között gazdálkodók sem optimálisan gazdálkodnak.

Amikor a „termelőszövetkezetek arról döntenek, hogy mit termeljenek, illetve miből mennyit termeljenek, akkor elsősorban az egyes cikkek termelésével elérhető jövedelmet mérlegelik ..., nem pedig a termék kombinációk együttes jövedelmét.”⁶⁷ Az ily módon összeállított termelési szerkezet pedig általában nem optimális.

Másrészt a magasabb tagsűrűségű termelőszövetkezetekben, elismerjük vagy nem ismerjük el, érvényesül bizonyos törekvés a foglalkoztatottság biztosítására. E törekvés bizonyos kényszerűséggel tör magának utat, tudatosan vagy kevésbé tudatosan. A vállalatok az optimális gazdálkodást általában nem képesek megtalálni, legfeljebb csak megközelítik azt. A közelítés azonban számos változattal lehetséges, s ezek közül a magasabb munkaerő-sűrűségű termelőszövetkezetek általában azt igyekeznek választani, amelyik magasabb foglalkoztatottságot biztosít. Ez viszont általában azzal jár együtt, hogy a magasabb munkaerő-sűrűségű termelőszövetkezetek gazdálkodása távolabb esik az optimálistól és jövedelmük a maximálistól, mint az alacsonyabb munkaerő-sűrűségű termelőszövetkezeteknél. Ez a tendencia tehát a magasabb munkaerő-sűrűségű termelőszövetkezetek hátrányos helyzetét még súlyosbítja.

Az általunk kimutatott tendencia tehát a gyakorlatban is érvényesül.

⁶⁷ Csendes B. — Vági F.: Jövedelmezőség és termelés a szövetkezeti gazdaságokban. Kossuth Kiadó, Budapest, 1965. 16. o. és Ihrig K.: i. m. 34. o.

„Az egy főre jutó munkajövedelem ... a legkisebb tagsűrűségű üzemcsoporthoz a legnagyobb.”⁶⁸

A vállalatok azonban eltérő feltételek között gazdálkodnak, ami a jövedelemvonalak más-más szintjét s eltérő meredekségét idézi elő. *Ha a munkaerő-sűrűség növekedése egybeesne a jövedelemszint javulását eredményező más tényezők változásával, az esetleg gyakorlatilag kiküszöbölne az általunk kimutatott tendencia érvényrejutását. Ha e körülmények javulása arányos lenne a munkaerő-sűrűség változásával, az a helyzet állna elő, hogy az egy tagra jutó bruttó jövedelem minden termelőszövetkezetben azonos volna. A valóságban azonban ez nincs így, sőt sokszor annak ellenkezője tapasztalható. A magasabb munkaerő-sűrűségű termelőszövetkezetekben a jövedelemre hatást gyakorló egyéb tényezők tekintetében is rendszerint rosszabb a helyzet, ami hátrányukat még fokozza.*

A második kérdés az árakkal kapcsolatos. *A jelenlegi árakat általában az jellemzi, hogy a több élőmunka-ráfordítást igénylő termékek magasabb bruttó jövedelem realizálását teszik lehetővé, mint a kevesebb élőmunka-ráfordítást igénylők, de a realizálható bruttó jövedelem nem arányos az élőmunka-ráfordítással. Ha például valamely termék egy hektáron termelve kétszer annyi élőmunka-ráfordítást igényel, mint egy másik, a realizálható bruttó jövedelem nem kétszer annyi, hanem annál kevesebb lesz. Ilyen formán az élőmunka-ráfordítás növekedésével nem növekszik arányosan a bruttó jövedelem.*

Elvileg olyan árrendszer is elképzelhető lenne, amely az élőmunka-ráfordítással arányos bruttó jövedelmet biztosít. A magasabb munkaerő-sűrűséggel járó hátrányt egy ilyen árrendszer enyhítené ugyan, de nem küszöbölné ki. Egy ilyen árrendszer csak azt tenné lehetővé, hogy egy ténylegesen ledolgozott munkanapra (egységnyi, egyszerű munkanapra) azonos bruttó jövedelem legyen realizálható, eltérő munkaerő-sűrűség mellett. Mivel azonban — amint láttuk — a magasabb munkaerő-sűrűség elvileg a munkaerő kihasználásának csökkenésével jár együtt, az egy munkaerőre jutó bruttó jövedelem a magasabb tagsűrűségű termelőszövetkezetekben alacsonyabb lenne. Az általunk kimutatott tendencia tehát — bár enyhébb formában — ilyen árrendszer mellett is érvényesülne.

⁶⁸ Faragó Tibor és ifj. Nagy Lóránd hozzászólása az idézett vitához. (Lásd: *Ihrig K.*: I. m. 117. old.)

Ha biztosítani kívánnánk, hogy azonos feltételek között gazdálkodó termelőszövetkezetekben bármely munkaerő-sűrűség mellett azonos legyen az egy főre jutó bruttó jövedelem, olyan árrendszerre lenne szükség, amely az élőmunka-ráfordítás növekedésével fokozódó mértékben növekvő bruttó jövedelem realizálását tenné lehetővé. E fokozódó növekedésnek a munkaerő-kihasználás csökkenéséből adódó hátrányt is pótolnia kellene. Más szóval úgy is mondhatnánk, hogy a munkaerő-készenléttel arányos bruttó jövedelmet biztosító árrendszerre lenne szükség. Ekkor az összjövedelem vonala az origón átmenő egyenes, az egy főre jutó jövedelem vonala pedig az x tengellyel párhuzamos egyenes volna. Jelenleg ilyen árrendszer gyakorlatilag aligha képzelhető el, és nem is lenne célszerű. Márpedig bármely ettől eltérő árrendszer esetén számolnunk kell azzal, hogy eltérő munkaerő-sűrűség esetén általában eltérő lesz az egy munkaerőre jutó bruttó jövedelem is, s a 2. és 3. ábrával szemléltetett tendencia érvényesül.

Az előbbiekből az is kitűnik, hogy az általunk kimutatott tendencia nem az árrendszernek tulajdonítható, és az árak változtatásával legfeljebb enyhíthető, de ki nem küszöbölhető, mert olyan árrendszer, amely e tendenciát kiküszöbölné, általában csak elvileg lehetséges, de gyakorlatilag nem, és nem is kívánatos.

Vági Ferenc azon megállapítása, hogy „nem annyira a túlzottan magas tagsűrűség, hanem az alacsony árszínvonal, az ebből fakadó jövedelemhiány fékezte a termelés növelését a nagy tagsűrűségű termelőszövetkezetekben csakúgy, mint az egész szövetkezeti szektorban”⁶⁹ általában igaz lehet az egész szövetkezeti szektorra nézve, s ezen belül fokozottan igaz a magas munkaerő-sűrűségű termelőszövetkezetekben. Ugyanakkor viszont egyrészt a magas munkaerő-sűrűségű termelőszövetkezetek hátránya bármely gyakorlatilag lehetséges árszínvonal mellett fennáll, másrészt az árszínvonalból adódó hátrányokat a magas munkaerő-sűrűség még jobban elmélyíti.

Végül, a harmadik kérdés az, hogy milyen intézkedésekkel lehetne a magas tagsűrűségből adódó hátrányokat megszüntetni, kiküszöbölni? Erre elvileg három mód kínálkozik:

1. „Készenléttel arányos árrendszer”. Erről az előzőekben szóltunk,

⁶⁹ Ihrig K.: i. m. 76. old.

és rámutattunk, hogy *ilyen árrendszernek csak elvileg van lehetősége, gyakorlatilag nem valósítható meg és nem is kívánatos.*

2. *A gazdasági szabályozók differenciált alkalmazása.* Ez mind a differenciált árakban, mind a differenciált adórendszerben, hitel- és kamatpolitikában stb. kifejezésre juthat. A gazdasági szabályozókat azonban kizárólag a munkaerő-sűrűség szempontjából differenciálni nagyon nehéz, és nemkívánatos hatásokhoz vezetne. Gyakorlatilag tehát a problémát csupán a szabályozókkal megoldani aligha lehetséges és aligha kívánatos.

3. *A munkaerő-sűrűség és az egyéb feltételek összhangjának megteremtése útján.* Az összhang megteremtése folyamatnak tekinthető, és kétoldalúan, mind a körülmények változtatását, mind a munkaerő-sűrűség változtatását magában foglalja. *A munkaerő-sűrűség oldaláról megközelítve a kérdést, a magas munkaerő-sűrűségű termelőszövetkezetekben tendenciájában a munkaerő-sűrűség átlagosnál nagyobb csökkenésével lehet számolni, hiszen éppen az alacsonyabb kereseti lehetőségek miatt ezekből könnyebben távozik el a munkaerő a népgazdaság más ágazataiba. E folyamat célszerű ipartelepítéssel még gyorsítható, mert egyrészt a közeli iparban könnyebben távozik el a munkaerő, mint a távolabbi ipartelepülésekre, másrészt az ipar közelsége, a termelési és a piaci körülmények javítása révén a jövedelemszínvonal emelését is elősegíti, vagyis javítja az adott mezőgazdasági vállalat egyéb feltételeit. A munkaerő-áramlás célszerű ösztönzése, az áramlás feltételeinek megteremtése természetesen számos probléma összehangolt megoldását igényli.*

A vállalat egyéb körülményeinek javítása viszont a kérdést a másik oldalról közelíti meg, amikor is adott munkaerő-sűrűség hasznosításához teremtjük meg a megfelelő körülményeket (jobb eszközellátottságot, jobb értékesítési lehetőségeket stb.). E tekintetben sokat tehetünk a gazdasági szabályozók differenciált alkalmazásával.

Végül soron az a kérdés is felmerül, hogy egyáltalán kell-e tenni valamit a magasabb munkaerő-sűrűségből adódó problémák enyhítése érdekében? A problémát teljesen megoldani aligha lehet, hiszen azok a gazdasági fejlődés folyamán újra és újra kiújulnak, de egyébként is megoldásuk bonyolult és aligha lehetséges. Mégis tennünk kell és lehet enyhítésük érdekében, mert nemcsak adott vállalat, de *a népgazdaság egészére nézve is fennáll a munkaerő célszerű és hatékony hasznosításának követelménye.*

Ha a munkaerő elosztása a népgazdasági ágak és a vállalatok között nem megfelelő, tehát egyik helyen több munkaerő van, mint ami az adott körülmények között hatékonyan felhasználható, a másik helyen pedig kevesebb, ez a munkaerő nagyfokú pazarlásával jár együtt. A népgazdasági cél mindenképpen az kell hogy legyen — mert akkor nyerjük a nemzeti jövedelem maximumát —, hogy a munkaerő optimális eloszlása valósuljon meg a népgazdasági ágak és a vállalatok között.

Hogy a mezőgazdaságban a munkaerő vállalatok közötti elosztása jelenleg messze esik az optimálistól, az valószínű, de aligha tévedünk, ha feltételezzük, hogy ez a népgazdaság más ágazataiban illetve az ágazatok között is így van. Nincs lehetőségünk ennek részletes vizsgálatára, sem pedig arra, hogy az optimális elosztás kérdésével részletesen foglalkozzunk, bár erre korábban utaltunk.⁷⁰ Egy ilyen vizsgálat elvégzése célszerű lenne, az azonban meghaladja lehetőségeimet.

A kérdés vizsgálatának nem az lenne természetesen a célja, hogy rendeleti úton teremtsük meg a munkaerő-állomány optimális elosztását, hanem hogy megalapozzuk olyan intézkedések meghozatalát, amelyek ösztönöznék a munkaerőnek az optimum felé irányuló — a gyakorlatban spontán módon és lassú ütemben amúgy is végbemenő — áramlását. Mindemelllett egy ilyen vizsgálat melléktermékként számos, a gazdaságirányítás szempontjából fontos kérdésre fényt derítene.

Félreértés ne essék, nem arról van szó, hogy e vizsgálat az egész országot, annak minden vállalatát átfogja, s részletes elemzésekbe bocsátkozna, hiszen egy ilyen részletekbe menő vizsgálat elképzelhetetlenül sok munkával és költséggel járna. A probléma egyszerűbben, nem nagyszámú modell segítségével is vizsgálható lenne, és értékes információkat szolgáltatna.



Az eddigiekben átlalában a bruttó jövedelmet tekintettük, és vizsgáltuk annak alakulását a munkaerő-sűrűség változásának függvényében. Célfüggvényünk azonban — mint arról már szó volt — nemcsak a

⁷⁰ Tóth J.: Optimális munkaerősűrűség és termelési szerkezet. Statisztikai Szemle, Budapest, 1966. 11. sz.

bruttó jövedelem lehet, hanem a nettó jövedelem, sőt esetleg más mutató is. Több modellt megvizsgáltunk a nettó jövedelmi célfüggvénnyel is. Igen érdekes, hogy ez esetben szintén a 2., illetve a 3. ábrán bemutatott tendenciát tapasztaltuk, vagyis *a munkaerő-sűrűség növekedésével a nettó jövedelem kezdetben gyorsabb, később lassuló ütemben emelkedik.*

Ismételn fel kell hívnunk a figyelmet arra, hogy a fentebb levont következtetések és kimutatott törvényszerűségek érvényessége az alkalmazott egyszerűsítő feltételek esetén áll fenn, azaz, ha kizárólag a munkaerő szempontjából vizsgáljuk a vállalati gazdálkodás törvényszerűségeit, feltételezve a többi tényező azonosságát vagy korlátlan rendelkezésre állását. Valójában a különböző vállalatokat összehasonlítva — térben és időben — az összes termelési tényező különbözőségét, nagyszámú változatosságát tapasztaljuk. Ezzel a problémával azonban — amint már jeleztük — a 11. fejezetben foglalkozunk.

10. A termelési eszközökkel való gazdálkodás néhány kérdése

A mezőgazdasági vállalatok nagyon sokféle termelési eszközt használnak. A termelési eszközökkel való gazdálkodás többféle szempontból vizsgálható, és a vizsgálat igen sokoldalú, bonyolult probléma. Ennélfogva nem tarthatunk számot a kérdés teljes körű kifejtésére, hanem meg kell elégednünk azzal, hogy a lineáris programozás alkalmazásával szorosan összefüggő vagy a lineáris programozással jól vizsgálható néhány kérdés felvázolására szorítkozzunk.⁷¹

10.1. A termelési eszközök csoportosítása és jellemzése

A mezőgazdasági vállalatok termelési eszközei többféle szempontból csoportosíthatók. E csoportosítások megtalálhatók a szakkönyvekben, ezért e helyütt csupán a lineáris programozás szempontjából végezzük el vizsgálatukat.

⁷¹ A termelési eszközök és a gépesítés ökonómiájával foglalkozó nagyszámú irodalom közül ki kell emelnem *Dimény Imre: A gépesítés ökonómiája* (Mezőgazdasági Kiadó, Budapest, 1972.) c. igen sokoldalú, összefoglaló munkáját.

A *termőföld* a mezőgazdaság alapvető termelési eszköze. Kitüntetett szerepe és sajátosságai miatt a 8. fejezetben külön foglalkoztunk vele. A termőföldet tehát további vizsgálataink során figyelmen kívül hagyjuk illetve csak más eszközökkel való kapcsolatára fogunk időnként utalni.

A termelési eszközök egy részét a mezőgazdaság önmaga számára termeli meg, másokat a népgazdaság más ágazataitól szerez be. Az előbbieket vagy az adott mezőgazdasági vállalat termeli meg önmaga számára, vagy más mezőgazdasági vállalatától szerzi azt be. Vállalati szintű vizsgálat során a más vállalatától beszerzendő, mezőgazdasági termelésből eredő eszközök ugyanúgy viselkednek, mint az iparban vagy más ágazatokban előállított, vagyis más népgazdasági ágazatokból beszerzett eszközök. Tehát vizsgálatuk együtt végezhető. Ezeket az eszközöket *kívülről beszerzett vagy vásárlásból származó eszközöknek* nevezem.

Az eszközök egy részét a vállalat általában *önmaga számára* termeli meg. Ezzel kapcsolatban egyrészt azt kell biztosítani, hogy a különböző termékek termelése között a szükségszerű kapcsolatot a lineáris programozás alkalmazása során meg kell teremteni a modellben. E kapcsolatok megteremtése képezi a vállalati belső arányok és összefüggések biztosítását szolgáló mérlegfeltételek egyik részét. Így például a tehénlétszám és a szopós borjú létszám között meghatározott kapcsolat van, az állattenyésztés és a saját termelésű tömegtakarmányok között szintén biztosítani kell egy megfelelő kapcsolatot stb.

A vállalat által önmaga számára termelt termelési eszközökkel kapcsolatban mindenképpen tisztázandó, hogy azt milyen áron számoljuk el. Különösen probléma ez akkor, ha az adott termelési eszköz egyben eladható és megvásárolható is. Véleményünk szerint úgy helyes eljárni, hogy a vállalat által saját felhasználásra termelt termelési eszközök célfüggvényükben a ténylegesen felmerült költségükkel szerepeljenek, úgy ahogyan azt a célrealisztikus modellel kapcsolatban már ismertettük. Ha azok eladhatók és vásárolhatók is, külön értékesítési és beszerzési változót célszerű a modellbe beépíteni a szállítási költségekkel korrigált eladási illetve beszerzési árral a célfüggvényben. E termelési eszközök nem jelentenek korlátot a termelés szempontjából, hiszen azokat a vállalat a szükséges mennyiségben megtermelheti, amit a mérlegfeltételekben írunk elő.

Vizsgálatunk szempontjából fontosabb a kívülről beszerzett, illetve

vásárlásból származó eszközökre irányítani a figyelmet. Ezen eszközök máris két csoportra bonthatók: a *termelési rendeltetésű* eszközökre, valamint a *nem termelési rendeltetésű* eszközök csoportjára. Az utóbbiak nincsenek közvetlen kapcsolatban a termeléssel (pl. bölcsőde, kultúrház stb.), s szükségletük sem függ szorosan a termeléstől. A termeléssel való közvetett kapcsolatuk viszont tagadhatatlan, mint erre már utaltunk is. Vizsgálatuktól e helyütt mégis eltekintünk, s figyelmünket a termelési célú eszközökre összpontosítjuk.

A *termelési célú eszközök* ismét két csoportba sorolhatók: az *állóeszközök* és a *forgóeszközök* csoportjába. Az állóeszközök nem használandók el egy termelési folyamatban, hanem több termelési folyamatban vesznek részt, s értékük fokozatosan, részenként, elhasználódásuk arányában megy át a termelési költségekbe. A forgóeszközök értéke — mivel egy termelési folyamatban elhasználódnak — teljes egészében költségként merül fel.

A gazdasági vezetés feladata, hogy az álló- és forgóeszközök között, de azon belül eszközféleségenként is megfelelő arányt alakítson ki. Bármely eszközkapacitás túlméretezése az adott eszköz kihasználásának vagy felhasználásának romlásával jár, ugyanakkor más eszközökből hiány jelentkezhet, ami a termelés fékezőjévé válhat.

A vásárlásból származó eszközöket a vállalat pénzeszközeiből szerzi be, ami viszont korlátozott mértékben áll rendelkezésre. *Nem közömbös, hogy a korlátozott mértékben rendelkezésre álló pénzeszközöket hogyan használjuk fel, azokból milyen termelési eszközöket, milyen arányban szerzünk be.*

A mezőgazdasági vállalatok eszközeit hatásuk illetve funkciójuk szerint három csoportba sorolhatjuk:

1. Az első csoportba tartoznak a termeléssel közvetlen kapcsolatban nem levő, *szociális, kulturális, egészségügyi, társadalmi stb. célt szolgáló eszközök*. Ezek létesítése vagy beszerzése során nem a gazdaságosság az elsődleges szempont, hanem az emberről való gondoskodás, az ember számára megfelelő kulturált körülmények teremtése. *Létesítésük és beszerzésük alkalmával a vállalat teherbíró képessége játssza a fő szerepet valamint egy társadalmi kényszer, amely egyrészt a dolgozók igényét, másrészt a társadalmilag kialakuló normatívákat tükrözi.* Mint említettük, az ilyen eszközök is hatnak a termelésre, persze csak közvetett formában.

A dolgozók nemcsak a kereseti lehetőséget tekintik fontosnak a munkahely megválasztása során, hanem a vállalat által biztosított szociális, kulturális, egészségügyi és társadalmi, nem utolsósorban lakás lehetőségeket is. E kérdések elhanyagolása a dolgozók munkakedvét szegi és a munkaerő csökkenéséhez vezethet.

2. Az eszközök másik csoportját a vállalati jövedelem emelkedését *közvetlenül elősegítő eszközök alkotják*. Ide tartoznak elsősorban a terméshozamot közvetlenül emelő termelési eszközök. Ezek hatása egy-egy ágazat eredményjavulásában mutatkozik meg. A műtrágyázás hozamnövelő hatása közismert. De van ilyen hozamfokozó hatása a vegyszereknek is, tekintve, hogy például a gyomok, a betegségek és a kártevők elpusztítása útján teszik lehetővé, hogy magasabb hozamokat takarítsunk be. Másrészt, ha a gépek segítségével a mezőgazdasági munkákat optimális időben tudjuk elvégezni, annak is van hozamfokozó hatása. A vállalati jövedelem azonban nemcsak az egyes termékek, illetve ágazatok hozamától, jövedelmétől függ, hanem attól is, hogy ezek milyen kombinációját valósítjuk meg. Adott ágazati jövedelmek esetén a vállalati jövedelem ugyanis növelhető azáltal, hogy a jövedelmezőbb ágazatok méretét növeljük a kevésbé jövedelmezők rovására. Az ilyen változtatásoknak is van eszközigényük. Ha tehát a termelés ilyen módosítását ez ideig korlátozó eszközök mennyiségét megnöveljük — bár az ágazati jövedelmek nem változnak —, növekszik a vállalat jövedelme. *A jövedelem fokozását előidéző eszközöket tehát két csoportba lehet sorolni; az ágazati jövedelmet és a vállalati összjövedelmet emelő eszközökre.*

3. Végül a harmadik csoportba lehet sorolni az *élőmunkát megtakarító eszközöket*. Ha valamely eszköznek csak az a hatása, hogy adott munkát géppel tudnak elvégezni, vagy a munka elvégzését meg tudjuk könnyíteni, azt ebbe a csoportba sorolhatjuk. Itt tehát nincs szó a jövedelem növekedéséről, sőt esetleg annak csökkenése következhet be. *Az ilyen jellegű eszközöknek szintén kétféle hatásuk lehet. Egyrészt megszüadithatják a dolgozót egy gyötrelmes, nehéz vagy rossz körülmények között végzendő munkától.* Ennek eredménye a nem termelő jellegű (szociális, kulturális, egészségügyi stb.) eszközökhöz hasonló, a termelésre, illetve a jövedelemre csak közvetve hat. *Másrészt a munkaerő egy részét a termelésből felszabadítják, s lehetővé teszik a munkaerő-létszám csökkentését, illetve pótolják a munkaerő-hiányt.*

Ha a termelési eszközök beállításával munkaerőt szabadítunk fel, s ha e munkaerő a vállalattól eltávozik, tehát ténylegesen csökken a munkaerő-létszám, változatlan jövedelemtömeg, sőt a jövedelemtömeg kismértékű csökkenése esetén is nagyobb lesz az egy munkaerő által előállított jövedelem, és növekszik a munka termelékenysége. A munkaerőt megtakarító eszközök termelésbe állítása a hozamfokozás nélkül is növelheti a vállalati jövedelmet. Ha ugyanis egy kedvezőbb, több jövedelmet biztosító termelési szerkezetnek éppen a munkaerő volt a korlátja, és az eszközállomány növekedése a korlát kitágítását teszi lehetővé — azáltal, hogy csökkenti a munkaerő-szükségletet —, a kedvezőbb termelési szerkezet megvalósítható lesz, s növekszik a vállalat összes jövedelme.

Az eddigi fejtegetésekből is kitűnik, hogy az eszközök nem választhatók szét mereven funkcionális hatásukat illetően. *Ugyanaz az eszköz eredményezhet egyben munkaerő-megtakarítást is, jövedelememelkedést is és szociális hatást is. Az eszközök ilyen komplex hatása általában akkor tűnik ki, ha a vállalatot teljes komplexumában vizsgáljuk, amit a lineáris programozás lehetővé tesz*

Az egyszerűbb eszközökkel végzett vizsgálat e tekintetben félrevezető lehet. Előfordulhat, hogy előnyben részesítjük valamely eszköz beszerzését egy másikkal szemben, mert lehetővé teszi valamelyik termék hozamának, s ezzel együtt jövedelmének emelését. A másikat azért vetjük el, mert — látszólag csak egy nehezebb fizikai munka gépesítés-oldja meg. Pedig lehetséges, hogy az utóbbi esetleg a nehéz fizikai munka megszüntetése mellett, — a munkaerő-kapacitás növelése révén — egyben a termelési szerkezet olyan változtatását is lehetővé tenné, amely a vállalat jövedelmét sokkal nagyobb mértékben emelné, mint egy adott ágazatban elérhető jövedelemtöbblet.

E példa is felhívja a figyelmet arra, hogy az eszközellátottságról önmagában dönteni nem célravezető. A döntés során a termőföld, a munkaerő és a termelési eszköz, valamint a termelési szerkezet komplex kapcsolatát kell mérlegelni.

10.2. Az eszközök kihasználásának kérdései

Az eszközök kihasználásának kérdéseivel sok szerző foglalkozik és néha az olvasónak olyan érzése támad, hogy az eszközök kihasználása egy kicsit öncélúnak tűnik. A termelési eszközök kihasználásának vizsgálata során lényegében az eszközök kapacitását és a tényleges felhasználást állítják szembe, kimutatva, hogy a kapacitás hány százalékát hasznosították.

Szó sincs arról, hogy tagadnánk az eszközkihasználás fontosságát, de úgy véljük, e fogalmat is ki kellene bővíteni a hatékonysággal, azaz *nem általában az eszközkihasználást, hanem a hatékony eszközkihasználást kell előtérbe állítani*. Szerkesszünk csak meg egy vállalati lineáris programozási modellt, adott eszközöket és azok meghatározott kapacitását feltételezve, s optimalizáljuk azt, keresve a jövedelem maximumát. A megoldás eredményeként kapott termelési szerkezet bizonyos jövedelemszint mellett az eszközök valamilyen kihasználását biztosítja. Most építsünk a modellbe olyan feltételeket, amelyek az eszközök kihasználásának magasabb szintjét írják elő. Ekkor egy más termelési szerkezetet kapunk, amely ugyan az eszközök magasabb szintű kihasználását teszi lehetővé, de kevesebb lesz a jövedelem.

De szabad-e néhány millió forint jövedelmet csak azért elveszíteni, hogy az eszközöket jobban használjuk ki? Aligha lehet ez a célunk!

Mit tanácsolhatunk ilyenképpen a vállalatoknak az eszközök kihasználásával kapcsolatban? Először is azt, hogy *a vállalat a különböző eszközök optimális mennyiségének biztosítására törekedjék*. Másodszor pedig azt, hogy *az eszközök hatékony felhasználását tartsa fontosnak*, nem pedig általában kihasználásukat.

Az első kérdés célrealisztikus modellünkkel — mint láttuk — megoldható. A második kérdés megoldása viszont az előbbiből adódik: biztosítani kell a szükséges munkák elvégzését, sem többet, sem kevesebbet. Az utóbbit azt értjük, hogy az adott eszközök felhasználása mellett a termelési szerkezetből adódó munkákat — az időjárás és egyéb tényezők hatásához rugalmasan alkalmazkodva — kell elvégezni. E tekintetben az is káros, ha a szükséges munkát nem végezzük el, de az is, ha felesleges munkát végezzünk. Ez nem zárja ki azt, hogy a felesleges kapacitást másként, esetleg más vállalatnál bér munkában hasznosítsunk.

A termelési eszközök optimális mennyiségének biztosítása körülbelül azt jelenti, hogy a különböző anyagokat a szükséges mennyiségben szerezzük be, a célszerű tartalékkal számolva. Az épületszükséglet szintén adott; az állattenyésztés, a terméktárolás stb. igényeit kell fedeznie. E tekintetben bizonyos tartalék szükséglete szintén felmerülhet (pl. terménytárolók), illetve a távlati elképzeléseket is figyelembe kell venni. A gépi és egyéb eszközszükséglet a termelési tervből ugyancsak adva van — ha célrealisztikus modellünket alkalmazzuk —; természetesen kapacitásukat reálisan kell megtervezni.

Azt, hogy egy újabb eszközt beszerezzünk-e vagy sem, vagy hogy két eszköz közül melyiknek a beszerzése mellett döntünk, soha ne az határozza meg, hogy az adott eszközt milyen mértékig tudjuk kihasználni, vagy a két eszköz közül melyiket tudjuk jobban kihasználni, hanem csak az, hogy — az eszközököltséget is figyelembe véve — melyik eszköz teszi lehetővé a nagyobb jövedelem elérését.

Az egyszerűbb döntésmegalapozó módszerek alkalmazása általában ösztönöz arra, hogy a gépek kihasználását vizsgáljuk. Ha például valamely gép több munkát végez, úgy tűnik, hogy amortizációs költsége több munkára osztódik szét, s azáltal csökken az egységnyi gépi munka költsége, ami viszont a különböző termékek alacsonyabb önköltségében, s ezáltal — általában — nagyobb jövedelmében jut kifejezésre. Az ágazati jövedelem kizárólagos vizsgálata azonban, mint láttuk, helytelenül orientál.

Vállalati szinten vizsgálva, miközben az egységnyi gépi munkára jutó amortizációs költség csökken, a több gépmunka-végzés következtében növekszenek a gépi munkával kapcsolatos, s a végzett munka mennyiségétől függő költségek. Ha ez nem jár együtt a vállalati jövedelem arányos növekedésével, a vállalati összjövedelem csökkenése következik be.

A termelési szerkezetet tehát semmiképpen nem szabad a termelési eszköz vagy a gépkihasználás függvényének tekinteni, hanem a termelési szerkezetet és az eszközszükségletet összefüggésében és egymásrahatásában kell optimalizálni, szoros kapcsolatban a munkaerővel és a termelés más tényezőivel.

A gépek és egyes eszközök kihasználásának kérdése azonban mindenképpen felmerül, és fontos az alábbi összefüggésekben:

a) Felesleges, egyáltalán nem hasznosítható gép — és természetesen más termelési eszköz — ne legyen a vállalatnál. Nem gazdaságos olyan gépet vagy eszközt tartani, amire egyáltalán nincs semmi szükség. Például semmi értelme egy cukorrépa-betakarító gépet beszerezni, ha nem termelünk cukorrépát. De annak sincs sok értelme, hogy több traktorral rendelkezzen a vállalat, mint amennyivel csúcsidőszakban a munkákat el tudja végezni, feltéve, hogy vállalaton kívül a traktorok vagy más eszközök jövedelmező hasznosítása nem oldható meg.

b) A mezőgazdasági munkák elvégzésének idejét — ha nem jár egyéb hátrányos következménnyel —, különösen csúcsidőszakban, a lehetőséghez képest szét kell húzni, hogy adott termelési szerkezetből adódó munkák elvégzését kevesebb géppel, s e gépeket jobban kihasználva tudjuk elvégezni. Ez mindaddig célszerű, amíg nem érinti kedvezőtlenül a vállalati összjövedelmet. Lehetséges ugyanis, hogy valamely munka széthúzása, vagy más időszakra való ütemezése kismértékben csökkenti egy ágazat jövedelmét, de az ezáltal megtakarítható eszközkiadás — tekintve, hogy kevesebb eszközre van szükség — felülmúlja az ágazati jövedelem csökkenéséből adódó hátrányt, s a vállalat összjövedelme növekszik.

c) Csúcsmunka-időszakban a nyújtott vagy kettős műszak alkalmazása ugyancsak a gépkihasználás növekedésével jár együtt, ami egyben a gépszükségletet csökkentve, a munkák optimális időszakban való elvégzését biztosítva, a vállalati összjövedelem növekedését eredményezi.

d) A gépek és eszközök egymást helyettesítő kapcsolatát célszerű kihasználni. Ha pl. kétféle traktorral — könnyebb és nehezebb traktorral — rendelkezünk, s a munkákat arra a típusra ütemezzük, amely az adott munkát a legkisebb költséggel végzi, de kiderül, hogy a kétféle traktor munkacsúcsa más-más időszakra esik, mindkét traktortípus darabszámát csökkenthetjük azzal, hogy a traktorok egymásnak a csúcsmunka-időszakban „besegítenek”. Ilyen esetben kényszerülünk arra, hogy adott munkákat olyan traktorral végezzük, amely azokat „nagyobb költséggel” végzi. Az így jelentkező veszteség azonban kisebb, mint ami a traktorok nagyobb számából származnék. A munkák ilyen átcsoportosítását — amint arról szó volt — a matematikai modellben lehetővé tudjuk tenni.

e) A munkagépek kapcsolatában rejlő lehetőségek kihasználása ugyancsak a gépszükséglet csökkentésének lehetőségét teremti meg, miközben fokozza a gépek kihasználását, illetve teljesítőképességét.

f) Végül keresni kell annak a lehetőségét, hogy a gépeket és eszközöket — amikor nincs rájuk szükség — a vállalaton kívül jövedelmezően hasznosíthassuk.

Mint említettük, a vállalatvezetés feladata az optimális eszközállomány biztosítása, amit természetesen a termelési szerkezettel és a termelés többi tényezőivel összefüggésben kell meghatározni, figyelembe véve az előbbiekben felvázolt összefüggéseket. Kérdés azonban, mit tekintünk optimálisnak? Egyáltalán *nem biztos hogy az lesz az eszközellátottság optimuma, amelynél a vállalati összjövedelem legmagasabb szintjét érjük el.* Lehetséges ugyanis, hogy az eszközállomány kismérvű csökkenése, a vállalati összjövedelem nagyon kis csökkenésével jár együtt. Példáulelőadódhat, hogy az eszközök értékét 100 000 Ft-tal csökkentve, a vállalati jövedelem csak 10 Ft-tal csökkenne, vagyis a 100 000 Ft értékű eszköz csak saját költségének megtermelését és ezen felül csak 10 Ft jövedelem realizálását teszi lehetővé. Márpedig *az eszközráfordítástól nemcsak általában jövedelmet várunk, hanem legalább bizonyos szintű jövedelmezőséget is,* amely alatt esetleg nem vagyunk hajlandók az adott eszközráfordítást végrehajtani. E probléma felveti annak szükségességét, hogy — amint a munkaerő-sűrűségnél is tettük — elvégezzük az eszközellátottság változása hatásának vizsgálatát.

10.3. Az eszközellátottság és a jövedelem összefüggése

E vizsgálat során — miként a munkaerő-sűrűség vizsgálatánál — szintén el kell vonatkoztatnunk minden más tényezőtől, s kizárólag az eszközellátottságra összpontosítani figyelmünket. Elkészíthetünk egy vállalati modellt, s ezt megsokszorozhatjuk úgy, hogy a termőföldterület nagysága az egyes változatokban azonos legyen, a munkaerő-ellátottság azonos legyen (vagy korlátlan legyen), s más tényezők is azonosak legyenek, csupán az eszközellátottság lehetősége változzék. Az így előállított modellsorozatot optimalizáljuk, azaz olyan vállalatvezetést feltételezünk minden változatban, amely optimálisan cselekszik.

Az ilyen szintű vállalatvezetés természetesen feltételezi azt is, hogy a vezetés optimálisan biztosítja az eszközök típus és fajta szerinti összeté-

telét is, tehát célszerűtlen volna a mérlegfeltételeket, eszközfajtánként építeni a modellbe, s azok korlátját változtatni. Egyébként is egy ilyen vizsgálat nagyszámú modellszámítást tenne szükségessé, és az egyes eszközfajtából való ellátottság változásának hatását mutatná, márpedig jelenleg nem az a célunk, hanem általában az eszközellátottságban bekövetkezett változás hatásának általános vizsgálata, ezen belül mindig optimális összetételt feltételezve. Célrealisztikus modellünket alkalmazva e feltételezés jogos, hiszen az lényegében az eszközállomány összetételének optimalizálását is biztosítja. Ez esetben tehát csupán az eszközök értékének felső határát meghatározó mérlegfeltételt kell a modellbe beépíteni, s ezt változtatva egy modellsorozatot képezni.

Modellünk tehát — felhasználva az 5. fejezetben alkalmazott jelöléseket — a következő formában fogalmazható meg:

$$\begin{aligned}
 & \sum_{j=1}^n f_j x_j \leq F \\
 & \sum_{j=1}^n g_{ij}^h x_j - d_i^h \delta_h \leq 0 \\
 & \sum_{h=1}^m r_h \delta_h = R \\
 & \sum_{j=1}^n (T_j - C_j^{\text{vált.}}) x_j - \sum_{h=1}^m C_h^h \delta_h = \max.
 \end{aligned}
 \tag{10.1.}$$

Természetesen a célfüggvényben az (5.45.) és az (5.46.) formulákat is alkalmazhatjuk.

Az eszközértéket (R) azonban most R_0 illetve R^0 (alsó és felső értékhatár) között változtatjuk, azaz a termelési szerkezet és a termelési források optimumát különböző eszközérték mellett határozzuk meg. Az egyes eszközfajták a modell változóiként szerepelnek, s értékük az eszközértékre modellbe épített mérlegfeltételben kifejezésre jut.

Az R változtatásával végzett vizsgálat sorozat természetesen szintén többször — eltérő feltételek között gazdálkodó vállalatokat véve alapul — megismételhető. Néhány ilyen jellegű modellvizsgálatból azt a következtetést vontuk le, hogy az eszközellátottság jövedelemre gyakorolt hatása lényegében ugyanazokat a törvényszerűségeket mutatja, mint amiket a mun-

kaerő-sűrűség változásának hatásánál tapasztaltunk. Most is van az eszközértéknek egy alsó (minimális) és egy felső (maximális) határa, adott feltételeket, adott termékeket és adott technológiai rendszereket véve alapul. *Az eszközértékek növekedésével — a többi körülményt változtatlanul hagyva — a termelési szerkezet a szakosodás irányában változik, az eszközkihasználás csökken, a jövedelem pedig kezdetben gyorsabb, majd egyre lassuló ütemben emelkedik.* A jövedelem görbéje ugyanazon tendenciát mutatja, mint a 2. ábrában a munkaerővel kapcsolatban láttuk. Az előbbiekből adódóan itt is felvetődik az eszközöknek a vállalatok és népgazdasági ágak közötti optimális elosztásának igénye.

A jövedelem vonalának alacsonyabb vagy magasabb szintje, meredekebb vagy laposabb, hosszabb vagy rövidebb volta megint csak függ a többi termelési tényezőtől, a termelhető termékektől, az alkalmazható technológiai rendszerektől, a termelési korlátoktól és a belső vállalati arányok megteremtése érdekében a modellbe épített feltételektől, — a munkaerő-sűrűséggel kapcsolatban ismertetett elvek szerint.

Vizsgálatunk egy általános megfogalmazást is lehetővé tesz: *A termelési tényezők bármelyikének változása — a többi tényező változtatlan-sága mellett — tendenciájában ugyanazon hatást gyakorolja a jövedelemre, egy ideig gyorsabb, majd egyre lassuló ütemben növeli azt. Ez a termelési tényezők komplex kapcsolatát fejezi ki.*

Ebből adódóan mindig azt a termelési tényezőt kell változtatni, amely leginkább teszi lehetővé a jövedelem emelését. E megállapítás nem új, régen ismert, mégis mintha néha megfedkezni rólá. De még ha szem előtt tartjuk is e törvényszerűséget, az egyszerűbb döntésmegalapozó módszerekkel, de még a klasszikus lineáris programozási modell alkalmazásával is aligha tudjuk a törvényszerűség követelményét kifejezni. Célrealisztikus modellünk e tekintetben is előrelépést jelent, hiszen lehetővé teszi a termelési szerkezet és a termelési tényezők — természetesen, amelyeknek a változtatása módunkban áll — együttes, összefüggő optimalizálását. Hogy a termelési tényezők komplex kapcsolatának szem előtt tartása, illetve azoknak egymással és a termelési szerkezettel összefüggő optimalizálása mennyire fontos, az különösen kitűnik a következő fejezetből.

11. A termőföld, a munkaerő és a termelési eszközök felhasználásának összefüggő vizsgálata

Az előző fejezetekben egyenként vizsgáltuk a legfontosabb termelési tényezők — a termőföld, a munkaerő, valamint a termelési eszközök — felhasználásának néhány kérdését és hatását a vállalati termelési struktúrára és a vállalati jövedelem alakulására. Mindvégig hangsúlyoztuk azonban, hogy e tényezők elszigetelt vizsgálata távolról sem ad kielégítő képet a valóságos élet sokoldalú és komplex, kölcsönös összefüggéseken alapuló problémáiról.

Az említett problémák csak a tényezők kölcsönhatásait, bonyolult és sokoldalú kapcsolatait figyelembe véve tárhatók fel. Távolról sem tűzhetjük ki célul, hogy e fejezetben a kérdést teljes spektrumában kifejtjük. Egyrészt még számos probléma vár megoldásra, másrészt éppen a téma sokoldalúsága és bonyolultsága miatt teljes körű kifejtésre egyetlen fejezetben aligha vállalkozhatnánk. E helyütt tehát csupán az lehet a célunk, hogy néhány lényeges összefüggés megvilágításával ráirányítsuk a figyelmet a kérdés fontosságára, a vizsgálatok néhány lehetőségére és a saját vizsgálataink során feltárt néhány elméleti és gyakorlati összefüggésre.

11.1. Az alkalmazott módszer és feltételezés

A legfontosabb termelési tényezők, a termőföld, a munkaerő és a termelési eszközök, valamint a termelési szerkezet és a jövedelem kölcsönös kapcsolatának vizsgálata során mindenekelőtt felmerül a mérés lehetőségének, illetve mikéntjének problémája. Ugyanis valamennyi tényező egy-egy heterogén csoportot alkot. A termőföld különböző minőségi tulajdonságokkal rendelkező (eltérő talajszerkezet, domborzat, talajvízszint stb.) földdarabokból áll. A munkaerő eltérő korú, nemű, képzettségű, fizikumú, szemléletű stb. dolgozók összessége. A termelési eszközök különféle célokra alkalmas gépekből, eszközökből, anyagokból, épületekből stb. tevődnek össze, amelyek egymástól eltérő hatást gyakorolnak a vállalat eredményére. A termelés szerkezete eltérő, kevesbé vagy nagyobb mértékben korlátozott termőterületű növények termelését és különböző állattartási, állattenyésztési szerkezeteket jelenthet. E heterogén tényezők komplex hatásaként jelentkezik a vállalati jövedelem.

Másrészt a vizsgálat során alapvető fontosságú, hogy a különböző tényezők mindegyikét változtatva, kölcsönös kapcsolatokat, összefüggéseket, illetve magát a kölcsönös kapcsolat hatását vizsgáljuk. Ebből adódóan máris felmerül egy lehetőségünk a vizsgálat bizonyos egyszerűsítésére. Ha ugyanis például egy A és B pont egymáshoz viszonyított távolságát vizsgáljuk, elég csak az egyik pontot áthelyezni. Nyilvánvaló, hogy a két pont távolsága ezáltal ugyanúgy változtatható, mintha mind az A , mind a B pontot egyidejűleg változtatnánk. Ez a megfontolás lehetővé teszi, hogy a vizsgált tényezők közül legalább egyet rögzíthetünk, s a többi változtatva elemezzük kölcsönös kapcsolatukat. Tekintve, hogy egyrészt a szocialista vállalatok földterülete adott, és nem változtatható tetszés szerint, másrészt általában megszokott az agrárközgazdaságtanban mind a ráfordítások, mind a jövedelem területhez való viszonyítása (munkaerő-sűrűség, gépsűrűség, 100 ha-ra jutó állóeszköz, munkaráfordítás, jövedelem stb.), ezért a területet célszerű adottnak, meghatározottnak tekinteni. (Hangsúlyozzuk, hogy ez az egyszerűsítés nem szükségszerű, illetve nem az alkalmazott módszerből adódó követelmény, csu-

pán a kifejtés megkönnyítését szolgálja. Alkalmazása a vizsgálat eredményét nem befolyásolja.)

Abból kiindulva, hogy a termőföld maga is heterogén, felmerül a probléma, hogy mennyiségét milyen közös egységben (pl. szántóegységben vagy természetes egységben) célszerű nézni. Véleményem szerint a legcélszerűbb a természetes mértékegységet alkalmazni, mert egyrészt ezáltal adott konkrét vállalatok feltételei is kifejezhetők, másrészt ez lehetőséget ad arra, hogy modellsorozat útján eltérő vállalati feltételek (eltérő talajadottságok vagy a termőföldnek a talajadottságok szerinti eltérő összetétele, eltérő időjárási feltételek stb.) hatását is vizsgálhassuk. A termőföldet tehát célszerű adott nagyság, összetétel és adott természeti körülmények között meghatározottnak feltételezni.

A munkaerő mérése viszonylag egyszerű feladat: az átlagos munkarejű dolgozóra — egységmunkaerőre — számítható át. Hallgatólágasan ez azt a feltételezést tartalmazza, hogy a munkaerő-állomány olyan összetételű, hogy azzal bármely lehetséges termelési feladat megoldható. E feltételezés jogosultsága alapján véve fennáll, hiszen — különösen távlati tervezés esetén módunkban áll a munkaerőmennyiségének és összetételének bizonyos mértékű változtatása is. Valójában annak sincs akadály — legalábbis elvileg —, hogy a munkaerőt részletezve — kor, nem, szak-képzettség, fizikai erőnlét, szemlélet, illetve munkaerkölcs stb. szerint csoportosítva — vegyük figyelembe. Ennek legalábbis a lineáris programozás oldaláról nézve, módszertani akadály nincs.

Nagyobb probléma a termelési eszközök mérése. Az egyes eszköz-fajták mérése ugyan lehetséges természetes mértékegységben (db, q stb.), azonban pl. *nem ugyanaz egy elhasználódott gépnek a teljesítménye és üzemeltetési költsége, mint egy viszonylag új gépnek. A gépek egyedi megkülönböztetésének igénye azonban túlzott követelmény volna*, és valójában sem elméletileg, sem gyakorlatilag nem lenne ennek értelme. Célszerű e tekintetben annak feltételezése, hogy átlagos elhasználódású gépekről van szó, vagyis a gépek között vannak jobban és kevésbé elhasznált gépek, s ilyenképpen összetételük valamilyen átlagosan elhasználódott gépállománynak felel meg.

Ha a termelési eszközöket fajtánként természetes mértékegységben vesszük számba, azonnal felmerül az a probléma, hogy az eszközök fajták szerinti összetétele igen különböző lehet. Milyen összetétel figyelembe-

vételével végezzük a vizsgálatot? Vagy talán a termelési eszközök összetételét változtatva modellsorozatot képezzünk?

Amennyiben a célunk annak vizsgálata, hogy a termelési eszközök összetételének változtatása milyen mértékben hat a jövedelemre vagy más jelenségre, akkor mindenképpen szükséges, hogy a termelési eszközök összetételének változtatásával modellsorozatot képezzünk. Egy ilyen jellegű részletesebb vizsgálat célszerű volna, és valószínűleg számos hasznos információt eredményezne.

Célunk azonban e helyütt a termelési eszközök általános hatásának vizsgálata, tehát fajták szerinti összetételétől eltekinthetünk. Mégsem lenne helyes egyetlen meghatározott összetételt feltételezni, hiszen attól függően, hogy milyen összetétellel számolnánk, a vállalatvezetés eltérő színvonalát juttatnánk kifejezésre. Márpedig éppen azt tételeztük fel, hogy a vállalatvezetés mindvégig azonos szintű, mégpedig a legjobb, ti. olyan, amely képes optimálisan cselekedni mind a termelés, mind a termelési eszközök szerkezetét illetően. E feltételezés mellett célszerűnek látszik a termelési eszközöket pénzértékben kifejezni.

A fentiek szerint a vizsgált modell a következőképpen fogalmazható meg.

Adva van egy mezőgazdasági vállalat, amely n féle terméket termelhet.⁷² A termeléshez F nagyságú földterület áll rendelkezésre. Határozzuk meg a vállalat számára azt a termelési szerkezetet, amely mellett a célfüggvény maximumát nyerjük, vagyis alkalmazzuk az (5.42.—5.46.) formulák valamelyikét például.

$$(11.1.) \quad \sum_j (A_j - C_j^{\text{ált.}})x_j - \sum_h C_h^h \delta_h = \max.,$$

miközben a termelésre pontosan a rendelkezésre álló területet használjuk fel, azaz

$$(11.2.) \quad \sum_j f_j x_j = F.$$

Biztosítjuk a munkaerőmérleg

$$(11.3.) \quad \sum_j a_{ij} x_j - b'_i \beta \leq 0,$$

⁷² A technológiai változatok lehetőségeinek vizsgálatától eltekintünk.

valamint a gépi munkák mérlegeinek egyensúlyát, tehát

$$(11.4.) \quad \sum_j g_{ij}^h x_j^h - d_i'^h \delta_h \equiv 0,$$

felülről korlátozva a munkaerő-létszámot

$$(11.5.) \quad \beta \equiv \beta^0,$$

valamint felülről korlátozva a holtmunka-ráfordítást

$$(11.6.) \quad \sum_j \xi_j x_j + \sum_h \xi_h \delta_h \equiv H^0$$

ahol:

ξ_j , illetve ξ_h a j -edik termék termelése, illetve a h -adik gép üzemeltetése során felmerülő, közvetlenül a j -edik termékre, illetve a h -adik gépre terhelhető fajlagos holtmunka-költség, és

H^0 a holtmunka-ráfordítás felső korlátja.

A többi szimbólum az 5. fejezetben alkalmazottakkal megegyezik. Természetesen a nemnegativitás feltétele most is fennáll, azaz

$$(11.7.) \quad x_j, \delta_h \geq 0.$$

A (11.6.) helyett a

$$(11.8.) \quad \sum_j r_j x_j + \sum_h r_h \delta_h \equiv R$$

is alkalmazható, amikor is a beruházási keretet (R) korlátozzuk. (r_j , illetve r_h a j -edik termék, illetve a h -adik gép egységének beruházási igénye.)

A (11.1.—11.8.) szerint megfogalmazott modellből most egy modellsorozatot képezhetünk, ha azt különböző β^0 , H^0 , illetve R értékek mellett oldjuk meg. E modellsorozat tulajdonképpen egy vállalat megsokszorozását jelenti, és lehetővé teszi annak vizsgálatát, hogy milyen lenne az adott vállalat optimális termelési szerkezete és optimális termelési eszköz ráfordítása vagy beruházott eszközállománya, valamint a vállalat jövedelme különböző munkaerő-ellátottság, valamint különböző értékű holtmunka-ráfordítás, illetve beruházott vagyron esetén.

11.2. A termőföld, a munkaerő és a termelési eszközök, valamint a termelési szerkezet és a jövedelem kapcsolatának vizsgálata lineáris programozással

A termőföld, a munkaerő és a termelési eszközök, valamint a termelési szerkezet és a jövedelem összefüggő, kölcsönös kapcsolatának vizsgálata mind elméleti, mind pedig gyakorlati szempontból érdeklődésre tarthat számot. A problémával kapcsolatban több esetben végeztem elemzéseket⁷³, különböző mélységű és részletességű modelleket, valamint eltérő feltételezéseket alkalmazva. Elektronikus számítógép nem áll rendelkezésemre, s anyagi feltételeim sem teszik lehetővé széles körű és többirányú, nagyméretű, gyakorlati modelleken alapuló vizsgálat elvégzését. Különösen régebbi vizsgálataimban voltam kénytelen leegyszerűsített modelleket alkalmazni.

1969-ben, amikor első alkalommal gyakorlati célra alkalmaztuk a lineáris programozást egy termelőszövetkezet fejlesztési tervének készítésére, már felmerült a gondolat, hogy az így összeállított gyakorlati modell segítségével vizsgáljuk meg a legfontosabb termelési tényezők, valamint a termelési szerkezet és a jövedelem kapcsolatát. Anyagi lehetőségeim miatt azonban ismételten *kénytelen voltam bizonyos egyszerűsítésekre, amelyeket sikerült úgy megoldani, hogy az a vizsgálat eredményét ne torzítsa el, de a modell méretét nagymértékben csökkentse*. A gyakorlati modellen a következő egyszerűsítéseket hajtottam végre:

a) A termelőszövetkezet háromféle talajtípussal rendelkezett. *Cél szerűnek látszott a vizsgálatból kétféle talajtípust kizárni és csak egyféle talajtípust figyelembe venni*. Ezzel egyrészt sikerült a modell méretét nagymértékben csökkenteni, másrészt a talajtípusok szerinti megoszlás zavaró

⁷³ Tóth J.: A termelési szerkezet, a munkaerő és a gépsűrűség valamint a jövedelmezőség kapcsolatainak vizsgálata matematikai programozással. Georgikon Napok, Keszthely, 1966.

hatását is kiküszöbölni. A modellből kihagytuk tehát a homok és a láp talajhoz kapcsolódó változókat, valamint mérlegfeltételeket.

b) A termelőszövetkezet összes területe közel 10 000 kh volt. Inkább a könnyebb kezelhetőség, illetve a közgazdasági mutatók egyszerűbb kiszámítása és értékelése érdekében *pontosan 10 000 kh-val számoltunk.*

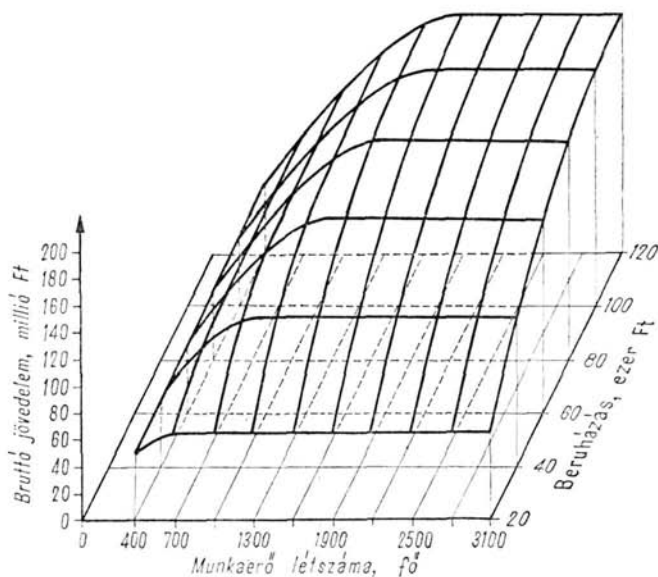
c) *Vizsgálatunkat nem terjesztettük ki az összes holtmunka-ráfordításra, csak a traktorok és a hozzájuk kapcsolódó munkagépek beruházási értékére.* A traktorok kategóriák szerinti összetétele természetesen az adott beruházott értéken belül változhatott.

A modellt három célfüggvény szerint vizsgáltuk. Első célfüggvényünk a bruttó jövedelem, a második a nettó jövedelem, a harmadik pedig a munkanap-felhasználás maximalizálását tűzte ki feladatul.

A munkaerő változását 400—3100 fő között (tehát 25 kh/fő és 3,2 kh/fő munkaerő-sűrűség között) a 400, 700, 1000, 1300, 1600, 1900, 2200, 2500, 2800, 3100 pontokban, azaz 300 fős eltérésekkel vizsgáltuk. A gépberuházás értékét 20 milliós eltérésekkel, a 20 és 120 millió Ft között, a 20, 40, 60, 80, 100, 120 millió Ft pontokban vizsgáltuk. Sajnos a pontok sűrítése is anyagi akadályokba ütközött, hiszen a fentiekben leírt egyszerűsítések, továbbá a mérlegfeltételek egy részének elhagyása (pl. a téli hónapok munkaerő- és gépmérlegei) ellenére is *egy 56 feltételt és 23 ismeretlent tartalmazó modellt 180 variációban kellett megoldani.*

Egy-egy célfüggvénnyel tehát 60 változatban oldottuk meg a modellt, hiszen a munkaerő említett tíz értéke mellett a gépberuházás 6—6 féle értékét vizsgáltuk, azaz a munkaerő és a gépérték alapján készített alaprács 60 metszéspontot tartalmazott, s e rács minden pontjában mindhárom célfüggvénnyel megoldva a modellt, összesen 180 megoldáshoz jutottunk.

Aligha lenne célszerű arra vállalkozni, hogy a 180 megoldás során nyert termelési szerkezetet, annak jövedelemvonzataival és közgazdasági mutatóival együtt részletesen ismertessük és elemezzük. Ez egyrészt terjedelmességénél fogva aligha oldható meg, másrészt *vizsgálatunk elméleti összefüggések feltárását és nem gyakorlatilag használható tervek összeállítását tűzte ki feladatul.* Ennek megfelelően *megengedtük bizonyos szempontból szélsőséges vagy gyakorlati megvalósításra nem ajánlható megoldások lehetőségét is.* (Önmagában, jelenlegi viszonyaink között, a 25 kh/fő és a 3,2 kh/fő munkaerő-sűrűség is gyakorlatilag elképzelhetet-



4. ábra.

A munkaerő, a beruházás és a bruttó jövedelem kapcsolata

len, szélsőséges eset.) Az adott vizsgálat jellegéből adódóan a nagytömegű konkrét adat különben is zavarólag hatna, s elvonná a figyelmet a vizsgálat lényegétől, s elméleti eredményétől. A továbbiakban tehát *vizsgálatunk legfontosabb eredményeit foglaljuk össze*. Megjegyezzük azonban, hogy vizsgálatainkat azóta megismételtük, s ez az ismételés, valamint a gyakorlati célokra készített modelljeink eredményei is alátámasztották a következőkben ismertetett eredményeket.

Az összes vállalati bruttó jövedelem alakulását a rendelkezésre álló munkaerő és a gépek beruházási értékének változása függvényében a 4. ábra szemlélteti.

Az ábrából kitűnik, hogy *a különböző gépberuházások esetén a munkaerő függvényében az összes vállalati bruttó jövedelem kezdetben gyorsabb, majd egyre lassuló ütemben növekedik, míg végül az ordináta tengellyel párhuzamos egyenesbe megy át*. Emlékeztetünk a 2. ábrára, amely ugyanezt a tendenciát juttatta kifejezésre. *Törvényszerűnek lehet*

tehát tekinteni — és ezt valamennyi eddig végzett vizsgálatunk megerősítette —, hogy adott holtmunka-ráfordítás vagy adott beruházás vagy adott gépállatottság mellett a munkaerő-ellátottság növekedésének hatására a vállalati bruttó jövedelem tömege kezdetben gyorsabb, majd lassuló ütemben növekszik, majd pedig egy szinten stagnál.

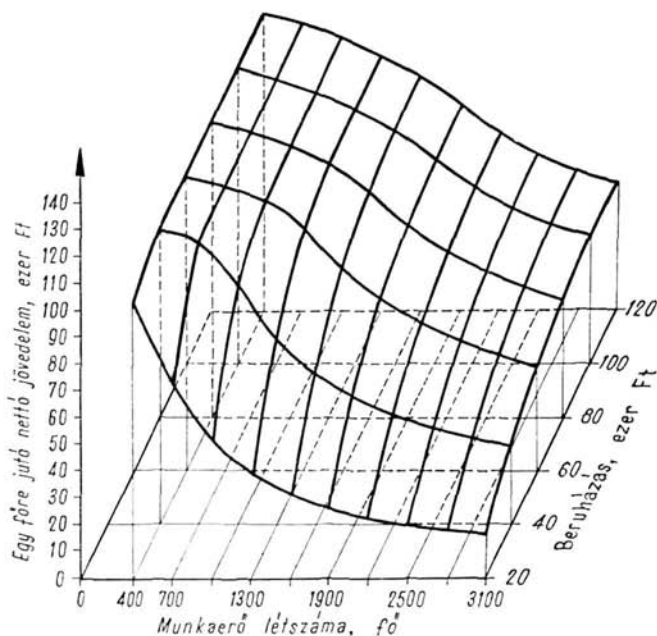
Ha a munkaerő-ellátottságot rögzítjük, s a gépberuházás értékét változtatjuk, az előbbivel azonos tendenciát találunk, vagyis törvényszerűnek tekinthető, hogy *adott munkaerő-ellátottság mellett a holtmunka-ráfordítást, beruházott vagyont vagy a gépállatottságot növelve, a vállalati összes bruttó jövedelem kezdetben gyorsabb, majd egyre lassuló ütemben növekszik, míg később stagnálásba megy át.* Emlékeztetünk e helyütt a 10. fejezetben elmondottakra, ahol is ugyanezt a tendenciát mutattuk ki.

A 4. ábra azt is megvilágítja, hogy *a munkaerő és a jövedelem kapcsolatát jellemző összefüggés a holtmunka-ráfordítás, a beruházás vagy a gépállatottság növekedésének hatására tendenciájában azonos, de mind magasabb szinten ismétlődik.*

Hasonlóképpen *a holtmunka-ráfordítás, a beruházott vagyont vagy a gépállatottság és a bruttó jövedelem kapcsolatát jellemző összefüggés a munkaerő-ráfordítás növekedésének hatására tendenciájában azonos, de mind magasabb szinten ismétlődik.*

A tendenciavonalak mind magasabb szintre emelkedése kezdetben gyorsabb ütemű, majd egyre lassuló, míg végül stagnálásba csap át. Ebből adódóan a 4. ábrán egy jellegzetes, felülről nézve domború palástot kapunk, amelynek domborulata mindkét irányban csökken, s végül síkba megy át. Az hogy ez a palást domborúbb vagy laposabb, valamint, hogy korábban vagy később megy át síkba természetesen számos tényezőtől függ. Különösen nagy szerepe van ebben annak, hogy egyáltalán milyen termékek termelése jöhet számításba az adott vállalat feltételei között, milyen technológiai változatokkal lehet azokat termelni, milyenek a vállalat természeti adottságai (talajtípus, domborzat, időjárás stb.), és milyen termelési korlátokat (belső és külső összefüggések és feltételek kifejezésére) építünk a modellbe. Csak megjegyezzük, hogy a modellbe épített termelési korlátok a palást területét csökkentik s magassági szintjét alacsonyabbra szállítják.

A 4. ábrán bemutatott palást segítségével lényegében valamennyi



5. ábra.

A munkaerő, a beruházás és az egy főre jutó bruttó jövedelem kapcsolata

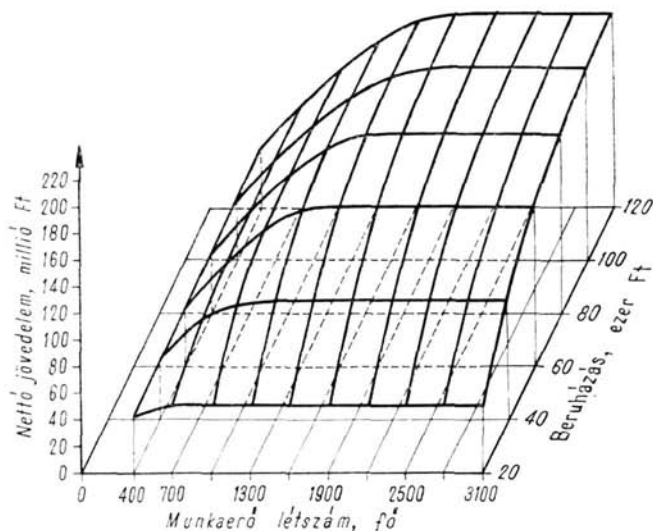
munkaerő-ellátottsági és beruházási kombináció jövedelmi vonzatára következtetni tudunk.

Mindezekhez még hozzáfűzzük, hogy *mind a munkaerő-ellátottság, mind a beruházási érték növekedése a termelési szerkezet szakosításának tendenciáját vonta maga után, ami együtt járt a munkaerő és a gépek kihasználásának csökkenésével.*

Ha a termelőszövetkezeti vállalatoknál a dolgozói létszámot adottnak tekintjük, a vállalati összes bruttó jövedelem és az egy dolgozóra jutó bruttó jövedelem maximuma azonos helyen van. Más a helyzet, ha a dolgozói létszám — legalábbis meghatározott intervallumon belül — tetszés szerint változtatható. Célszerű ezért vizsgálni, hogy milyen kapcsolat van a munkaerő és a holtmunka-ráfordítás (beruházott vagyon vagy gép-ellátottság), valamint az egy dolgozóra jutó bruttó jövedelem alakulása között. Ezt szemlélteti az 5. ábra.

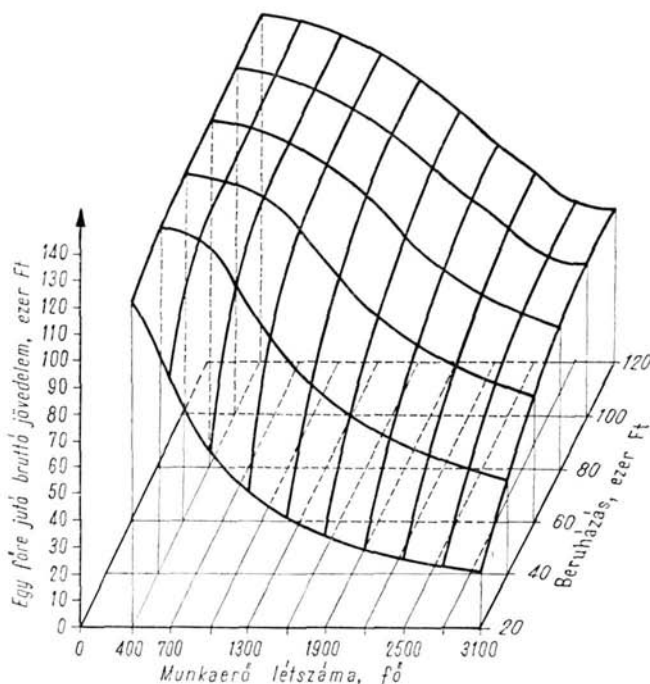
Az ábra jól kifejezi, hogy *adott gépellátottság (beruházott vagyon vagy holtmunka-ráfordítás) esetén a munkaerő-ellátottság növekedésével az egy főre jutó bruttó jövedelem csökkenő tendenciát mutat*. Lényegében ugyanazt a tendenciát találjuk most is, amit a 3. ábrán tiszta formában ábrázoltunk. Most azonban a legalacsonyabb munkaerő-pontokban észlelhető bizonyos ellentmondás, mert e helyütt a többlet munkaerő-ellátottság esetleg az egy főre jutó bruttó jövedelem növekedését is eredményezheti.

A gépellátottság (beruházott vagyon, holt munka-ráfordítás) függvényében az egy dolgozóra jutó bruttó jövedelem emelkedő tendenciát mutat. Ennek következtében az *egy dolgozóra jutó bruttó jövedelem és a munkaerő-ellátottság közötti kapcsolatot jellemző összefüggés a gépellátottság (beruházás, holtmunka-ráfordítás) hatására azonos tendenciával, de mind magasabb szinten érvényesül*. Így ismét egy jellegzetes palásthoz jutottunk. E palást — a gépellátottság szerint nézve — a gépellátottság növekedésével felfelé emelkedik, de az emelkedés tendenciája csökkenő ütemű, sőt egy ponton túl stagnálás következne be.



6. ábra.

A munkaerő, a beruházás és a nettó jövedelem kapcsolata



7. ábra.

A munkaerő, a beruházás és az egy főre jutó nettó jövedelem kapcsolata

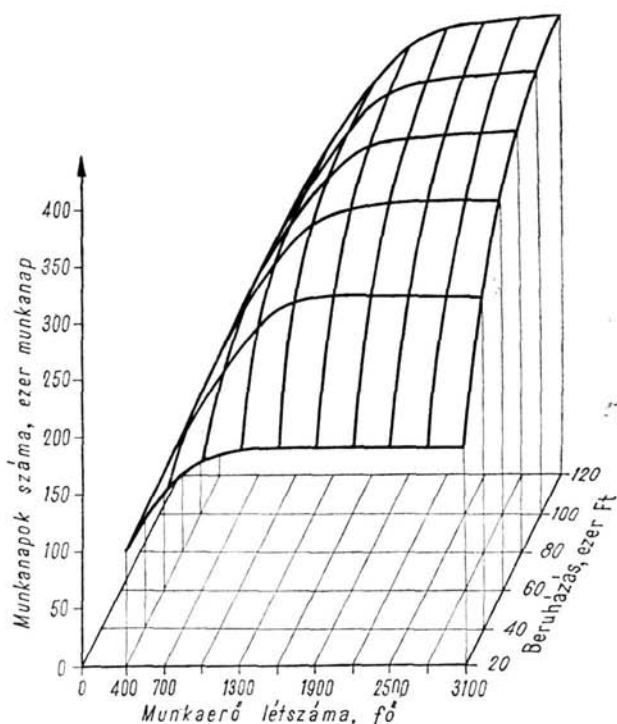
A nettó jövedelem célfüggvénnyel vizsgálva a modellt a 6., illetve a 7. ábrán szemléltetett összefüggésekhez jutunk.

Szembevetendő, hogy a munkaerő és a gépállomány függvényében az összes és az egy főre jutó nettó jövedelem alakulása ugyanazt a törvényszerűséget mutatja, amit — a 4. és az 5. ábrán — a bruttó jövedelemmel kapcsolatban láttunk. Most is találkozunk a szakosodás tendenciájával, s ezzel együtt a munkaerő és a gépek kihasználásának csökkenése tendenciájával.

Mint említettük, a harmadik célfüggvényünkben a munkaerő-ráfordítás maximalizálását tűztük ki célul. Az összes munkanap-felhasználást, valamint az egy főre jutó munkanap-felhasználást a munkaerő-ellátottság és a beruházott vagyon függvényében a 8. és 9. ábra szemlélteti.

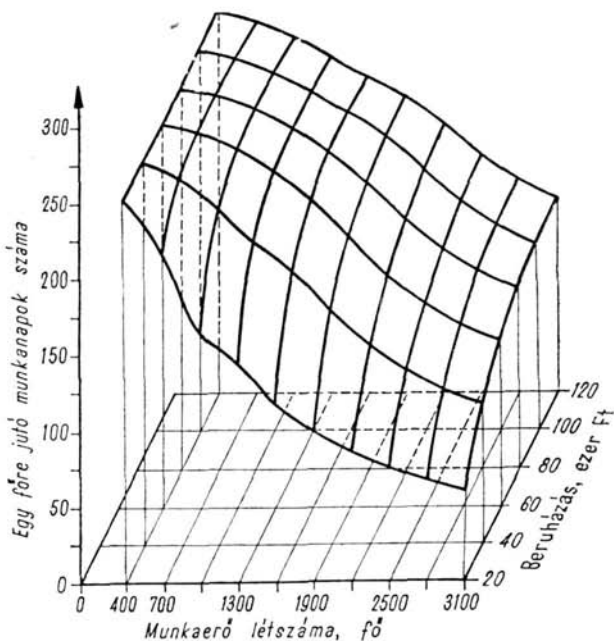
Érdekes, hogy most ismételten azonos tendenciát kaptunk, mint amit a bruttó és a nettó jövedelemmel kapcsolatban az előbbieken már tapasztaltunk.

Ha meggondoljuk, hogy modellünkben a termőföld területét meghatározottnak tekintettük, s egyfelől a munkaerő-ellátottság, másfelől a gépberuházás értékének változtatásával modellsorozatot képeztünk, s mindhárom célfüggvényt e feltételek mellett maximalizáltuk, aligha tévedünk akkor, ha azt állítjuk, hogy a kapott célfüggvény-tendenciák természetesek, és bármi lenne is a célfüggvény tartalma, lineáris modellben ugyanezt a tendenciát kapnák. A célfüggvény ugyanis akkor veszi fel a legnagyobb értéket, ha — mint arra már utaltunk — a korlátokat (esetünk-



8. ábra.

A munkaerő-állomány és a beruházás változásának, valamint a munkaerő-felhasználás kapcsolata



9. ábra.

A munkaerő-állomány és a beruházás változásának valamint az egy főre jutó munkaerő-felhasználás kapcsolata

ben a munkaerő és a gépberuházás korlátját) teljesen feloldjuk, illetve olyan szintre kitágítjuk, hogy a modell feltételei között az a termelést ne korlátozza. Most a korlátokat szűkítve a célfüggvény értékének csökkenése következik be, s a csökkenés gyorsuló tendenciájú.

Konkrét vizsgálatunk során a gépellátottság kérdését tartottuk szem előtt. Nem véletlen azonban, hogy többször hivatkoztunk a beruházott vagyon vagy a holtmunka-ráfordításra. Valójában — mint ezt leegyszerűsített modellvizsgálataink is mutatták — az összes beruházott vagyon vagy az összes holtmunka-ráfordítás változásának hatása a jövedelemre ugyanazt a tendenciát mutatja, mint amit a gépellátottság esetén kaptunk, legfeljebb a tendenciavonalak magassága, hosszúsága stb. változik. Ennek alapján jogosnak találjuk, hogy további fejtegetésünket az egész holtmun-

ka-ráfordításra kiterjesztve végezzük el, megjegyezve, hogy az elmondottak érvényesek akkor is, ha csak a beruházott vagyont vagy csak a gépellátottságot tekintjük.

Az eddigiek során hallgatólagosan feltételeztük, hogy vizsgálatunk egy statikus helyzetre vonatkozik, amikor is eltekinthetünk a technikai fejlődés hatásától. Feltételeztük, hogy a lineáris programozásnál a vállalati modellben az összes termelhető terméket figyelembe vettük, az adott technikai szinten lehetséges összes termelés technológiai változatokkal. *Egy ilyen vizsgálat azt mutatja meg, hogy egy adott időpontban, adott technikai színvonal mellett a munkaerő és a holtmunka-ráfordítás változása milyen hatást gyakorol a termelési szerkezetre és a jövedelemre.* E vizsgálatok adott esetben hozzájárulnak a döntések megalapozásához. *Ha azonban az időtényezőt is számításba vesszük, azaz vizsgálatunkban hosszabb időt veszünk figyelembe, nem tekinthetünk el a technika fellődésétől.* A technikai fejlődés hatása több irányú lehet. Előidézheti a bruttó jövedelem gyorsabb ütemű emelkedését egyrészt új fajták termesztésbe, illetve tenyésztésbe vétele által, másrészt a hatékonyabb műtrágya, növényvédő szerek, tápok stb. előállításának és felhasználásának hatásaként. De növekedhet a bruttó jövedelem azáltal is, hogy az ipari munka termelékenységének emelkedése következtében a holtmunka egyes elemei olcsóbbodnak, illetve árszintjük egyáltalán nem vagy nem arányosan nő a mezőgazdasági termékek árszintjének emelkedésével, s így ugyanazon mennyiségű holtmunka-ráfordítás abszolúte vagy relatíve kevesebbe kerül. Mindezeket figyelembe véve, *a technikai fejlődés a 4. ábrán bemutatott pályát meredekebb emelkedését és területe kiterjedésének módosulását eredményezi. Esetleg adott időszakban a pályát kiegyenesedéséhez (lineáris síkhoz) vagy felülről nézve homorúvá válásához is elvezethet.*

A kérdés ilyen jellegű vizsgálata különösen nagy és bonyolult feladatot igényelne. Tétélezzük fel azonban, hogy egy ilyen vizsgálat lehetséges, s valójában — mint ahogy ez valószínű is — *a technikai fejlődés adott munkaerő és holtmunka-ráfordítás mellett végső soron a bruttó jövedelem változásában mutatkozik meg: általában a bruttó jövedelem növekedését eredményezi, de adott esetben annak csökkenéséhez is vezethet, vagy változatlanul hagyja azt.* Vizsgáljuk meg, hogy a különböző esetekben milyen

összefüggés van a bruttó jövedelem, az élőmunka-ráfordítás és a holtmunka-ráfordítás között.⁷⁴

Induljunk ki abból, hogy a holtmunka-ráfordítás növekedésének hatása megnyilvánulhat a hozamok, s így a termelési érték növekedésében, az élőmunka-ráfordítás helyettesítésében vagy szociális feladatok megoldásában (a munka megkönnyítésében, kulturáltabbá tételében stb.).

A termelési érték (jelöljük T -vel) két tényezőre bontható, a holtmunka-ráfordítás értékére (jelöljük H -val), valamint a bruttó jövedelemre (jelöljük B -vel), azaz

$$(11.9.) \quad T = H + B,$$

s innen természetesen a bruttó jövedelem a

$$(11.10.) \quad B = T - H$$

formulával nyerhető.

Természetes, hogy az egy munkaerőre (M) jutó bruttó jövedelem (B_M) a

$$(11.11.) \quad B_M = \frac{T - H}{M}$$

formában, míg az egységnyi területre jutó bruttó jövedelem (B_F) — feltételezve, hogy F nagyságú területet használunk fel a termelésre —

$$(11.12.) \quad B_F = \frac{T - H}{F}$$

formában nyerhető.

Természetesen a fejlődés folyamán mind a T és a H , mind pedig az M változik, mégpedig a mezőgazdaságban — hosszabb távot tekintve — a T és a H növekszik, az M pedig csökken.

Ha a T , H és M kiinduló (bázis) értékét T_0 , H_0 és M_0 -val jelöljük, ugyanakkor Δ jelenti a növekedés rátáját, azaz Δ_T , Δ_H és Δ_M azt mutatja, hogy a vizsgált időszak alatt a termelési érték, a holtmunka-felhasználás

⁷⁴ A gépesítéssel kapcsolatban e kérdéstről dr. Gönczi Ivánnal közös cikkünkben fejtettük ki nézetünket. (Gönczi Iván—Tóth József: Kísérlet a technikai fejlesztés gazdasági konzekvenciájának megközelítésére. Statisztikai Szemle, 1971. 4. sz.)

lás, illetve a munkaerő-felhasználás hányszorosára változott, s az egy főre, illetve a területegységre jutó bruttó jövedelem szintjét a bázisidőszakban B_{M_0} , illetve B_{F_0} , egy későbbi időszakban B_{M_1} , illetve B_{F_1} -gyel jelöljük, a következő összefüggésekhez jutunk.

$$(11.13.) \quad B_{M_0} = \frac{T_0 - H_0}{M_0},$$

illetve

$$(11.14.) \quad B_{F_0} = \frac{T_0 - H_0}{F_0},$$

és

$$(11.15.) \quad B_{M_1} = \frac{T_0 - H_0}{M_0} + \frac{\Delta_T T_0 - T_0}{M_0} - \frac{\Delta_H H_0 - H_0}{M_0} + \\ + \left[\left(\frac{T_0 - H_0}{M_0} \right) \cdot \left(\frac{M_0}{\Delta_M M_0} - 1 \right) \right] + \left[\left(\frac{\Delta_T T_0 - T_0}{M_0} \right) \cdot \left(\frac{M_0}{\Delta_M M_0} - 1 \right) \right] - \\ - \left[\left(\frac{\Delta_H H_0 - H_0}{M_0} \right) \cdot \left(\frac{M_0}{\Delta_M M_0} \right) \right],$$

illetve

$$(11.16.) \quad B_{F_1} = B_{M_1} \cdot \frac{\Delta_M M_0}{F_0}.$$

A (11.15.) könnyen a következő egyszerű alakra hozható:

$$(11.17.) \quad B_{M_1} = \frac{1}{\Delta_M} \left[B_{M_0} + (\Delta_T - 1) \frac{T_0}{M_0} \right] - \frac{\Delta_H H_0 - H_0}{\Delta_M M_0}.$$

Ebből pedig az alábbi következtetések adódnak:

Ha mind a T_0 és a H_0 növekszik, mind az M_0 csökken, akkor az egy tagra jutó bruttó jövedelem függ annak változás előtti szintjétől, a T_0 és az M_0 arányától, a Δ_T és a Δ_M arányától, valamint a Δ_H és a Δ_M arányától. A B_{M_0} , $\frac{T_0}{M_0}$, $\frac{\Delta_T T_0}{\Delta_M}$ egyenes, a $\frac{\Delta_H}{\Delta_M}$, valamint a $\frac{H_0}{M_0}$ arányok nagysága fordított arányban befolyásolja az egy dolgozó tagra jutó bruttó jövedelem változását. Ebből pedig az következik, hogy azokban a termelőszövetkezetekben, ahol a jó természeti-gazdasági feltételeknek, s az ezeknek megfelelő vi-

szonylagos alacsony tagsűrűségnek a következtében az egy tagra jutó T_0 és B_{M_0} magas szintű, s a holtmunka-ráfordítás növekedése következtében a T_0 jelentősen emelhető a taglétszám egyidejű csökkentése mellett (az egy létszámcsökkenésre eső T_0 magas), nagyobb holtmunka-költséget is el tudnak viselni viszonylag kisebb mértékű élőmunka — holtmunka helyettesítési arány mellett is. A rossz feltételek között dolgozó, viszonylag magas tagsűrűségű termelőszövetkezetekben viszont, még ha a holtmunka-ráfordítás lehetővé teszi is a T_0 emelését, a gépesítést csak viszonylag magas élőmunka — holtmunka helyettesítési arány esetén tudják előre vinni. Ebből mindenképpen kitűnik a természeti feltételeknek és a munkaerő-sűrűségnek jelenleg még nagy szerepe a holtmunka-ráfordítás lehetőségeiben és gazdaságosságában.

A holtmunka-ráfordítás növekedésének hatása másként jelentkezik, ha azt a területegységre vagy a munkaerőegységre jutó bruttó jövedelem szempontjából nézzük. A területegységre jutó bruttó jövedelem tekintetében a többlet holtmunka-ráfordítás költsége csak annak hozamnövelő hatásával kompenzálható, amíg a munkaerőegységre jutó bruttó jövedelem szemszögéből nézve, a hozam növekedésével és a munkaerőlétszám csökkentésével együttesen kompenzálható. Ebből adódóan a holtmunka-ráfordítás gazdaságosságának hatása az előbbi esetben alacsonyabb, az utóbbi esetben magasabb szinten helyezkedik el, feltételezve természetesen a munkaerő más népgazdasági ágban való foglalkoztatásának lehetőségét. Adott esetben az egy tagra jutó bruttó jövedelmet tekintve, a holtmunkaköltség növekedése még a területegységre jutó termelési érték csökkenése esetén is gazdaságos lehet.

Felmerül azonban még egy probléma. A termelőszövetkezeti tagok szempontjából *nemcsak az egy dolgozó tagra jutó bruttó jövedelemnek van fontos jelentősége, de az életszínvonal alakulása tekintetében az egy eltartottra jutó bruttó jövedelemnek is.* Márpedig a mezőgazdaságból általában a munkabíró és dolgozó tagok vándorolnak el nagyobb számban, és ennek következtében *nő az egy dolgozó tagra jutó eltartottak száma, vagy másképpen, az eltartottak száma kisebb mértékben csökken, mint a dolgozó tagok száma.*

Ha az eltartottak számát E -vel jelöljük, akkor az egy dolgozó tagra

jutó eltartottak száma $\frac{E}{M}$ lesz. Az egy dolgozó tagra jutó bruttó jövedelem-ből és az egy dolgozó tagra jutó eltartottak számából az egy eltartottra jutó bruttó jövedelem összegét a következőképpen számíthatjuk ki:

$$(11.18.) \quad B_{E_0} = B_{M_0} \frac{M_0}{E_0}.$$

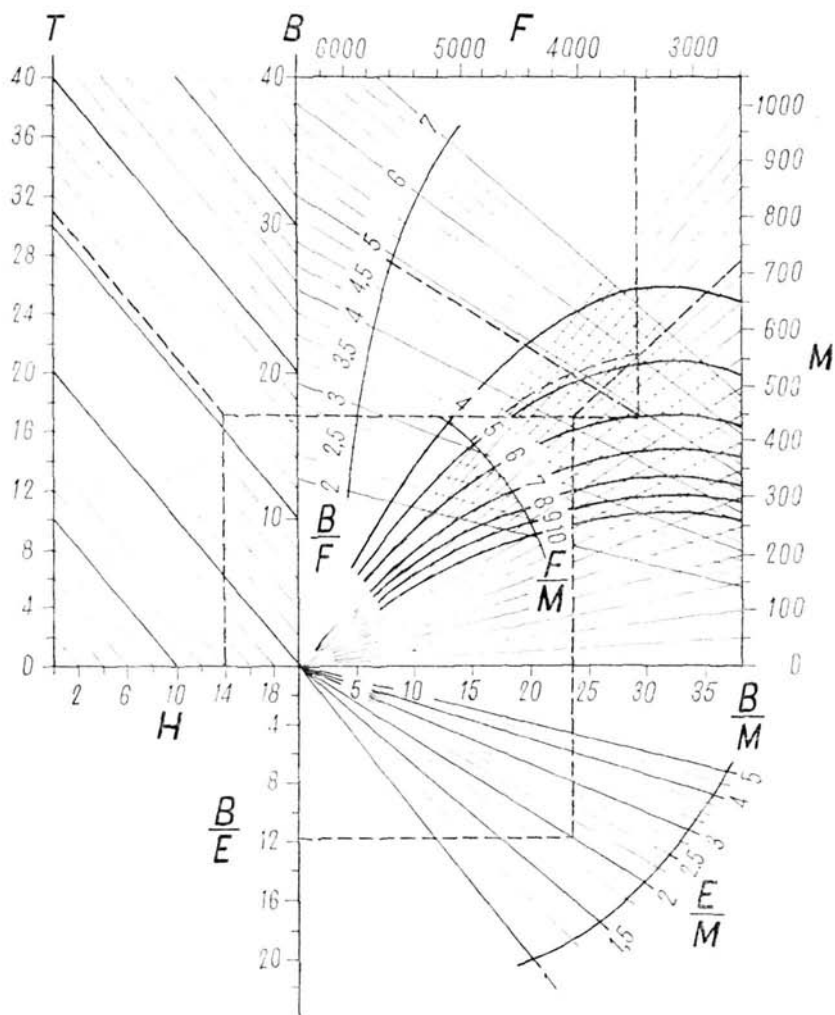
A (11.15.) formula eszerint, az eltartottak számát figyelembe véve, a következőképpen módosul:

$$(11.19.) \quad B_{E_1} = \left\{ \left[\frac{T_0 - H_0}{M_0} + \frac{\Delta_T T_0 - T_0}{M_0} - \frac{\Delta_H H_0 - H_0}{M_0} \right] + \right. \\ \left. + \left[\left(\frac{T_0 - H_0}{M_0} \right) \cdot \left(\frac{M_0}{\Delta_M M_0} - 1 \right) \right] + \left[\left(\frac{\Delta_T T_0 - T_0}{M_0} \right) \cdot \left(\frac{M_0}{\Delta_M M_0} - 1 \right) \right] - \right. \\ \left. - \left[\left(\frac{\Delta_H H_0 - H_0}{M_0} \right) \cdot \left(\frac{M_0}{\Delta_M M_0} \right) \right] \right\} \cdot \frac{M_1}{E_1}.$$

Könnyű belátni, hogy az egy dolgozó tagra jutó eltartottak száma adott T_0 és H_0 esetén ugyanúgy nincs hatással a területegységre jutó bruttó jövedelem nagyságára, mint a dolgozó tagok változása. (A valóságban ilyen hatás létezik, de az pl. a T_0 nagyságában kifejezésre jut.)

A fentiekből adódóan az élő- és a holtmunkacserének az egy főre jutó bruttó jövedelem növekedésére gyakorolt hatását az eltartottak számának növekedése részben kompenzálja. Sőt, ha a termelőszövetkezetből a teljes munkabírási munkaerő vándorol el oly módon, hogy a ráeső eltartottak visszamaradnak, s a gépesítés növekedése ellenére is így olyan változás következik be a termelési szerkezetben, hogy $\Delta_T T_0 - \Delta_H H_0$ csökken, akkor ez az egy eltartottra jutó bruttó jövedelem csökkenéséhez vezethet. Kérdés, hogy ezt a csökkenést mennyiben kompenzálja az elvándoroltak hozzájárulása a visszamaradók eltartásához.

Az egy eltartottra jutó bruttó jövedelem szempontjából vizsgálva a holtmunka-ráfordítás gazdasági határa a területegységre jutó bruttó jövedelem tekintetében megvonható határhoz közelebb esik, mint az egy dolgozó tagra jutó bruttó jövedelemnél mutatkozó határ. A dolgozó tagra és az eltartottra



10. ábra.

Nomogram a termelési tényezők és a jövedelem kapcsolatának vizsgálatára

jutó bruttó jövedelem szempontjából megvonható határ viszont annál közelebb esik egymáshoz, minél inkább egybeesik a tagok és az eltartottak számának együttes csökkenése.

A probléma gyors vizsgálatát teszi lehetővé a 10. ábrán közölt nomogram, amely adott konkrét példákban a tényezők kapcsolatát jól érzékelhetővé is teszi. A nomogram a termelési érték, a holtmunka-ráfordítás költsége, a bruttó jövedelem, az egy dolgozóra és egy eltartott-ra jutó bruttó jövedelem, az eltartottak aránya, a dolgozói létszám és a vállalat földterületének nagysága, a tagsűrűség és a területegységre jutó bruttó jövedelem összefüggéseit mutatja. Segítségével könnyen lejátszható (az összefüggéseket szaggatott vonalak jelzik), hogy egy vagy több tényező változása milyen hatással van a többi tényező változására, illetve a tényezők együttes változása milyen összefüggést mutat.

Kimutattuk, hogy a technika adott fejlettségi szintjén a bruttó jövedelem, az élő- és a holtmunka-ráfordítás milyen kapcsolatban van egymással (4. ábra). Hosszú távon a holtmunka állandó növekedésére lehet számítani. Ezzel egyidejűleg a mezőgazdaságban foglalkoztatott munkaerő — s ezzel együtt az élőmunka-ráfordítás — csökkenésének tendenciája megy végbe, miközben a bruttó jövedelem tömege — eltekintve az ár-változásoktól, valamint a technikai fejlődéstől — bár lassuló ütemben, de emelkedik. Természetes, hogy a munkaerő csökkenése, s egyidejűleg a bruttó jövedelem tömegének emelkedése az egy dolgozóra jutó jövedelem emelkedésének tendenciáját adja. E tendenciát a 4., illetve az 5. ábrán mutattuk be. Érdekes megvizsgálni azokat az adatokat, amelyek alapján azokat az ábrákat megrajzoltuk.

A 13. táblázat az összes, a 14. táblázat pedig az egy dolgozóra jutó bruttó jövedelmet mutatja. Az adatok elemzése rámutat néhány problémára.

Egyrészt azt tapasztaljuk, hogy az alacsonyabb munkaerő, illetve gépberuházások mellett a gépberuházás értékének, illetve a munkaerő-el látottságnak a változtatása nem befolyásolja a bruttó jövedelem tömegét. Az is szembeűnő, hogy az 1900 fő dolgozói létszám és a 100 millió Ft beruházás mellett a bruttó jövedelem egy olyan szintet ér el, hogy az adott 10 000 kh területen sem a munkaerő-létszám, sem a beruházás további emelése nem teszi lehetővé a bruttó jövedelem emelkedését, azaz a 4. ábrán megrajzolt palást síkba megy át.

A bruttó jövedelem, a munkaerő ellátottság és a beruházás kapcsolata

Beruházás Munkaerő	Összes bruttó jövedelem					
	20 000	40 000	60 000	80 000	100 000	120 000
400	48 954 200	51 985 500	51 985 500	51 985 500	51 985 500	51 985 500
700	65 004 400	88 375 700	88 811 900	88 811 900	88 811 900	88 811 900
1000	65 333 200	108 019 000	121 261 000	121 261 000	121 261 000	121 261 000
1300	65 333 200	111 924 000	142 203 000	148 915 000	148 915 000	148 915 000
1600	65 333 200	111 924 000	145 136 000	163 528 000	168 759 000	168 759 000
1900	65 333 200	111 924 000	145 136 000	163 528 000	177 260 000	177 260 000
2200	65 333 200	111 924 000	145 136 000	163 528 000	177 260 000	177 260 000
2500	65 333 200	111 924 000	145 136 000	163 528 000	177 260 000	177 260 000
2800	65 333 200	111 924 000	145 136 000	163 528 000	177 260 000	177 260 000
3100	65 333 200	111 924 000	145 136 000	163 528 000	177 260 000	177 260 000

**Az egy dolgozóra jutó bruttó jövedelem,
a munkaerő ellátottság és a beruházás kapcsolata**

Munkaerő \ Beruházás	Egy munkaerőre jutó bruttó jövedelem					
	20 000	40 000	60 000	80 000	100 000	120 000
400	122 386	129 964	129 964	129 964	129 964	129 964
700	92 863	126 251	126 874	126 874	126 874	126 874
1000	65 333	108 019	121 261	121 261	121 261	121 261
1300	50 256	86 095	109 387	114 550	114 550	114 550
1600	40 833	69 953	90 710	102 205	105 474	105 474
1900	34 386	58 907	76 387	86 067	93 295	93 295
2200	29 697	50 875	65 971	74 331	80 573	80 573
2500	26 133	44 770	58 054	65 411	70 904	70 904
2800	23 333	39 973	51 834	58 403	63 307	63 307
3100	21 075	36 105	46 818	52 751	57 181	57 181

Ha például kiragadjuk az 1600 dolgozói létszámnak megfelelő pontot, azaz 6,2 kh/fős munkaerő-sűrűséget feltételezünk, s a beruházást 40 millió Ft-ra vesszük, akkor kereken 112 millió Ft bruttó jövedelmet kapunk. Ha most feltételezzük, hogy néhány év alatt a munkaerő-létszám 1300 főre (7,7, kh/fő munkaerő-sűrűségre) csökken, de közben a beruházás 60 millió Ft-ra emelkedik, akkor a bruttó jövedelem 142 millió Ft lesz. Miközben tehát a munkaerő-létszám 20%-kal csökkent, s a beruházott vagyon 20%-kal emelkedett, addig a bruttó jövedelem 26%-kal lett magasabb. Az előbbi feltételek mellett egy dolgozóra 70 000 Ft az utóbbi esetben

kerekítve 110 ezer Ft bruttó jövedelem jutott, azaz az egy dolgozóra jutó bruttó jövedelem 57%-kal emelkedett.

Ha most példánkban néhány év alatt a munkaerő-létszám 1000 főre csökken (10 kh/fő), a beruházás pedig 80 millió Ft-ra emelkedik, a bruttó jövedelem már 121 millió Ft-ra csökken. Most tehát a munkaerő-ellátottság 23%-os csökkenése és a beruházás 33%-os emelkedése mellett a bruttó jövedelem 15%-os csökkenése következett be. Ugyanakkor az egy főre jutó bruttó jövedelem 110 ezer Ft-ról 121 ezer Ft-ra emelkedett.

Ha a beruházás emelkedését nem követné az élőmunka-ráfordítás csökkenése, 1600 fő és 40 millió Ft beruházásról 60 millió Ft-ra emelve a beruházást, a bruttó jövedelem 112 millió Ft-ról 145 millió Ft-ra emelkedne, azaz a beruházott vagyon 20%-os emelkedése 30%-os bruttó jövedelem emelkedést idéz elő. Eközben az egy dolgozóra jutó jövedelem 70 000 Ft-ról 90 000 Ft-ra, azaz 30%-kal emelkedik. Látjuk, hogy bár most a bruttó jövedelem tömege nagyobb mértékben emelkedett, az egy dolgozóra jutó bruttó jövedelem emelkedése lényegesen alatta marad az előbbinek, amikor a beruházással egyidejűleg a munkaerő is csökkent.

Ha most figyelembe vesszük, hogy 1600 fő és 60 millió Ft-nál a bruttó jövedelem 145 millió Ft, s feltételezzük, hogy a munkaerő 1300 főre csökken, változatlan beruházás mellett azt tapasztaljuk, hogy a bruttó jövedelem 145 millió Ft-ról 142 millió Ft-ra csökken. Most tehát a munkaerő-ellátottság 20%-os csökkenését a bruttó jövedelem 2%-os csökkenése követte, miközben az egy dolgozóra jutó jövedelem 90 000 Ft-ról 110 ezer Ft-ra emelkedik, azaz az emelkedés 22%-os.

A fentiek vizsgálata — s ez a közölt nomogram segítségével gyorsan végigvezethető — rámutat arra, hogy a holtmunka-ráfordítás (beruházás, gépellátottság stb.), valamint az élőmunka-ráfordítás változtatása — ha azt a termelési szerkezet megfelelő változtatása követi — milyen hatással van a bruttó jövedelem tömegére, valamint az egy főre jutó bruttó jövedelemre, változatlan technikai színvonalat feltételezve. Mint már említettük, *a technika fejlődése a bruttó jövedelem meredekebb emelkedését, az élő- és a holtmunka hatékonyabb felhasználását teszi lehetővé. Célszerű volna ezzel kapcsolatban részletesebb vizsgálatot végezni.*

Bár, mint arra már utaltunk, vizsgálatunkat kénytelenek voltunk bizonyos mértékig leegyszerűsíteni, s ezért az előbbieken közölt adatok bizonyos szélsőségeket is tartalmaznak, elvi vizsgálatainkhoz alkalmasak-

nak mutatkoztak. Egyszerűsítés nélküli, gyakorlatiasabb — jobban korlátozott — modellek ugyanis tendenciájukban ugyanezen eredményhez vezetnének, kisebb munkaerő-, beruházás- és bruttó jövedelmi adatokkal. Egy ilyen sokirányú vizsgálat mégis számos olyan, a gyakorlatban is használható információhoz vezetne, amelyek a gazdasági döntéseket megalapozottabbá tennék mind a vállalatok, mind pedig a nagyobb egységek vagy a népgazdaság szintjén, különösen, ha ezt árpolitikai vagy a közgazdasági szabályozók hatásának vizsgálatára kiterjedő elemzésekkel is kiegészítenénk.

Vizsgálatunkat a bruttó jövedelemhez kapcsoltuk, azonban az alkalmazott formulák könnyen átalakíthatók a nettó jövedelem vizsgálatára alkalmas módon.

Például átalakíthatjuk a (11.10.) formulát a következőképpen:

$$(11.20.) \quad N = T - H - \lambda M$$

ahol:

N a nettó jövedelem,

λ a munkabértényező, amely megmutatja, hogy egy dolgozóra hány forint munkabér jut.

Természetesen ennek alapján a (11.11.), illetve a (11.12.) helyett az

$$(11.21.) \quad N_M = \frac{T - H - \lambda M}{M},$$

illetve az

$$(11.22.) \quad N_F = \frac{T - H - \lambda M}{M}$$

alkalmazható.

A λ felhasználásával megfelelően átalakíthatók a további (11.15.—11.19.) formulák is.

Tekintve azonban, hogy a

$$(11.23.) \quad N_M = \frac{T - H - \lambda M}{M}$$

kifejezhető a

$$(11.24.) \quad N_M = \frac{T - H}{M} - \frac{\lambda M}{M}$$

...

formában, és mint ismert

$$(11.25.) \quad B_M = \frac{T - H}{M},$$

ezért az egy dolgozóra jutó nettó jövedelem kiszámítható az egy dolgozóra jutó bruttó jövedelem és az egy dolgozóra jutó munkabér különbsége révén, azaz

$$(11.26.) \quad N_M = B_M - \frac{\lambda M}{M}.$$

Ennek alapján a (11.15.)-ből a nettó jövedelem egyszerűen nyerhető, vagyis

$$(11.27.) \quad N_M = B_{M_1} - \frac{\lambda M \Delta_M}{\Delta_M M}.$$

Vizsgálatainkból — mint ismeretes — kiderült, hogy a munkaerő- és a holtmunka-ráfordítás változása a nettó jövedelem változására ugyanolyan hatást gyakorol, mint a bruttó jövedelem változására. Ebből következik, hogy a nettó jövedelemmel kapcsolatban — a munkaerő és a holtmunka-ráfordítással mutatott összefüggését illetően — ugyanazokat tudjuk elmondani, mint amit az előbbiekben a bruttó jövedelem változásáról elmondtunk.

A bemutatott formulák és a nomogram alkalmas a tényezők komplex kapcsolatának vizsgálatára, de alkalmas az egyes tényezők különböző hatásainak vizsgálatára is. Ezzel részletesebben foglalkoztunk a *dr. Gönczi Ivánnal* írt tanulmányunkban.⁷⁴ E helyütt alapvető célunkat követve kizárólag a tényezők komplex kapcsolatának vizsgálatára fordítottuk figyelmünket, nem törekedve e tekintetben sem a teljességre.

E vizsgálatok elvégzése, célrealisztikus modellünket alkalmazva, viszonylag egyszerű. A vizsgálat magasabb szinten történő lebonyolításához közelebb jutnánk a parametrikus programozással. Már néhány modelgazdaság alapján elvégzett vizsgálat is számos információhoz vezetne, különösen, ha e modelleket felhasználnánk más, a gazdasági szabályozókkal kapcsolatos vizsgálatokra is.

⁷⁴ A gépesítéssel kapcsolatban e kérdésről *Dr. Gönczi Ivánnal* közös cikkünkben fejtettük ki nézetünket. *Gönczi Iván—Tóth József*: Kísérlet a technikai fejlesztés gazdasági konzekvenciájának megközelítésére. Statisztikai Szemle, 1971. 4. sz.

Irodalom

1. *BacsKay Z.*: Korszerű matematikai módszerek a mezőgazdasági termelés-szervezés fejlesztésében. Agrártudományi Főiskola Kiadványa, Keszthely, 1966.
2. *BacsKay Z.—Krekó B.*: Matematikai zsebkönyv közgazdászok számára. Közgazdasági és Jogi Könyvkiadó, Budapest, 1957.
3. *BacsKay Z.—Krekó B.*: Bevezetés a lineáris programozásba. Közgazdasági és Jogi Könyvkiadó, Budapest, 1957.
4. *Badewitz, S.*: Hozzászólás a Georgikon Napokon. Agrártudományi Főiskola Kiadványa, Keszthely, 1966.
5. *Baumol, W.*: Közgazdaságtan és operációanalízis. Közgazdasági és Jogi Könyvkiadó, Budapest, 1968.
6. *Bod P.*: Lineáris programozás több egyidejűleg adott célfüggvény szerint. MTA Matematikai Kutató Intézetének Közleményei. Budapest, VIII. évf. B. sorozat 4. sz. 1963.
7. *Csáki Cs.*: Mezőgazdasági vállalati tervezés matematikai programozással. Akadémiai Kiadó, Budapest, 1969.
8. *Csáki Cs. — Varga Gy.*: Foglalkoztatás és optimális struktúra egy termelőszövetkezet példáján. Tudomány és Mezőgazdaság, 1971. 6. sz.
9. *Csáki N.*: A földellátottság szerepe a mezőgazdaság nemzetközi szakosodásában. Akadémiai Kiadó, Budapest, 1969.
10. *Csendes B.—Szabó G.*: A ráfordítások nagysága és hatékonysága a különböző minőségű földeken. Közgazdasági Szemle, 1969. 6. sz.

11. *Csendes B.—Vági F.*: Jövedelmezőség és termelés a szövetkezeti gazdaságokban. Kossuth Kiadó, Budapest, 1964.
12. *Csizmádia E.*: Az intenzív gazdasági fejlődés és a mezőgazdaság. Közgazdasági Szemle, 1969. 5. sz.
13. *Dimény I.*: A gépesítés ökonómiaja. Mezőgazdasági Kiadó, Budapest, 1972.
14. *Dobos K.—Jankó I.—Tóth M.—Vágsellyei I.*: Mezőgazdasági üzemtan. Mezőgazdasági Kiadó, Budapest, 1963.
15. *Erdei F.—Csete L.—Márton J.*: A termelési körzetek és a specializáció a mezőgazdaságban. Közgazdasági és Jogi Könyvkiadó, Budapest, 1959.
16. *Gönczi I.—Kádár B.—Vadász L.*: Mezőgazdasági vállalatok és az üzemek gazdaságtana. Közgazdasági és Jogi Könyvkiadó, Budapest, 1967.
17. *Gönczi I.—Tóth J.*: Kísérlet a technikai fejlesztés gazdasági hatásának megközelítésére. Statisztikai Szemle, 1971. 4. sz.
18. *Heady, E. O.—Egbert, A. C.*: A termelés regionális szerkezetének (területi és mennyiségi elosztásának) matematikai, lineáris programozása. Kézirat, 1963.
19. *Hont J.*: A mezőgazdaság termelési szerkezetének főbb változásai. Közgazdasági Szemle, 1969. 3. sz.
20. *Ihrig K.*: A termelőszövetkezetek tagsűrűségének gazdasági következményei. Akadémiai Kiadó, Budapest, 1968.
21. *Kantrovics, L. V.*: Matematikesszkije metodi organizacii i planirovanija proizvodstva. Izd. LGU, Moszkva, 1939.
22. *Kantorovics, L. V.*: Ekonomiceszkij raszcsot nailucssevo ispolzovanyija reszurszov. Izd. A. N. SZSZSZR, 1959.
23. *Kaufmann, A.*: Az optimális programozás. Műszaki Könyvkiadó, Budapest, 1964.
24. *Kiss A.—Manczel J.*: A statisztika módszertana és alkalmazása a mezőgazdaságban. Mezőgazdasági Kiadó, Budapest, 1965.
25. *Kornai J.*: A gazdasági szerkezet matematikai tervezése. Közgazdasági és Jogi Könyvkiadó, Budapest, 1965.
26. *Kornai J.—Lipták T.*: Kétszintű tervezés játékelméleti modell és iteratív számítási eljárás népgazdasági távlati tervezési feladatok megoldására. MTA Matematikai Kutató Intézetének Közleményei, Budapest, 1962. 7. sz.
27. *Krajcsovits M.—Lampe T.—Stahl I.*: Operációkutatás. Felsőfokú Technikumi jegyzet. Műszaki Könyvkiadó, Budapest, 1965.
28. *Kravcsenko, R. G.*: Ekonomikai elektronika izdatyelsztvo szelszkohozajsztnvennoj lityeraturi zsurnalov i illakatov. Moszkva, 1963.
29. *Kravcsenkó, R. G.*: Linearni programirovani pri planovanyi rozvoje v chovatyelschych odvétvích. Zemedelská Ekonomiká, Praha, 1964. 1—2. sz.
30. *Krekó B.*: Előadások a lineáris algebrából. Közgazdaságtudományi Egyetem jegyzete. Budapest, 1959.
31. *Krekó B.—Szép J.*: Matematika I. (Lineáris algebra) Tankönyvkiadó, Budapest, 1961.

32. *Krekó B.*: Lineáris programozás. Közgazdasági és Jogi Könyvkiadó. Budapest, 1966.
33. *Krekó B.*: Matrixszámítás. Közgazdasági és Jogi Könyvkiadó. Budapest, 1964.
34. *Krekó B.*: Optimumszámítás. Közgazdasági és Jogi Könyvkiadó. Budapest, 1972.
35. *Kubas P.*: Matematikai módszerek a mezőgazdasági vállalatok tervezésében és vezetésében. Mezőgazdasági Kiadó, Budapest, 1971.
36. *Laczó F.*: A foglalkoztatottság és a föld szerepe a termelőszövetkezetek jövedelmezőségében. Közgazdasági Szemle, 1969. 1. sz.
37. *Lampl T.*: A lineáris programozás alkalmazása a gyakorlatban. Mérnöki Továbbképző Intézet. Budapest, 1962.
38. *Lange, O.*: Bevezetés az ökonometriába. Központi Statisztikai Hivatal Könyvtára. Budapest. 1960.
39. *Lange, O.*: Politikai gazdaságtan. Közgazdasági és Jogi Könyvkiadó. Budapest, 1965.
40. *Lange, O.*: Optimális döntések. Közgazdasági és Jogi Könyvkiadó. Budapest, 1966.
41. *Lenin V. I.*: Művei 5. kötet. Szikra, Budapest, 1953.
42. *Nagy L.*: A földjáradék a termelőszövetkezetekben. Közgazdasági és Jogi Könyvkiadó, Budapest, 1964.
43. *Nyemcsinov, V. Sz.*: (szerk.) A matematika alkalmazása a közgazdasági kutatásokban. Közgazdasági és Jogi Könyvkiadó. Budapest, 1962.
44. *Nyemcsinov, V. Sz.*: A népgazdasági tervezés és irányítás problémái. Kossuth Könyvkiadó. Budapest. 1966.
45. *Pillís P.*: Földhasznosítási optimumok. Kertészeti és Szőlészeti Főiskola Kiadványa. Budapest, 1963.
46. *Schmuntzsch, S.*: Hozzászólás a Georgikon Napokon. Agrártudományi Főiskola Kiadványa. Keszthely, 1966.
47. *Sebestyén J.*: Matematikai módszerek alkalmazása a mezőgazdasági termelés szolgálatában. Akadémiai Könyvkiadó, Budapest. 1962.
48. *Técsi J.*: A termelőszövetkezeti tagok foglalkoztatása munkabíróképesség szerint. Mezőgazdasági Kiadó. Budapest, 1964.
49. *Tinbergen, I.*: Ökonometria. Közgazdasági és Jogi Könyvkiadó, Budapest, 1957.
50. *Tóth J.*: A lineáris programozás alkalmazása különböző talajféleségekkel rendelkező üzemben a takarmánynövények optimális vetésszerkezetének meghatározására. Debreceni Mezőgazdasági Akadémia Évkönyve. Debrecen, 1962.
51. *Tóth J.*: Optimális munkaerő-sűrűség és termelési szerkezet. Statisztikai Szemle, 1966. 11. sz.
52. *Tóth J.*: Hozzászólás a Georgikon Napokon. Agrártudományi Főiskola Kiadványa. Keszthely, 1966.

53. *Tóth J.*: A termelési szerkezet és források optimumának meghatározása. Statisztikai Szemle, 1969. 5. sz.
54. *Tóth J.*: A komplex közgazdasági elemzés fontossága az élelmiszergazdaság fejlesztésében. Gazdálkodás, 1969. 6.
55. *Tóth J.*: A takarmánygazdálkodás matematikai tervezése. Akadémiai Kiadó, Budapest, 1969.
56. *Tóth J.*: Korszerű módszerek alkalmazása a mezőgazdasági döntések megalapozásában. Vezetés a mezőgazdaságban, az élelmiszeriparban, az erdészet-faiparban. Budapest, 1970. 2. sz.



A kiadásért felel a Közgazdasági és Jogi Könyvkiadó igazgatója
 A szerkesztésért felel: Dr. Fébő László
 Műszaki vezető: Büchler Alfréd — Műszaki szerkesztő: Szűcs Sándor
 A védőburkoló és kötéstervező: Skollár Ferenc munkája
 Kiadványszám: K—3411 — Formátum: A/5
 Megjelent 15 ív terjedelemben (melléklettel), 1500 példányban, New-Times betűtípusból
 1973. évben
 KG—2150—k—7376
 73-679 — Szegedi Nyomda