MTA Közgazdaságtudományi
Intézet
Matematikai modellek
csoport

KSH Információfeldolgozási
Laboratórium

Kornai János

A gazdaság működésének szimulációs modelljei

/Kiinduló gondolatok, módszerek, alapfogalmak/

1966. március

MTA Közgazdaságtudományi
Intézet
Matematikai modellek
csoport

KSH Információfeldolgozási
Laboratórium

Kornai János

A gazdaság működésének szimulációs modelljei

/Kiinduló gondolatok, módszerek, alapfogalmak/

A tanulmány egy része a "Gazdasági mechanizmus matematikai modellei" c. témával foglalkozó kutatócsoport /Dömölki Bálint, Frey Tamás, Tankó József és Tényi György/ közreműködésével készült.

1966. március

E tanulmány kutatási részbeszámolónak tekintendő; az esetleges hivatkozásokat kérjük a szerzővel előzetesen megbeszélni.

Tartalom

I. RÉSZ:

KIINDULÓ GONDOLATOK

1. Bevezető

1.1. A tanulmány jellege

Kutatásaimat a Közgazdaságtudományi Intézet keretében 1965. januárjában kezdtem meg. Témám ideiglenes cime: "A gazdasági mechanizmus matematikai modellei". Jelen tanulmány a harmadik dolgozat, amelyet e munka keretében az Intézetnek benyujtok.x/

Eredeti munkatervem szerint az első évben, 1965-ben elkészitendő beszámolónak a kérdés irodalmát kellett volna ismertetnie és értékelnie. Sikerült azonban ezen az óvatos elhatározáson tullépni, s már viszonylag hamar áttérni az önálló, pozitiv kutatásokra. E tanulmányban is arra fektettem a hangsulyt, hogy saját kutatásainkról számoljak be; az irodalom ismertetésére és értékelésére csak röviden térek ki. A tanulmány IV. része foglalkozik majd ezzel; ugyanott számolok be a felhasznált irodalmi forrásokról is.

Témánk feldolgozása egy egész kutatócsoport sokéves munkáját igényli. Az első évben a figyelmet az alapvetésre kellett összpontositani. Tisztázni kellett, hogy tulajdonképpen mit is akarunk kutatni és hogyan. Körülhatároltuk témánkat, s kidolgoztuk a kutatás módszertanát. Szükség volt egész sor uj fogalom bevezetésére és definiciójára. A munka máris elvezetett néhány elméleti problémához; megkiséreltük ezek tisztázásának megkezdését. Mindezekről számot ad e tanulmány.

---

x/ Az első [29] dolgozatot Dömölki Bálint társszerzővel készitettem, 1965. áprilisában, "A gazdasági mechanizmus szimulációja - Feljegyzés az 1. számu kisérletsorozat matematikai modelljéről" cimmel.

A második [31] dolgozat 1966. januárjában készült el, "Gazdasági rendszerek szimulációjának általános modellje" cimmel. Ez a mostani tanulmány II. része előzetes fogalmazványának tekinthető.

Hangsulyozni szeretném azonban, hogy tanulmányom egy még folyamatban lévő, a kezdet kezdetén tartó kutatás "menetközbeni" beszámolója. Nem közöl kész eredményeket. Mindaz, amit itt leirtam, még nyers, kiforratlan gondolat; javitásához, végleges megfogalmazásához még sok további kutatásra lesz szükség.

Vajon nem korai-e ilyen körülmények között lesokszorositani és vitára bocsátani a tanulmányt? Szeretném remélni, hogy nem - feltéve, hogy az olvasó tulzott várakozások nélkül veszi kezébe a munkát. Az olvasó nem kész munkadarabot kap a kezébe, hanem inkább a műhelybe pillanthat bele, ahol a munka készül. Ez utóbbi bizony rendszerint kevésbé vonzó látvány, mint a szépen adjusztált kész termék. Ennek ellenére el kellett készíteni e tanulmányt, több okból. Mindenekelőtt: a leirás egyik alapvető célja az volt, hogy önmagunk előtt tisztázzuk: hol tartunk, milyen kérdésekre feleltünk már s mire kell ezután kutatni a választ. Ezen tulmenően, a tanulmány leirása szükségessé vált azért is, hogy a Közgazdaságtudományi Intézet vezetőségének módja legyen látnia: tulajdonképpen milyen irányban halad a kutatás, s igy állástfoglalhasson, milyen mértékben kivánja a továbbiakban támogatni az elkezdett munkát. Ezen tulmenően azt reméljük, hogy a kutatás megvitatása, a hozzászólások és ellenvélemények uj gondolatokkal termékenyitik meg vizsgálódásainkat. Emellett talán a tanulmány gondolatébresztő lehet hasonló kérdésekkel foglalkozó más kutatók számára is.

Éppen mert további vizsgálatainkhoz fel akarjuk használni a vita tanulságait, nagy erőfeszitéseket tettem a megfogalmazásnál annak érdekében, hogy a tanulmány a szakértők szélesebb köréhez juthasson el. Ez igen nagy nehézségekkel járt, a téma különleges adottságai miatt. Feladatunk megoldásához sokféle eszközt, "technikát", sokféle tudomány eredményeit használjuk fel. Nem elég azt mondanunk, hogy itt a közgazdaságtudomány és a matematika kom-

binációjáról van szó. Ha felsorolnánk azokat a "tantárgyakat", kutatási területeket, amelyekről módszereinket, fogalmainkat, gondolatainkat kölcsönöztük, legalábbis a következőket kellene megemlitenünk: a szocialista gazdasági mechanizmus gyakorlati vizsgálata, a közgazdasági elmélet és elmélet-történet, kibernetika, számológépek és automaták elmélete, szimulációs modellek, matematikai programozás és "activity analysis". A nyelv tehát, amelyet használunk, nagyon kevert, "tudományközi" nyelv. Ha mármost azt akarjuk, hogy hozzászólásokat kapjunk valamennyi felsorolt terület szakértőitől, akkor mindegyik várható olvasócsoportnak némileg meg kell magyarázni a többi, általa kevésbé ismert terület általunk felhasznált fogalmait és gondolatait. Mindez, sajnos, megnyujtja a tanulmányt, s ahhoz vezet, hogy mindegyik olvasó-csoport számára legalábbis a tanulmány egyik vagy másik része jól ismert fogalmakat, gondolatokat magyaráz. Az olvasók várható sokfélesége indokolja azt a speciális tárgyalásmódot, a formális leirás és a részletes kommentár szétválasztását, amelyet a tanulmány II. része alkalmaz. Mivel ez a tanulmány legfontosabb része, ezért itt különösen fontos volt az olvasó munkájának megkönnyitése.

1.2. A kutatás szervezete; közreműködők

Témánk jelenleg két intézmény közös kutatásának minősül; az MTA Közgazdaságtudományi Intézet Matematikai Modellek Csoportja mellett közreműködik a KSH Információfeldolgozási Laboratóriuma. Utóbbi intézmény vállalta egyebek között a kutatással kapcsolatos gépi számitások lebonyolitását. Ujabban felajánlotta közreműködését az MTA Számitástechnikai Központja is.

A kutatásban jelenleg a tanulmány közgazdász-szerzőjén kivül négy matematikus müködik közre: Dömölki Bálint /KSH Információfeldolgozási Laboratórium/, Frey Tamás /MTA Számitástechnikai Központ/, Tankó József /MTA Közgazdaságtudományi Intézete/ és Tényi György /MTA Közgazdaságtudományi Intézete/. Jelenleg egyik közremüködőnek sem ez a fő vagy egyedüli kutatási témája, hanem csupán kiegészitő, másodlagos tevékenységének tekinthető.

A tanulmány megirásához a kutatócsoport tagjaitól és másoktól kapott sokféle segitségről szólva ki kell emelnem a következőket:

1. Dömölki Bálinttal jóformán a kutatás megkezdése óta müködöm együtt. Közösen dolgoztuk ki a már emlitett 1. számu szimulációs modellt. Ez a közös munka, a vele folytatott rendszeres megbeszélések, nagy segitséget nyujtottak számomra egyes összefüggések megértésében.

2. Tankó József dolgozta ki az 1. számu modell gépi programját. Ez együtt járt a modell átalakitásával, továbbfejlesztésével. Ehhez hozzájárult Tényi György is, aki résztvett a modell első numerikus kipróbálásában. A gépi program kidolgozását megelőző megbeszélések sorozata is elősegitette a jelen tanulmányban tárgyaltak tisztázását.x/

3. A tanulmány II. részében leirt általános modell első fogalmazványát egy négy ülésből álló megbeszéléssorozaton szóban előadtam. E megbeszéléseken résztvettek: Dömölki Bálint, Frey Tamás, Tankó József, Tényi György, a kutatócsoport tagjai, valamint Deák Jánosné. A vita számottevően hozzájárult a tanulmányban leirtak végleges kidolgozásához, pontosabb megfogalmazásához. Ki kell emelni Dömölki Bálint és Frey Tamás közremüködését, különösen a tanulmányban fontos szerepet játszó "általános válaszfügg-

---

x/ A jelen tanulmány megszövegezésének idejére elkészült az 1. számu modell végleges alakjának leirása is. /Lásd [54] ./

vény" jelenlegi alakjának megfogalmazásában.

Ezen a helyen is szeretnék köszönetet mondani matematikus munkatársaimnak segitségükért. A közgazdász-matematikus együttmüködésre, "team"-munkára kivánjuk alapozni a jövőben is kutatásunkat.

4. Több közgazdász és matematikus kollega vállalkozott a tanulmány teljes kéziratának elolvasására. Köszönettel tartozom Augustinovics Mária, Bródy András, Deák Jánosné, Dömölki Bálint, Lipták Tamás, Martos Béla, Nagy András, Rimler Judit, Tankó József, Tardos Márton és Ujlaki Lászlóné értékes megjegyzéseiért.

2. A kutatás iránya

2.1. Mechanizmus-reform és mechanizmus-kutatás

A tanulmány irásakor nagy erővel folyik a magyar gazdasági mechanizmus reformjának kidolgozása. A szellemi előkészitésben, az uj mechanizmus fő gondolatainak felvetésében és megérlelésében fontos szerepe volt a közgazdaságtudománynak. Most, a gyakorlati megvalósitásban is szerephez jutnak a gyakorlati gazdasági vezetők mellett a közgazdasági elmélet müvelői, kutatói is.

A reform hatása nemcsak magában a gazdasági mechanizmusban mutatkozik majd meg, hanem a közgazdasági gondolkodásban is. A mechanizmus-bizottságok tevékenysége, a számos intézménynél lezajlott viták, a publikált és a belső használatra készült tanulmányok, hozzászólások, javaslatok összessége történelmileg egyedülálló példája egy gazdasági rendszer "önkritikájának", annak a törekvésnek, hogy a rendszer megismerje önmagát.

Ugyanakkor éppen az elmélet müvelőinek látniok kell, hogy a jövendő reform csak bizonyos mértékig tekinthető "tudományosan megalapozottnak". Tulajdonképpen még mindig nem ismerjük teljesen, eléggé mélyen és alaposan a fennálló mechanizmust sem; még kevesebbet tudunk más országokban jelenleg müködő /vagy a multban müködött/ mechanizmusokról. És ami a legfontosabb: tulajdonképpen kevés biztosat mondhatunk a jövőbeni, a tervezett uj mechanizmusról. A "mi lesz, ha..." kezdetü kérdésekre felelve általában csak sejtéseket, feltevéseket, reményeket válaszolhatunk, de e válaszok nem minősithetőek tudományosan igazolt, bizonyitott megállapitásoknak. Azok, akik a mechanizmus reformjának előkészületeit irányitják, jórészt maguk is tisztában vannak ezzel.

Mielőtt arra felelnénk, mi következik ebből, előbb le kell szögeznünk: mi nem következik a fentiekből. Semmiképpen sem következik az, hogy meg kell várni a mechanizmus reformjával azt az állapotot, amikor már tudományosan bizonyitott tételek állnak rendelkezésre egy jövőbeni mechanizmus müködéséről. Mindenekelőtt: ez a várakozás nagyon sokáig tartana. Ha egyéb nem, ez a tanulmány is arról győzheti meg az olvasót, milyen rendkivül nehéz egy gazdasági mechanizmus exakt leirása, müködésének elemzése, várható hatásának előrejelzése.

A jelen pillanatban rendelkezésre álló ismeretek alapján nyugodtan elindulhatunk egy olyan mechanizmus felé, amelyről nagy valószinüséggel feltételezhetjük: legalábbis lényegesen jobb lesz az eddiginél. Ezzel egyidőben azonban el kell mélyiteni a mechanizmus tudományos, elméleti vizsgálatát. Sem 1968-ban, sem 1970-ben nem lesz "végleges", "örökké jó" mechanizmusunk; azt megint csak tovább kell fejleszteni. Ahogy a tiz-tizenkét év előtti kutatások szellemi előfutárai voltak a mai reformnak, hasonlóképpen már most meg kell kezdeni - a tudományos kutatás szférájában - a 80-as, 90-es évek reformjainak előkészitését. Mint minden alapkutatásnál, ebben a vizsgálatban is nagyon hosszu, esetleg több évtized az az "átfutási idő", ami az alapkutatásban elért tudományos eredmény és a közvetlen gyakorlati hasznositás között eltelhet.

Kutatásunkat, amelynek első lépéseiről e tanulmányban beszámolunk, ilyen értelemben elméleti alapkutatásnak tekintjük. Célja: a gazdasági rendszerek müködésének jobb megismerése. Ez azt jelenti, hogy nem várható e kutatástól semmiféle közvetlen gyakorlati segitség a legközelebbi évek intézkedéseihez. Ezt idejekorán le kell szögeznünk, nehogy illuziókat, tulzott várakozásokat keltsünk. Ugyanakkor mégis ugy gondoljuk: e munkára szükség van; olyan

hosszulejáratu befektetésnek tekinthető, amely - reméljük - végülis hasznára válik majd a gazdasági mechanizmus továbbfejlődésének.x/

2.2. Empirikus kutatás és hipotétikus helyzetek vizsgálata

Ha mármost közelebb lépünk a mechanizmussal kapcsolatos alapkutatások feladataihoz, két fő területet látunk. Az egyik fő terület annak vizsgálata, mi van, vagy mi volt. Itt az ismeretek forrása a közvetlen tapasztalat, a megfigyelés, a statisztikai adatok.

A magyar közgazdaságtudomány sokat haladt előre az eddigi - a mechanizmus-reform előtti - magyar gazdaság megfigyelésében, leirásában; bár még ebben a tekintetben sincs minden elvégezve. Folyamatosan meg kell majd figyelni az éppen átalakulásban lévő, reform alatti és utáni mechanizmust is. Emellett igen fontos lenne mélyrehatóbban tanulmányozni más országok gazdaságát. Kézenfekvő a többi szocialista ország gazdasági mechanizmusának vizsgálata, összehasonlitása. Ebben számithatunk az ottani közgazdászok tudományos eredményeinek felhasználására is. Sokkal kevésbé nyilvánvaló, hogyan kellene vizsgálni a kapitalista országok gazdaságát. Nagyon sok az ezzel foglalkozó "tankönyv-

---

x/ Az elmondottakból következik, hogy saját kutatásunkat még a jövőbeni mechanizmus-kutatások körén belül is a viszonylag leghosszabb-lejáratu munkák közé soroljuk. Nézetem szerint okvetlenül szükség lesz a miénk mellett más, gyakorlatiasabb vizsgálatokra is. Olyan kutatásokra, amelyek közvetlen segitséget adhatnak mondjuk már a 60-as évek végén, a 70-es évek elején az uj mechanizmus folyamatos javitásához.

szagu" mü; de rendkivül ritka az olyan életteli, reális empirikus leirás, mint amilyen most már szépszámmal készült a mi mechanizmusunkról. Az irodalom is hozzájárult ahhoz, hogy sok a naiv, sematikus elképzelés a piac "tökéletességéről", vagy ellenkezőleg, annak anarchiájáról; a kapitalista viszonyok közt folyó tervezés rendkivüli fejlettségéről vagy ellenkezőleg, használhatatlanságáról. Nagy szükség lenne - más szempontok szerint végzett kutatások mellett - egyebek közt annak elfogulatlan vizsgálatára is, mit kell valóban tanulnunk a kapitalista mechanizmusoktól; akár abban, hogy mit tegyünk, akár abban, hogy mit ne tegyünk.

Nevezzük összefoglalóan a kutatásnak ezt a területét a mechanizmus empirikus kutatásának.

A kutatás másik fő területe annak vizsgálata, hogy mi lesz; illetve mi lenne, ha a jelenlegi feltételeket, intézményeket, körülményeket megváltoztatnánk.

Meghatározott esetekben erre a kérdésre is felelhetünk empirikus alapon: ténylegesen végrehajtott gyakorlati kisérletek megfigyelésével. Jól ismert azonban, hogy a gazdasági életben csak rendkivül leszükitett kérdésekre adható megnyugtató válasz részleges kisérletek alapján.

Általánosabb, átfogóbb kérdésekre csak ugy felelhetnénk, ha "kisérletképpen" az egész gazdaságot átállitanánk. Ez azonban veszélyes formája a kisérletezésnek. Nem lehet egy-kétévenként általános reformokat végrehajtani, mert a puszta átállás is nagy megrázkódtatásokkal és veszteségekkel jár. Emellett az egymást követő reformok hatása tulajdonképpen összehasonlithatatlan, mert nem érvényesül a "ceteris paribus" elv. A különbségeket nemcsak a kisérlet keretében tudatosan változtatott intézmények okozhatják, hanem a külső körülmények változásai is.

A "mi lenne, ha..." kérdésre tehát lehetetlen másképpen szélesebb, átfogóbb választ adni, mint spekulativ uton. Nevezzük a továbbiakban a kutatásnak ezt az irányát hipotetikus helyzetek vizsgálatának.

Saját kutatásunkat ebbe a második kategóriába soroljuk. Az első irányt, az empirikus kutatást önmagában is rendkivül fontosnak tartjuk, saját munkánk szempontjából azonban mintegy "segédtudománynak" tekintjük. Amig az empirikus kutatás olyan szervezetlen állapotban van, mint jelenleg, esetleg kénytelenek leszünk egyik-másik problémában "önellátónak" lenni, s meghatározott empirikus vizsgálatokat magunk elvégezni. Ez azonban inkább csak szükségmegoldás; az empirikus kutatás tulajdonképpen nem tartozik a mi témánk "főprofiljába". Saját figyelmünket elsősorban a hipotétikus helyzetek vizsgálatára akarjuk összpontositani.

2.3. "Átgondolás" és formális modell

Miután tisztáztuk, hogy kutatásunk fő feladata: hipotétikus helyzetek vizsgálata "spekulativ uton", fel kell tennünk a kérdést: hogyan megy végbe ez a "spekuláció".

Amikor egy gyakorlati gazdasági vezető javaslatot dolgoz ki egy uj intézkedésre, s javaslatát lelkiismeretesen készíti elő, ugy igyekszik előzetesen alaposan és sokoldaluan átgondolni: milyen tényezők érvényesülnek majd ebben a helyzetben, amelyben az intézkedés megvalósul, ezek hogyan hatnak egymásra, mi lesz közös eredőjük stb. Végeredményben hasonlót tesz a matematikai közgazdász is, aki formális, matematikai modellel dolgozik, s azt vizsgálja, hogyan müködne a gazdaság valamilyen elképzelt, a modellben leirt feltételek mellett.

Az első megközelitésmódot kb. a következőképpen szokták jellemezni azok, akik maguk is alkalmazzák: "Józan ésszel végiggondolva..."; vagy: "Logikai uton arra következtetünk, hogy...". Valójában, ha tüzetesebben vizsgáljuk az ilyesfajta gondolkodási folyamatot, akkor rendszerint azt tapasztaljuk, hogy a szigoru logika összefonódik sejtésekkel, "megérzésekkel", hallgatólagos, ki nem mondott, esetleg nem is tudatosodott feltevésekkel és asszociációkkal, intuicióval stb.

Indokolatlan lenne az ilyen gondolkodásmód valamiféle nagyképü lenézése a formális modellekkel dolgozók részéről. Ez a gondolkodási módszer gyakran nagy tapasztalaton, ismeretanyagon, sokoldalu, bonyolult összefüggések éles meglátásán alapul. Esetleg képes sokkal hamarabb és biztosabban rátapintani a lényegre, az igazságra, mint a formális modellek, a maguk szigoruságával - és az ezzeljáró nehézkes kezeléssel, erős egyszerüsitésekkel.

Nevezzük a továbbiakban ezt a megközelitési módot a hipotétikus helyzetek heurisztikus-intuitiv átgondolásának, vagy egyszerüen "átgondolásnak"; szembeállitva e fogalmat a hipotétikus helyzetek formális modellekkel történő vizsgálatával.

A formális modellel végzett elemzés elé a következő követelményeket szokás állitani:

1. A feltevések megadása. Pontosan tisztázzuk és deklaráljuk a feltevéseknek azt a rendszerét, amelyben elemzésünket végezzük. Meg kell követelni a feltevések összhangját, ellentmondásmentességét.x/

---

x/ Ha egy formális modellel nyert következtetést a gyakorlatban hasznositani akarunk, az válik a legfontosabb kérdéssé, vajon elfogadhatóak, "értelmesek", "jogosultak"-e a modell feltevései. Ez a kérdés azonban élesen elválik attól, vajon a következtetés igaz-e a modellen belül. Éppen ez a szigoru szétválasztás az exakt tárgyalásmód fő előnye: külön vizsgálható, mi igaz a modellen belül és külön vizsgálható az a kérdés, használható-e maga a modell.

2. A fogalmak exakt kezelése. A fogalmak egyrészét alapfogalomként kezeljük, azaz nem definiáljuk, csupán utalunk tapasztalati tartalmukra, s megadjuk a közöttük lévő relációkat a feltevések rendszerében. A fogalmak másik része levezetett fogalom, amelyeket definiálunk az alapfogalmak és a feltevések, valamint már korábban definiált fogalmak segitségével.

3. A megállapitások igazolása. A megállapitásoknak - a feltevések adott rendszere mellett - tudományosan igazoltaknak kell lenniök. /Az igazolás módszereiről a későbbiekben még részletesebben szó lesz./

A fenti három követelményt kielégitő vizsgálatot a továbbiakban exakt vizsgálatnak nevezzük.

Ha mármost e három követelmény szempontjából megnézzük egy hipotétikus helyzet megközelitését "átgondolással" vagy formális modellel, ugy mindenekelőtt azt állapithatjuk meg, hogy nincs közöttük éles és átléphetetlen határvonal. Minél fejlettebb, intellektuálisan magasabb szinvonalu a heurisztikus-intuitiv "átgondolás", annál inkább magában foglalja a fenti három követelmény teljesitésének, az exaktságnak az elemeit. A különbség e három követelmény kielégitésében mutatkozó következetesség fokában van. Meg kell persze mondanunk azt is: a matematikai közgazdaságtan kevés müvéről mondható el, hogy maradéktalanul eleget tesz az exaktság követelményeinek. Legtöbb munkánkban elég gyakori a fogalmak laza kezelése, a formális tárgyalásmód szigoruságának keveredése intuitiv elemekkel és igy tovább.

Ezek után ismét előreléphetünk kutatásunk jellegének körülhatárolásában: arra törekszünk, hogy a gazdasági mechanizmus elemzésénél különböző hipotétikus helyzetek vizsgálatát a fenti három követelménynek megfelelő exakt módon, formális modellekkel végezzük.

Miután tisztáztuk az "átgondolás" és a formális modellekkel végzett vizsgálat viszonyát, szólnunk kell arról

is, miben nem tér el ez a kétféle megközelités.

Az előszóban vagy irásban alkalmazott "beszédnyelv" jelenti a valóság leirásának egyik nyelvét. /Itt most ne is térjünk ki arra, hogy többféle - magyar, orosz, angol stb. beszédnyelv van./ A matematika szimbólumrendszere, a formális modellekben alkalmazott jelölések egy másik fajta nyelvet alkotnak. Mindazt, amit egy gazdasági rendszer müködéséről beszédnyelven - mégpedig jóldefiniált szavakkal, egyértelmüen, véges számu szóval - elmondhatunk, azt leirhatjuk formálisan, matematikai szimbólumokkal is.

De tovább is mehetünk egy lépéssel. Van egy harmadik fajta nyelvcsalád is: az elektronikus gépek utasitásrendszerei, a gépek programozására szolgáló "gépi nyelvek", valamint az un. algoritmikus nyelvek. /Itt most ismét eltekinthetünk attól, hogy a gyakorlatban többféle gépi nyelv, s ugyancsak többféle - Algol, Fortram stb. - algoritmikus nyelv van./ Tegyük fel, hogy ismereteink a gazdaságról nem csupán a müködés általános jegyeire terjednek ki. Amennyiben képesek vagyunk beszédnyelven leirni, hogyan kerül meghatározásra a gazdaság változóinak értéke, nagysága, ugy a gazdaság müködését megfogalmazhatjuk gépi nyelven is - azaz elkészithetjük a müködést leiró számológépi programot.

Az átmenet az egyik nyelvről /beszédnyelv/ a másikra /matematikai nyelv/ és a harmadikra /gépi nyelv/ biztositható - ez kizárólag a verbális leirás egyértelmüségétől és

konkrétságától függ.[x/] Ez az állitás matematikusok, számológép-programozók szemében magátólértetődőnek tünik, viszont sok közgazdász meghökken az olvasásakor. Reméljük, hogy a tanulmány további része hozzájárul majd a kételyek eloszlatásához. Ahhoz azonban, hogy az ellenvetéseket, vagy azok egyrészét eleve leszereljük, néhány kiegészitő megjegyzést kell tennünk:

---

x/ A későbbi kutatás során esetleg megkiséreljük a fentiekben kifejtett, aláhuzott - egyenlőre inkább hipotézisnek minősithető - gondolatokat formálisan is megfogalmazni és bizonyitani.

A fentiekkel rokon gondolatokra mutatott rá Neumann János [43] előadásában:

"...minden, amit kimeritően és egyértelmüen szavakba lehet foglalni - alkalmas véges neurális hálózattal ipso facto realizálható is. Minthogy az állitás megforditása nyilvánvaló, állithatjuk, hogy bármely reális vagy elképzelt, teljesen és egyértelmüen szavakba foglalható viselkedési mód leirásának lehetősége és ugyanannak a véges formális neurális hálózattal való megvalósitásának lehetősége között nincs különbség... Bármely tipusu viselkedésnek ilyen hálózattal történő megvalósitásánál csak akkor merül fel elvi nehézség, ha a viselkedést nem tudjuk teljes mértékben leirni." /86. old./

A fentiek értelmezéséhez tudni kell, hogy minden digitális számológép formális neurális hálózatnak tekinthető.

Neumann igy folytatja: "Semmi kétség, hogy minden elképzelhető viselkedési formának bármely fázisát szavakkal "teljesen és egyértelmüen" le lehet irni. Ez a leirás esetleg hosszadalmas, de mindig lehetséges. Ezt tagadni annyit jelent, mint ragaszkodni a logikai miszticizmus egy formájához, ami bizonyára legtöbbünktől távol áll." Neumann azonban rámutat, milyen hallatlanul nehéz feladat egyetlen viselkedési forma egy-egy fázisa helyett egy egész szervezet, rendszer egész viselkedését leirni.

1. Csak az irható le formálisan, ill. csak az programozható gépre, ami élőszóban is egyértelmüen /és véges számu szóval/ irható le. Ami szavakban kétértelmü, pongyola, homályos, az nem formalizálható. A formalizálás feltétele tehát a fogalmi exaktság; a szavak, fogalmak értelmének korrekt definiciója, s az összefüggések alapos végiggondolása. Ahol nehézségbe ütközik a formalizálás, ott rendszerint valami tisztázatlan. Aki maga is foglalkozott már verbálisan korábban leirt "elméletek", elgondolások, sejtések formalizálásával, az saját tapasztalatából tudja: akkor ütközött a matematikai modellezés "ellenállásába", ahol valami zavar volt a saját gondolataiban. Végeredményben a formalizálás elvi lehetőségének hangsulyozásával nem szeretném azt az illuziót kelteni, mintha ez könnyü munka lenne. E feladat roppant nehéznek igérkezik, éppen a verbális leirások zömének nem-exakt, nem-egyértelmü jellege miatt.

2. A formalizálhatóság elvétől szigoruan el kell választani azt a kérdést, hogy valamilyen összefüggést melyik nyelven legkényelmesebb leirni. Gyakran tapasztaljuk, hogy némely összefüggést, amelyet élő nyelven néhány szóval körülirhatunk, nagyon bonyolult és nehézkes formalizálni. Más esetekben a forditottját látjuk: néhány szimbólummal tömören felirható összefüggés elmagyarázásához az élő nyelv szavainak tucatjait vagy százait kell igénybevennünk. A matematika és a számológép "nyelve" közt is lehetnek ilyen aránytalanságok: egy matematikai müveletet rendkivül röviden leirhatunk a matematika konvencionális szimbolumaival, miközben hosszadalmas "megmagyaráznunk" a gép számára.

3. A gyakorlatban kitünhet, hogy nagyszámu változó közti bonyolult összefüggések leirása azért nem programozható számológépre, mert a gép memóriakapacitása korlátozott, müködése tul lassu stb. Ez gyakorlatilag akadályozhatja, hogy pl. gazdasági rendszerek müködését jól model-

lezzük egy számológépen; egyszerüsitésekre, aggregációra kényszerülünk. Itt azonban nem azt a kérdést firtatjuk, hogyan viszonylik a modell a valósághoz, hanem azt: hogyan viszonylik egymáshoz az összefüggések leirása az élő nyelv és a gépi nyelv, a számológép segitségével. Nagyszámu változó bonyolult összefüggéseit verbálisan rendszerint sokkal kevésbé tudjuk leirni, mint akár egy közepes számológép segitségével. Látnunk kell tehát, hogy itt a formalizálásnak, majd gépi realizálásnak praktikus és nem elvi nehézségéről van szó. Egy számológép külső memóriája gyakorlatilag tetszőlegesen nagy lehet; a sebesség kérdése pedig érdektelen, ha van elég időnk /és pénzünk/ a számolást kivárni.

Miután tisztáztuk, hogy a módszertani különbség puszta "átgondolás" és exakt modellezés között nem abban áll, hogy az egyik verbális, a másik formális, még egy másik ugyancsak negativ megállapitást kell tennünk:

Nem az a különbség az "átgondolás" és a modellezés között, hogy az utóbbival csak mennyiségi összefüggések vizsgálhatók, mig előbbivel minőségiek is.

Eléggé elterjedt nézet a nem-matematikai közgazdászok között, hogy a matematika /vagy legalábbis a közgazdasági célokra felhasználható matematika/ csupán mennyiségekkel operálhat. Kissé mi, matematikai közgazdászok is hibásak vagyunk ebben. Még az olyan elnevezések is, mint "ökonometria", "kvantitativ módszerek" némileg félre-orientálhattak ebben a tekintetben. De nem is csak a kifejezésekről van szó, hanem munkánk tartalmáról. Ebben kétségkivül egyoldaluan előtérben állt a számszerü, mérhető nagyságok vizsgálata. Ez az egyoldaluság nagyonis érthető - és egészséges - ellenhatás volt olyan müvekre, amelyek szolid számolás, mérés, megfigyelés helyett általtudományos frázisokkal dobálództak. Mégis, végeredményben tulságosan szüknek mutattuk a matematika alkalmazásának lehetőségeit.

A mai matematika már korántsem csupán a mennyiségek tudománya. A matematikának olyan ágai, mint pl. a matematikai logika, a halmazelmélet, a gráfelmélet stb. alkalmas "minőségi összefüggések" formális leirására és elemzésére. Nem szeretnék ezen a helyen részletesen kitérni a "mennyiség" és "minőség" fogalmának ismeretelméleti taglalására, ez tul messzire vezetne. Ehelyett inkább a következőket célszerü leszögezni:

Ha az elméleti, vagy gyakorlati közgazdász egy összefüggést "minőségi" összefüggésnek tart, de képes ezt az összefüggést egyértelmüen definiált, véges számu szó segitségével egyértelmüen leirni - ugy a modellező képes ezt az összefüggést formalizálni.x/ A tanulmány későbbi része illusztrálja majd ezt az állitást.

Végeredményben elmondhatjuk a következőket:

A heurisztikus-intuitiv "átgondolás" és a formális modellekkel végzett exakt vizsgálat kölcsönösen nem pótolja egymást. Az előbbi - legalábbis a tudomány mai állapotában - többnyire gyorsabb, hamarabb jut el gyakorlati intézkedések, döntések előkészitéséhez. Itt, az elmondottak fényében, megismételhetem azt a gondolatot, amelyet már a 2.1. szakasz előlegezett: nagy hiba lenne addig várni a reformokkal, amig azok exakt módon, formális modellekkel megalapozhatók. De nem is csak a sürgető gyakorlati intézkedésekről van szó. Ezen tulmenően az "átgondolás" szükséges a szorosabban vett kutatómunkában, a modellek megszerkesztésekor és a következtetések értékelésekor is, a formális elemzés és a valóság, a mindennapos tapasztalat szembesitésére.

---

x/ A "minőség" matematikai értelmezéséről lásd Szép Jenő [53] "Analizis" c. könyvét. /496-500.old./

Ha azonban hangsulyozzuk is az "átgondolás" jelentőségét, legalább ennyire hangsulyoznunk kell a dolog másik oldalát: kizárólag az exakt vizsgálat, s ennek érdekében a formális modellek alkalmazása viheti át maradéktalanul a "mi lenne, ha..." kérdések megválaszolását az óhajok, szimpátiák és antipátiák szférájából a tudományosan igazolt megállapitások szférájába.

2.4. Konkrét predikciók és általános megállapitások

Szükitsük le most már a tárgyalást a formális modellek alkalmazására.

A formális modellt, mint mondottuk, hipotétikus helyzetek vizsgálatára kivánjuk használni. Ugy is szokták ezt kifejezni: a modellt "predikcióra" használjuk. E predikció nem okvetlenül a reális jövőre vonatkozó "jóslás", hanem annak előrebecslése, hogyan alakulnak a vizsgál folyamatok, események, jelenségek a modell szerint feltételezett helyzetben. A predikció hatókörét, "konkrétságát" illetően két fő kategóriát különböztetünk meg:

A/ A modell segitségével azt akarjuk megállapitani, hogy egy adott, konkréten jellemzett /rendszerint számszerüen is leirt/ helyzetben mi fog történni.

B/ A modell segitségével azt akarjuk megállapitani, hogy mi lesz a közös, a "szabályszerü", a "tipikus" olyan hipotétikus helyzetek egész sorában, amely helyzetek ugyan nem tökéletesen azonosak egymással, de van közöttük valamilyen jellemző hasonlatosság, rokonság.

Tegyük fel, hogy statisztikai uton meghatároztuk a magyar lakosságnak a ruházati cikkek iránti keresletét, a jö-

vedelem függvényében. Ez a fogyasztói kereslet egy formális modellje. Utána e modell segitségével azt mondjuk: ha a jövedelem mondjuk ennyivel és ennyivel nő, ugy a ruházati cikkek iránti kereslet annyival és annyival fog emelkedni. Itt tehát az A/ kategóriával van dolgunk: a formális modellel végzett vizsgálat eredménye egy konkrét predikció; jelen esetben egyetlen szám. Persze, nem kötelező, hogy egyetlen számhoz jussunk; lehet - a példát folytatva - olyan fogyasztási modellünk, amelynek segitségével mondjuk árufőcsoportonként, s a lakosság rétegei szerint bontva kapunk keresleti előrebecsléseket, soktucat, vagy sokszáz számot.

Lássunk ezekután egy másik példát. Megállapitjuk, hogy exaktan leirt feltevések mellett a racionális kamatláb egybeesik a népgazdaság nemzeti jövedelme növekedésének ütemével. A vizsgálat eredményeképpen nem kaptunk egyetlen számot sem, hanem egy megállapitást, egy tételt. A megállapitás egy lényeges összefüggést fejez ki a modell két eleme között; ennek az összefüggésnek az igaz, helytálló voltát képesek vagyunk - az adott modell feltevései mellett - bizonyitani. Itt a B/ kategóriával van dolgunk.

Minden modell egyfajta "predikció-gyártó gépezet". Az A/ kategóriában e gépezet "terméke" egy vagy több szám; a B/ kategóriában a gépezet "terméke" egy vagy több megállapitás, tétel. Az A/ kategóriában olyan predikciót adunk, amely csak egyetlen helyzetben igaz; a B/ kategóriában olyan predikciót, amely sok /egymással rokon/ helyzetben igaz.

Nem okvetlenül szükséges más modell ahhoz, hogy A/ vagy B/ kategóriáju predikcióhoz jussunk. Igy pl. egy lineáris programozási modellel előállitható egy A/ kategóriáju predikció: egy sokszáz, vagy sokezer számból álló terv, amelyről bizonyitható: optimális, ha a modell feltevései,

valamint a modellbe behelyettesitett számok helyesen irják le a helyzetet. Ugyanakkor lineáris programozási modellel előállitható B/ kategóriáju predikció: pl. az az általános érvényü megállapitás, hogy lineáris ráforditási-kibocsátási függvények és egy optimalizálandó lineáris függvény léte esetén minden nem-optimális tevékenység, optimális árnyékárakon értékelve, veszteséges.

Ebből is látható, hogy az A/ és a B/ kategóriába tartozó vizsgálat között rendszerint nincs áthatolhatatlan fal, nincsen éles határvonal. Inkább az egyediség és az általánosság eltérő fokozatairól van szó. Mégis, a legtöbb matematikai-közgazdasági tanulmány elég egyértelmüen besorolható vagy az A/, vagy a B/ kategóriába.

Nevezzük a továbbiakban az A/ kategóriáju vizsgálat eredményét konkrét predikciónak, a B/ kategóriáju vizsgálat eredményét pedig általános predikciónak, vagy megállapitásnak.

Saját kutatásunk a B/ kategóriába tartozik: célunk általános megállapitásokhoz eljutni. Vizsgálatainkat akkor tekintjük majd eredményesnek, ha pl. ilyesfajta megállapitásokhoz jutunk: "Ilyen és ilyen mechanizmus mellett a gazdaság növekedése egyenletes, amolyan mechanizmus mellett hullámzó." Vagy: "Ilyen és ilyen tipusu árrendszer mellett a gazdasági egyensuly stabilabb, mint amolyan árrendszer mellett" és igy tovább. Viszont nem teszünk javaslatot arra, mi legyen a szén ára, vagy milyen számszerü arányban oszoljék a nemzeti jövedelem felhalmozásra és fogyasztásra.

2.5. A megállapitások igazolásának utjai

Valamely megállapitás helytálló volta egy formális modellen belül kétféle uton igazolható.

Az egyik ut: a deduktiv bizonyitás. Ilyenkor a modellben alkalmazott alapfogalmakból és feltevésekből kiindulva kizárólag logikai uton igazoljuk a megállapitás helyességét. Az a tény, hogy itt egy közgazdasági megállapitásról van szó, csak a megállapitás tartalmából tünik ki; a bizonyitási eljárással szemben támasztott követelmények teljesen azonosak azokkal, amelyeket egy matematikai tétel bizonyitásával szemben állitunk fel.

A bizonyitás ilyenkor szigoru; a bizonyitás egyes lépéseinek ellenőrzésével egyértelmüen ellenőrizhető, vajon a megállapitás valóban igaz-e vagy téves.

A matematikai közgazdaságtan számos müvelője - s köztük éppen a legkiemelkedőbbek - arra törekedtek, hogy megállapitásaikat deduktiv uton bizonyitsák. Tulajdonképpen elég kevés deduktive valóban bizonyitott, s ugyanakkor közgazdasági szempontból figyelmet érdemlő megállapitás található az irodalomban. Leginkább a Neumann-féle növekedési modellre, az Arrow-Debreu-féle egyensulyi modellre és a matematikai programozási modellekre épülő megállapitások nem tul népes családjait érdemes megemlitenünk.

A közgazdasági megállapitások deduktiv bizonyitásával azonban a következő sulyos nehézség adódik:

Magának a modellnek, a modell feltevéseinek bizonyos "kellemes", "kényelmes" tulajdonságokkal kell rendelkezniök, hogy - belőlük kiindulva - a kutató egyáltalán képes legyen bizonyitani. A modellnek "jól kezelhetőnek" kell lennie.

Szándékosan használok ilyen általános körülirást: "kellemes", "kényelmes", "jól kezelhető", mert itt nagyon

viszonylagos fogalmakról van szó. Minél fejlettebb lesz a matematika, s minél jobb matematikusok a modellek alkotói, annál több "kényelmetlenséget" vállalhat a modell. Igy pl. Debreu az 50-es években hasonló modellel dolgozott, mint Walras mintegy nyolcvan évvel előbb.x/ Walras-nak azonban nem sikerült szigoru bizonyitást adnia olyan megállapitásokra, amelyekre Debreu-nak sikerült. Ez azzal függ össze, hogy Walras kora óta sokat fejlődött a konvex halmazok matematikai elmélete; ezen tulmenően Debreu matematikailag alaposabban képzett, mint amilyen Walras volt. De Debreu is kénytelen volt ragaszkodni modelljének bizonyos "kellemes" tulajdonságaihoz: ahhoz, hogy konvex halmazokkal dolgozzék; hogy determinisztikus /a véletlentől nem függő/ folyamatokat irjon le; hogy a modelljében szereplő fogyasztó teljes preferenciarendszerrel rendelkezzék stb.

Aki maga is már megkisérelt modellt szerkeszteni azzal az elgondolással, hogy a modell keretében deduktiv uton bizonyitott megállapitásokhoz jusson, az jól tudja: nincsen olyan egyértelmü időrendi, vagy logikai sorrend, amely szerint előbb megszerkesztjük a modellt, utána pedig elkezdünk gondolkodni, hogy abból milyen megállapitás "jön ki". A kutató fejében egyidőben ott van - pontosabb, vagy homályosabb formában - egész sor elképzelés mind a feltevésekről, mind a megállapitásokról. Ilyenkor nemcsak a megállapitást "vezeti le" a feltevésből, hanem megforditott uton is jár: keres valamilyen a priori megállapitáshoz olyan feltevéseket, amelyek mellett a megállapitás igaz volta bizonyitható. Mármost a matematika mai állapota /és a közgazdászok mai matematikai ismerete/ mellett a modell valóságtartalma gyakran áldozatául esik annak a törekvésnek, hogy deduktive bizonyitható megállapitásokhoz akarunk eljutni.

---

x/ Lásd elsősorban G.Debreu [10] könyvét.

Igy azután furcsa kettősség alakul ki. Egyfelől minden közgazdász /a matematikai közgazdász is/ pontosan tudja: a gazdaságra nagymértékben hat a véletlen; számos területen növekvő hozadék van; a gazdasági folyamatokban vannak ugrások, szakadások, oszthatatlanságok és igy tovább. Másfelől: a deduktiv bizonyitásokkal operáló matematikai modellek rendszerint nem-sztochasztikusak; nem-növekvő hozadékot feltételeznek; a változók rendszerint folytonosak stb.

Nem azért van ez, mert a matematikai közgazdászok egytől-egyig tisztességtelenek, s be akarják csapni a világot. /Bár nyilván ilyen is akad közöttük./ Nem is okvetlenül azért, mert politikai szempontból látják ferdén a világot. /Érdemes megfigyelni, hogy homlokegyenest ellenkező politikai nézetü matematikai közgazdászok egyaránt kerülik a növekvő hozadékot feltételező modelleket.../ Az igazság az, hogy itt a matematikai közgazdász foglya saját "technikájának"; saját tudományos apparátusa elégtelenségének.

A közgazdászok várakozásai megoszlanak annak megitélésében, milyen eredményekre számithatunk a jövőben a deduktiv módszerrel végzett kutatások alapján. Kétségtelen azonban, hogy kitünően képzett, tehetséges kutatók egész serege dolgozik ebben az irányban, s lehetséges, hogy a jövőben az eddigieknél használhatóbb eredmények születnek majd. Remélhető, hogy a közgazdaságtudomány kérdésfeltevései előrelenditik a matematikát is. Emellett persze nincsen kizárva az sem, hogy a matematika mai eszközeivel is jobb modellek alapján jussunk el használhatóbb megállapitásokhoz. De ha a "deduktiv irány" szükségességét, fontosságát alá is huzzuk, keresnünk kell más utakat is.

Mód van arra, hogy megállapitások helyességét igazoljuk <u>kisérleti, szimulációs módszerrel.</u> E módszer lényege a következő:

Adva van egy matematikai modellünk, amely egy rendszer müködését irja le. A modellt számológépre programozzuk. Ahhoz, hogy a modell a gépen "életre keljen", paramétereinek számszerü értékeket kell adnunk. Tegyük fel, hogy mondjuk ötven adatot kell a gépbe betáplálnunk a számitás elinditásához: pl. a gazdasági rendszer kezdő készleteit, technológiai koefficienseit, a gazdasági rendszer cselekvő szereplőinek viselkedését leiró függvények paramétereit stb. E paraméterekre vonatkozóan nincsenek biztos információink, de vannak megközelitő becslések: pl. ismerjük azt az intervallumot, amelyen belül elhelyezkednek stb. Mármost a következőket tesszük:

A kezdő számokat véletlenszerüen választjuk meg, ügyelve azonban arra, hogy megfeleljenek a rájuk vonatkozó közelitő becsléseknek, pl. benne legyenek a rájuk jellemző intervallumokban. Nevezzük ezt az ötven számból álló adategyüttest, amellyel az első számitást végezzük, N_1-nek. Utána ismét véletlenszerüen megállapitunk egy-egy N_2, N_3 stb. adategyüttest is. Mindegyik legyen "reális", kb. feleljen meg a tapasztalati megfigyeléseknek, de ugyanakkor - véletlenszerüen - térjen el egymástól.

Mindegyik adategyüttessel elvégezzük a modell szerinti számitásokat, s feljegyezzük, majd összehasonlitjuk valamennyi eredményt. Mivel a betáplált adatok eltértek, nyilván eltérnek majd egymástól az eredmények is. Megállapitható azonban az is, hogy az egymás után, egymástól függetlenül végzett számitások eredményei mutatnak-e jellegzetes közös vonásokat, szabályosságokat, tendenciákat.

A legtöbb esetben nem jutunk determinisztikus jellegü megállapitásokhoz, csupán tendenciák, sztochasztikus szabályszerüségek megfigyeléséhez. Pl. kitünik, hogy a "P-tipusu mechanizmus" 100 eset közül 76-ban az egyensuly periodikus megbomlásához vezetett, mig a "Q-tipusu mechaniz-

mus" 100 eset közül csak 47-ben vezetett ilyen egyensulyzavarhoz.

Egy-egy számitás egy-egy kisérletnek minősül. Egyetlen kisérletből nem vonható le semmiféle következtetés. Viszont a kisérletek megfelelően megszervezett sorozatából - matematikai-statisztikai módszerekkel - már levonhatunk következtetéseket. Nem mondható meg előre, hány kisérletre van szükség ahhoz, hogy valamilyen megállapitást igazoltnak tekintsünk. Ez mindig attól függ, mennyire egyöntetüek vagy eltérőek a megfigyelt eredmények. Ismeretesek a matematikai-statisztika különböző próbái annak vizsgálatára, hogy egy kisérletsorozatból milyen biztonsággal következtethetünk. A matematikai statisztika kimeritően foglalkozik a kisérletek megszervezésének és értékelésének metodológiájával - mindez értelemszerüen alkalmazható a számológépem végzett kisérletekre is.

Hasonlóképpen tanulságos a gazdasági rendszer viselkedését jellemző egyes paraméterek módszeres változtatása számitásról-számitásra, kisérletről-kisérletre. Ilyenkor azt figyeljük meg, hogyan változtatja viselkedését a gazdasági rendszer egy-egy jellemző paraméter módositásának hatására; hogyan reagál egy-egy lényeges "ingerre", "impulzusra", hatásra. A módszeresen változtatott paraméter egy-egy meghatározott értéke mellett rendszerint célszerü nem egyetlen számitást végezni, hanem többet /többféle, véletlenszerüen választott kezdő szám-együttessel/, hogy több tapasztalat alapján következtethessünk a paraméter módositásának reakciójára.

Az elmondottak alapján világos az eltérés a deduktiv módon történő bizonyitástól. Mindkét megközelitésnél valamilyen közgazdasági megállapitás helytálló voltát akarjuk igazolni. Az első esetben a matematika logikai bizonyitási eljárását vesszük át, a második esetben a kisérleti termé-

szettudományok statisztikai következtetési eljárását.

A különbség a természettudományos kisérletezéssel szemben: nem a vizsgálat valóságos tárgyával kisérletezünk, hanem csupán annak modelljével. Tulajdonképpen a természettudományban sem ismeretlen ez. Az orvosi tudományok kutatója bizonyos kisérleteket ténylegesen embereken végez el. Ezt azonban sok esetben kénytelen pótolni az ember "modelljével" - időnként olyan "rossz", "nem-hasonlító" modellel, mint mondjuk kutyák vagy fehér egerek. Ez történik a mi szimulációs kisérleteink esetében is: kisérletezünk, de nem a valóságos gazdasággal, hanem annak számológépi modelljével.x/

Foglaljuk össze: mi a hátránya és mi az előnye annak, ha egy közgazdasági megállapitást kisérleti, szimulációs módszerrel igazolunk, a deduktiv bizonyitással szemben?

Először: szimuláció esetében nem beszélhetünk bizonyitásról, a szó logikai értelmében. Nem mondhatjuk meg, hogy egy állitás egyszerüen igaz-e vagy hamis, csupán megadhatunk hozzá különböző sztochasztikus jellemzőket. /Pl. a megfigyelt szabályosság valószinüségi eloszlását, a rendszer jellemzői közötti összefüggés szorosságát leiró statisztikai mutatószámokat stb./

Másodszor: a deduktiv bizonyitás "olcsó", a kisérleti, szimulációs igazolás "drága". Előbbihez csak ceruza és papir kell, utóbbihoz számológépen végzett kisérleti számitások százai és százai.

E két hátránnyal szembenáll egy lemérhetetlen előny: gyakorlatilag semmiféle igényt sem kell támasztani a modell

---

x/ Sajnos, a legaprólékosabb szimulációs rendszer is roszszabb modellje a valóságos gazdaságnak, mint amilyen modellje az egér vagy a kutya az embernek.

"kezelhetősége" iránt. A matematikai közgazdász, aki a deduktiv eljárásról szimulációs modell alkalmazására tér át, ugy érzi, mint aki "megszabadult láncaitól". A szó szoros értelmében bármit modellezhet. Nem kell többé aggódva gondolni arra: ha most nem alkalmazom ezt és ezt a kellemetlen, irreális feltevést, képtelen leszek bármit is bizonyitani. Ehelyett a modell megszerkesztésekor kizárólag azt kell szem előtt tartanunk: hogyan irhatnánk le jobban a valóságot. Az egyedüli /persze nagyon lényeges/ gyakorlati korlát: a számológép memóriája, amelybe a gépi programnak és az adatoknak be kell férniök.

Az elmondottakból kitünik: mind a deduktiv eljárásnak, mind a kisérleti, szimulációs eljárásnak vannak előnyei és hátrányai. Egyik sem teszi feleslegessé a másikat, mindkettőnek megvan a maga hivatása a társadalomtudományi kutatásban. Mi azonban saját kutatásunkban a szimulációs módszerre kivánjuk fektetni a hangsulyt.x/

2.6. A kutatás irányának összefoglaló jellemzése

Foglaljuk össze a 2.1.-2.5. szakaszban mondottakat. Kutatásunk iránya következőképpen jellemezhető:

— Kutatásunk hosszulejáratu, elméleti alapkutatás. Nem igérhetünk azonnali - pl. már a jelenlegi mechanizmusreformban közvetlenül hasznositható - gyakorlati eredményeket.

---

x/ Lehetséges természetesen, hogy a szimulációs módszerrel végzett kutatás rávilágit olyan összefüggésekre, amelyekkel kapcsolatban deduktiv uton is bizonyithatók megállapitások. Ez azonban legfeljebb kutatásunk "melléktermékе" lesz; ilyen megállapitások kutatását nem tekintjük feladatunknak.

— Nem a jelenleg valóban létező vagy a multban létezett mechanizmusok empirikus leirását tekintjük feladatunknak, hanem potenciálisan létező, hipotétikus mechanizmusokat elemzünk. /"Mi lenne, ha..."/

— A hipotétikus helyzeteket nem puszta "átgondolással", hanem formális modellekkel vizsgáljuk.

— Nem számszerü ajánlásokat akarunk kidolgozni, hanem a modellek segitségével általánosabb érvényü megállapitásokat akarunk tenni.

— A megállapitásokat általában nem deduktive bizonyitjuk, hanem szimulációs módszerrel, elektronikus számológépen végzett kisérleti számitások sorozatának statisztikai értékelésével.

3. Szimulációs modelleink közös ismertetőjegyei - Első ismerkedés

3.1. Az első ismerkedés célja

Amint az előző fejezetből kitünt: nem egyetlen modellel kivánunk dolgozni, hanem hosszu kisérletsorozatokat szeretnénk folytatni; modellek egész sorát akarjuk megszerkeszteni. E modellek, eltérő tulajdonságaik ellenére, rokonságban lesznek egymással, valamennyien tagjai ega nagy modell-"családnak".

E modell-család általános leirása a tanulmány II. részében következik, mégpedig formálisan, matematikai jelölések alkalmazásával. Ott a tárgyalás tömörsége, s logikai sorrendjére fogunk törekedni. Mielőtt azonban erre sor kerülne, szeretnék néhány gondolatot mintegy "megelőlegezni". Erre szolgál a most soronkövetkező fejezet.

Ebben a fejezetben, még nem adunk pontos definiciókat; a fogalmakat főképpen példákkal, vagy hasonlatokkal irjuk körül. Nem is vezetünk be minden szükséges uj fogalmat, csupán néhány különösen fontosat. A tárgyalás módja vázlatos; nem törekszik exaktságra. A cél kizárólag az, hogy mire az olvasó a II. részhez ér, már egy kissé megbarátkozott elgondolásainkkal; már némi előzetes asszociációi füződnek egy-két uj fogalomhoz.

Ebből következik, hogy e fejezet elolvasása nem "kötelező"; a tanulmány további része érthető enélkül is. Ugy hiszem azonban, hogy a II. rész sok absztrakciója kevesebb nehézséget okoz majd annak, aki a jelen 3. fejezetet is átnézte.

3.2. A vizsgálat tárgya

Egy-egy szimulációs vizsgálat szűkebb tárgya: a "gazdaság". A "gazdaság" lehet egy egész ország gazdasága, vagy annak jól körülhatárolt része, pl. egy ágazat, vagy egy több vállalatból álló tröszt. Lehet esetleg több ország társulása, pl. a KGST.

Természetes, hogy főképpen szocialista gazdaságokat kívánunk modellezni: akár ténylegesen létező szocialista gazdaságot, akár valamilyen elképzelt, hipotétikus szocialista gazdaságot. Nem zárjuk ki azonban a kísérletek sorából nem-szocialista /főképpen kapitalista/ gazdaságok modellezését sem. A "gazdaság" fogalma tehát általános; mindaddig, amig tovább nem specifikáljuk, magában foglalhat minden társadalmi-gazdasági formációhoz tartozó gazdaságot.

Bármit válasszunk is a vizsgálat szűkebb tárgyául szolgáló gazdaságnak, akárhogy határoljuk is körül, a világ egyrésze mindig kívül rekad. Még szélsőséges esetben is, ha a vizsgált "gazdaság" magában foglalja az egész világgazdaságot, akkor is ezen kívül van a természet, a gazdaságot körülvevő környezet. A vizsgálat szűkebb tárgyán kívüleső környezetet "külvilágnak" fogjuk nevezni.

Átfogó fogalomként használjuk a "rendszer" kifejezést. A rendszer = gazdaság + külvilág.

Mint látjuk, a "rendszer" kifejezést nem a politikai irodalom szóhasználatának, hanem inkább a müszaki tudományok vagy a kibernetika szóhasználatának megfelelően értelmezzük. Minden egyes szimulációs modell egy-egy "rendszert" szimulál. Ha ezek valamilyen fontos összetevőjükben eltérnek egymástól, ugy azt mondjuk: eltérő "rendszereket" irnak le, még akkor is, ha történetesen egyaránt kapitalista, vagy egyaránt szocialista gazdaságokat reprezentálnak.

3.3. A gazdaság sejtje: az egység

Valamennyi modellünkben a gazdaság elemi összetevője, sejtje: az "egység". Az egység az esetek nagyobb részében valamilyen kollektivát, a társadalom egy ténylegesen létező /vagy létezhető, potenciálisan létező/ intézményét képviseli. Igy pl. egység lehet egy termelő vállalat, egy háztartás, egy társadalmi osztály vagy réteg, az Országos Árhivatal,az Országos Anyaghivatal, a villamosenergiaipari igazgatóság, a minisztertanács és igy tovább.

Ezek "perszonális egységek", azaz reprezentánsai egy tényleges társadalmi csoportosulásnak, amelynek "személyes" megfelelője megtalálható a társadalomban /vagy ha nincsen, hát megteremthető, mint az Országos Anyaghivatal esetében/.

Emellett modelleinkben szerepelhetnek "inperszonális egységek" is, pl. a gabonapiac, a valutapiac, a tervkoordinációs processzus stb. Ezek a személytelen egységek nem egy "igazi" társadalmi csoportot, intézményt képviselnek, hanem valamilyen jellegzetes társadalmi folyamatot.

Kézenfekvő egy ellenvélemény a fentiekkel szemben: a társadalom, a gazdaság igazi elemi sejtje az egyes ember, az individuum. Tulajdonképpen minden társadalmi cselekvés egyes emberek cselekvéséből tevődik össze. Mi azonban modelleinkben rendszerint nem mehetünk ennyire mélyre. Kénytelenek vagyunk aggregálni: az egység vagy sok ember együtteséből álló kollektiva /pl. egy vállalat/, vagy sok ember együttes cselekvése /pl. egy piaci processzus/. A vizsgálat konkrét tárgyától függ, hogy a modell specifikálásakor milyen egységekre bontjuk a gazdaságot; melyek azok a jellegzetes csoportok, ill. kollektiv folyamatok, amelyek viselkedését és kölcsönhatását le akarjuk irni.

Mi a közös tartalma eszerint ennek a fogalomnak: "egység"? Mi a legkülönfélébb egységek közös jellemzője?

Minden egyes egységet úgynevezett "fekete dobozként", "black box"-ként kezelünk. Ez azt jelenti, hogy megadjuk: melyek jellemző "inputjaik" és "outputjaik", s leírjuk, hogy különböző inputokra milyen outputokkal "válaszolnak".x/ Nem vizsgáljuk, mi zajlik a "fekete dobozon" belül; miért éppen így és nem másképp válaszol egy inputra a doboz. Csupán az a lényeges, hogy leírhassuk: az inputra, a bemenő jelre mi a válasz, az output, a kimenő jel.

Most három fogalommal kerültünk szembe: az "input", az "output" és a "válasz" fogalmával. Egyenlőre ezekkel kell megismerkednünk.

3.4. Egy egyszerű válaszfüggvény: a jelzőlámpa és a gyalogos

Tekintsük egységnek, "black box"-nak az utcán közlekedő gyalogost, mégpedig egy jelzőlámpás utcakereszteződésnél, ahol át akar menni az utca másik oldalára.

Az egység fő inputja: a lámpajelzés. Az input háromféle diszkrét állapotot vehet fel: "piros", "sárga" vagy "zöld". A tárgyalás egyszerűsítésére hagyjuk el a közbeeső sárga jelet, s tekintsük a továbbiakban kizárólag a piros és a zöld jelzést.

Az egység outputja kétféle cselekvés: "várás" és "áthaladás".

---

x/ A "black box" fogalmát a következőképpen szokták érteni:

Adva van egy berendezés, mondjuk egy elektroakusztikai szerkezet, pl. egy hangszóró. A berendezés inputja: elektromos impulzusok; outputja: különböző magasságú, erősségű, színű hangok. Az elektroakusztikai szakember tudja, mi zajlik le a berendezésben, hogyan alakul át az elektromos impulzus hanggá. Bizonyos vizsgálatok szempontjából azonban ez közömbös; nem kell belenéznünk a berendezésbe, annak belseje "sötét" maradhat számunkra. Kizárólag a bemenő és a kimenő jelek megfelelésének van jelentősége ebben a vizsgálatban.

Mármost meghatározott összefüggés van az input és az output között. Ha az input piros, az output várás; ha az input zöld, az output áthaladás.

Az inputoknak és az outputoknak ezt a kölcsönös és egyértelmű megfeleltetését nevezzük az egység - jelen esetben a gyalogos - "válaszfüggvényének". A gyalogos akciója <u>függvénye</u> a jelzőlámpa jelzésének.

Az olvasó itt talán fennakad és megkérdezi: nem erőltetett-e "függvényről" beszélni? Ez az olvasó esetleg már foglalkozott matematikai-közgazdasági modellekkel, s készséggel elhiszi, hogy pl. az $Y = A K^{\alpha} L^{1-\alpha}$ Cobb-Douglas-függvényről joggal mondhatjuk: ez valóban függvény. Dehát a gyalogos magatartása?

Noha a példa persze illusztrativ jellegű, mi a továbbiakban a gyalogos válaszfüggvényéhez hasonló <u>széles</u> értelemben használjuk a függvény fogalmát. Ez teljesen megfelel a matematikában használatos <u>általános</u> függvény fogalomnak,[x/] amely két halmaz elemei közötti egyértelmű hozzárendelést, leképezést, megfeleltetést ért ezen. Példánkban az egyik halmaz /az "alaphalmaz"/ elemei a piros és a zöld, a másik halmaz /a "képhalmaz"/ elemei a várás és az áthaladás. Ezek között áll fenn egyértelmű megfeleltetés.

Ez egyuttal illusztrálja azt a gondolatot is, amelyet már a 2.3. szakaszban érintettünk: nem szükséges, hogy modellünk okvetlenül <u>mennyiségekkel</u> foglalkozzék s ezzel együtt függvényeink mennyiségi kapcsolatokat irjanak le. A "piros" és a "zöld" kétféle "minőség", kétféle állapot. Hasonlóképpen a "várás" vagy "áthaladás" is kétféle "minőség", kétféle állapot.

Mindezideig idealizáltuk a gyalogos viselkedését. Az igazság az, hogy számos gyalogos időnként megkockáztatja

---

x/ Lásd pl. <u>Kalmár László</u> [19], 7. és 9. old, <u>Szép Jenő</u> [53], 21-22. old.

az áthaladást a piros lámpa ellenére. Milyen tényezők befolyásolják ezt a lépést?

1. Milyen nagy a forgalom? Ha nincs jármű a közelben, nagyobb a kisértés, mintha sürün haladnak az uttesten az autók és autóbuszok.

2. Az előbbi tényező bizonyosfokig függ attól, mikor van a gyalogos a szóbanforgó utcánál? Hajnali 5-kor vagy este 9-kor kicsi a forgalom, reggel 7-8 óra felé vagy délután 5 körül nagy.

3. Van-e rendőr a közelben? Ha az uttest másik oldalán ott áll, a gyalogos jobban meggondolja magát.

4. Befolyást gyakorol a gyalogos viselkedésére multbeli tapasztalata. A kisgyerekbe még kevésbé rögződtek be a szabályok, mint a felnőttekbe. Jobban törődik a közlekedési szabályokkal az, akit már ért baleset /vagy akit tegnap birságolt meg a rendőr/, mint akit még sohasem ért hasonló kellemetlenség.

5. Végül befolyást gyakorolnak véletlen tényezők, pl. éppen most szidta meg a gyalogost főnöke a hivatalában, vagy éppen fáj a gyomra és emiatt nem figyel a lámpára és igy tovább.

Némileg általánosabb formában is összefoglalhatjuk e tényezőket. Az egység "outputja" nemcsak egy fő "inputtól" /példánkban: a lámpajelzéstől/ függ, hanem:

-- a külvilágtól /forgalom sürüsége, rendőr közelsége/

-- az időtől /melyik napszakban vagyunk/

-- az egység korábbi tapasztalataitól, "memóriájának tartalmától" /beidegződés, baleset stb./.

Mindezektől a tényezőktől, általában az inputoktól nem determinisztikusan függ az output, hanem sztochaszti-

kusan. A nagyon szórakozott gyalogos áthalad az uttesten piros jelzés mellett s valósággal belefuthat a rendőr karjaiba - a rendőr közelsége azonban csökkenti ennek valószinüségét. Ezt ugy is kifejezhetjük: az output függvénye véletlen tényezőknek is.

3.5. A fogyasztó válaszfüggvényei

Térjünk át egy másik példára, amely immár szorosan gazdasági jellegü: a fogyasztó viselkedésére.

Megtehetjük, hogy egyetlen "black box"-nak minősitjük a fogyasztók összességét, s válaszfüggvényként a szokásos keresleti függvényeket szerepeltetjük. Eszerint az input: az árak és a jövedelmek; az output: a fogyasztói kereslet.

Szimulációs modelleinkkel azonban modellezhetjük ennél realisztikusabban, ennél gazdagabban is a fogyasztó valóságos viselkedését. Csak néhány gondolatot emlitünk:

Nem egyetlen egységként, egyetlen "fekete dobozként" szerepeltetjük a fogyasztók összességét. Ehelyett különböző ismérvek szerint osztályozzuk őket: város és falu; jövedelmi szint; társadalmi rétegződés; családnagyság; kulturális szint stb. Ezek után egy-egy "dobozba" kerülnek azok a háztartások, amelyek a fenti ismérvek szerint azonosak /pl. gyermektelen házaspár, városi, értelmiségi, 5000 Ft feletti havi családi jövedelem/. Nem egy, hanem mondjuk 50 vagy 100 fogyasztói egységet kapunk, s mindegyikhez külön-külön válaszfüggvényeket rendelünk. Feltehető, hogy ilymódon pontosabban leirható a fogyasztók összességének viselkedése, mintha egyetlen egységként kezeltük volna.

Ezen tulmenően, az output /jelen esetben: a fogyasztói kereslet/ nem kizárólag kétféle inputtól, a jövedelemtől és az ártól függ, hanem egyéb tényezőktől is. Például:

-- Van a fogyasztói szokásoknak egyfajta "tehetetlensége", konzervatizmusa. Ez azt jelenti, hogy a kereslet nem csupán az éppen érvényes árak és jövedelmek függvénye, hanem a korábbi időszakok tényleges fogyasztásáé is. Pl. sulyozott közepe az uj árakhoz és jövedelmekhez teljesen hozzáigazodott keresletnek és a régi tényleges fogyasztásnak. A suly megválasztásával kifejezésre juttatható, hogy a fogyasztó hozzáigazodása az uj jövedelmi és árhelyzethez mennyire gyors, zavartalan, illetve mennyire tehetetlen, konzervativ a fogyasztó magatartása.

-- Vannak sürün, rendszeresen vásárolt termékek és szolgáltatások és ritkán végbemenő vételek. Mindkét csoport iránti keresletre befolyást gyakorol nemcsak az ár és a jövedelem, hanem a konkrét beszerzési lehetőség is, csak nem egyforma módon. Pl. a család rendszeresen hideg vacsorát fogyaszt. Ha éppen nem kapható sonka, csak krakkói, utóbbi különlegesebb probléma nélkül szolgálhat helyettesként. E helyettesitésnél nemigen mérlegelik a kétféle felvágott áraranyait. Ha viszont heteken át csak krakkói volt az üzletben, s hirtelen megjelenik a sonka is, az utóbbit esetleg előnyben részesitik, mégha drágább is. Más az összefüggés mondjuk egy autó beszerzésénél. Ha a vevő autót akar venni, de nem kap, akkor - az esetek nagy részében - nem költi el más tartós jószágra a pénzét, hanem inkább vár. Mindkét példával csupán azt szerettem volna bemutatni, hogy a fogyasztó válaszfüggvényének outputja, a kereslet függvénye az ár és a jövedelem mellett más inputoknak is: a konkrét beszerzési lehetőségeknek, valamint a multbeli tényleges fogyasztásnak, s ezzel együtt bizonyos "elhalasztott" szükségleteknek.

Valamennyi felsorolt összefüggésre ismét jellemző ezek nem-determinisztikus, sztochasztikus jellege. Az outputot véletlen tényezők is befolyásolják, mégpedig a különböző válaszfüggvényeknél nem egyenlő mértékben. Mond-

juk az alacsonyjövedelmi család kenyérfogyasztása aránylag stabil, a magasjövedelmüek luxus-fogyasztásának cikkek szerinti megoszlása véletlenszerübb, jobban függ a divattól, szezontól stb.

3.6. A tőkés vállalat válaszfüggvényei

Egy szimulációs modellben, amely a kapitalista gazdasággal foglalkozik, "black box"-ként szerepelhet a tőkés vállalat. Legyen ennek az egységnek az egyik válaszfüggvényében az output: a vállalat beruházási döntése. Mi e válaszfüggvény inputja?

A tőkés vállalat XIX. századbeli polgári elmélete szerint a fő input: a hosszulejáratu kamatláb; ezenkivül a bérszint, valamint a vállalat bevételeinek és kiadásainak előkalkulációja. A kamatláb magasságának állitólag alapvető befolyást kell gyakorolnia a vállalat döntésére: ha alacsony, akkor a vállalat könnyebben szánja rá magát beruházásra, ha magas, ugy nehezen. A kamatláb és a bér aránya pedig alapvetően befolyásolja a technológia megválasztását: minél alacsonyabb a kamatláb és magasabb a bér, annál tőkeintenzivebb beruházást hajt majd végre a vállalat.

Kétségtelen, hogy mindez valóban hatást gyakorol a vállalat döntésére, s ezért szerepelnie is kell a válaszfüggvény inputjában. Ezeken tulmenően azonban sok egyéb tényező is szerepet játszik. Csak három példát emlitünk:

-- A vállalat beruházási kezdeményezése messzemenően függ a jövőbeni konjunkturális helyzet megitélésétől. Hiába alacsony a kamatláb, ha a vállalkozó "rosszat sejt", kedvezőtlen üzleti helyzettől tart, nem fog beruházást vég-

rehajtani. S megforditva, a magasabb kamatláb sem tartja vissza a beruházástól, ha nagy konjunkturát remél. A hadiiparban pl. sokkal nagyobb a befolyása a nemzetközi helyzetnek, az állami fegyverkezési politikának, mint a kamatlábnak. Akármilyen "durván" irjuk is le szimulációs modellünkben ezeket az összefüggéseket, még mindig sokkal realisztikusabbá válik a modell ahhoz képest, mintha teljesen figyelmen kivül hagynánk és kizárólag a kamatláb és a beruházás közti kapcsolat rendkivül "kifinomult" modellezését végeznénk el, ahogy ez az irodalom ismert tőkepiaci modelleiben történik.

-- Egy másik jellemző tényező: a vállalat kialakult "légköre", tradiciója, szokásos üzleti politikája. Vannak dinamikus, mozgékony és merev, nehézkes vállalatok; vannak "ragadozók" és "szolid cégek". A következő időszak beruházási döntése eszerint nemcsak a jelent leiró információk, valamint a jövőre vonatkozó előrebecslések függvénye, hanem a multé is, amelyet a vállalat "memóriája" - azaz tapasztalata, kialakult gyakorlata stb. - őriz meg.

-- Egy további tényező: mit csinál a versenytárs? A vállalat döntése függvénye azoknak az információknak, amelyeket más vállalatok terveiről megszerzett.

3.7. Homo economicus, racionalitás vagy reális válaszfüggvény?

A közgazdaságtudomány matematikai modelleinek egyrésze arra kiván felelni, hogyan kellene a lehető legegyszerübben cselekedni. Mit kellene tenni annak érdekében, hogy az erőforrás elosztása optimális legyen, a lakosság jóléte maximális és igy tovább? Sokféle névvel jelölik ezeket a munkákat: "praxeológiai jellegü kutatás", "normativ vizs-

gálat", a racionális döntés elmélete stb. A szerzőnek nem kell hangsulyoznia, mennyire fontosnak tartja a kutatásnak ezt az irányát, hiszen hat-nyolc éven át erre összpontositotta saját tevékenységét is.

Jelen kutatásunk is végső soron ilyen kérdésre akar majd felelni: mi legyen a gazdaság racionális mechanizmusa? De csak végső soron. Éppen azért, hogy erre felelhessünk, azt kell vizsgálnunk: hogyan viselkednek az emberek, a kollektivák a valóságban. Márpedig tulzás lenne azt mondani, hogy az emberek, egyének és kollektivák viselkedésére a szigoru, következetes racionalitás lenne jellemző.

Vegyük ismét a tőkés vállalat példáját. Ha a döntésthozó /egyén vagy testület, a tulajdonos vagy a megbizásában eljáró igazgató/ "homo economicus", akkor 1/ pontosan tudja, mi a vállalat érdeke és 2/ szigoruan a felismert érdek szerint jár el. Mi a helyzet a valóságban?

A tőkés vállalatnak többféle érdeke van. Közvetlenül ma, minél előbb profithoz akar jutni, s ennek érdekében pl. törekedhet arra, hogy rontsa a minőséget, emelje az árat. Tartósan sok profithoz akar jutni: ehhez viszont állandó vevőkör megszerzésére akar törekedni, szolid árakkal és minőséggel. Jóban akar lenni a megrendelővel - de az Adóhivatallal, a bankkal, a számára szállitó vállalatokkal is. Mindez az egymással bizonyosfokig ellentétes érdekek bonyolult szövevényéhez, konfliktusaihoz vezet. Egyáltalán nem biztos, hogy a döntésthozó eleve "sulyozta" ezeket az érdekeket, kialakitotta preferenciáit a különböző érdekkel kapcsolatban. Ennek megfelelően korántsem biztos, hogy következetes; lehet, hogy egyik döntését egyoldaluan a vállalat rövidlejáratu, másik döntését a hosszulejáratu érdeknek rendeli alá és igy tovább.

De mégha következetesen végig is gondolta ezeket az érdekkonfliktusokat, korántsem jellemző, hogy szigoruan a felismert érdekek szerint járna el. Ehhez ugyanis exakt optimalizálást kellene végeznie; ez azonban, mint tudjuk,

egyenlőre igen ritka. A valóságban a legtöbb döntés különböző "hüvelykujj-szabályok" /rule of thumb/, rendkivül leegyszerüsitett cselekvési receptek alapján történik. Például: "Emelkednek termékeim árai - emelem a termelést". "Mindig háromhónapos anyagkészlettel dolgozom - ha ez alá süllyed a készlet, utána rendelek". A "hüvelykujj-szabály" az esetek egyrészében a racionális cselekvési norma durva megközelitése, más esetekben viszont előitéletnek vagy szimpla ostobaságnak bizonyul. Mégis, ezek /és egyenlőre még nem a matematikai programozási modellek/ mozgatják a valóságos gazdaságot.

Szimulációs modelleink válaszfüggvényének azt kell leirnia: hogyan viselkednek ténylegesen az emberek, kollektivák, intézmények. /Vagy hogyan viselkednének ténylegesen egy hipotétikus helyzetben./ Tehát nem azt kell ábrázolniok: hogyan kellene viselkedniök, ha "nagyon okosak lennének". Az átlagos emberi butaságot, a mindennapi döntések átlagos primitivségét mintegy bele kell kalkulálni a válaszfüggvény megformulázásába. Persze, egy-egy kisérletnél modellezhetünk a szokásosnál racionálisabb, vagy éppenséggel szigoruan racionális, optimális viselkedést is, de inkább csak a többi kisérlettel való összehasonlitás kedvéért.

Ez növeli igényeinket a valóság megfigyelésével kapcsolatban. Viszont egyszerüsiti a feladatot a formalizálás és a gépi számolás szempontjából. Könnyebb matematikailag megfogalmazni és szimulálni egy primitiv cselekvési receptet, "hüvelykujj-szabályt", mint a homo economicus szigoru racionalitását.

3.8. Az inputok és az outputok

A 3.4.-3.7. szakaszokban felhozott példák nyomán már elegendő képzettársitás alakulhatott ki az olvasóban e két fogalomhoz: "input" és "output". Világos, hogy e fogalmakat sokkal tágabb értelemben használjuk, mint mondjuk a Leontief-modell, az ágazati kapcsolatok mérlege. Az input nem szükségképpen egy termelőfolyamat anyagi ráforditása /bár esetleg az is lehet/, az output pedig nem okvetlenül egy termelőfolyamat anyagi kibocsátása /bár ez ugyancsak nincsen kizárva/. Az input: a "fekete dobozba" bemenő tetszőleges információ, az output pedig az onnét kijövő tetszőleges válasz.

Az inputokat és outputokat összefoglaló elnevezéssel "müködési változóknak" fogjuk nevezni. Az összefoglaló elnevezés márcsak azért is szükséges, mert az "input" és az "output" megjelölés csupán viszonylagos fogalom. Ugyanazon müködési változó outputja az egyik egységnek, a "feladónak" és inputja egy másik egységnek, a "cimzettnek". Pl. a feladó az Országos Árhivatal, outputja egy hatóságilag rögzitett ár. A cimzett egység: egy vállalat, inputja az emlitett ár. Vagy: a feladó a fogyasztó, outputja egy meghatározott termékre irányuló kereslet. A cimzett a szóbanforgó termék piaca /inperszonális egység/; itt a fogyasztói kereslet inputként jelenik meg.

Itt eljutottunk szimulációs modelleink egy fontos közös ismertetőjegyéhez: minden output egyuttal valamilyen cimzett egység inputja. Az egységeket az input-output kapcsolatok hálózata fogja össze. Az egységek nem olyanok, mint a kavicsok a folyóparton; nem egyszerüen egymás mellett vagy egymáson hevernek. Az egységek egy élő szervezet sejtjei, amelyek valóban rendszert alkotnak; összefüzik őket az input-output-kapcsolatok. Az output az első egységből kimegy, bemegy inputként a második egységbe, azt válaszra készteti, a válasz outputként elhagyja a második egységet és bemegy a

harmadik egységbe, azt ugyancsak válaszra készteti és igy tovább. /Egyik-másik válasz, mondjuk a hetedik egységből visszakerülhet pl. a második egységbe is; az input-output-áramlás nem okvetlenül egyirányu./

Szükség lesz a müködési változók osztályozására. Itt most - a már eddig elmondottak alapján - csupán két fő osztályt különböztetünk meg.

Az egyik osztály: a "fizikai változók". Fizikai változó irja le pl. egy meghatározott termék termelésének volumenét, egy anyag felhasználásának mennyiségét, egy vállalat raktárkészletét stb. A fizikai változók tehát olyan folyamatokat, eseményeket, jelenségeket, állapotokat reprezentálnak, amelyeket tulajdonképpen a közgazdaságtudomány szférájából kilépve, a fizikai, müszaki, biológiai stb. tudományok apparátusával is leirhatnánk.

A müködési változók másik fő osztálya: a "közlési változók". Közlési változó pl. egy termék ára, egy gép megrendelése, egy tervutasitás stb. Természetesen a közlési változónak is van fizikai megjelenése: betük a papirlapon, hanghullámok a telefonüzenetben. Nyilvánvaló azonban, hogy itt nem ez a lényeges, hanem a változó által átvitt információ.

A fizikai változók köre tulajdonképpen minden gazdaságban azonos: mindenütt van termelés, fogyasztás, raktározás, szállitás stb. /Itt most persze eltekintünk attól a különbségtől, hogy pontosan mit és mennyit termelünk, fogyasztunk stb./ Viszont a különböző gazdasági mechanizmusokra messzemenően jellemző, milyen tipusu közlési változók léteznek benne. Melyek azok a közlési inputok, amelyekre a gazdaság egységeinek válaszfüggvénye értelmezve van? Mondjuk a tőkés vállalat válaszfüggvénye nincsen értelmezve a tervutasitásra, mint inputra. S megforditva: a mi vállalatunk válaszfüggvénye nincsen értelmezve a részvényárfolyamra, mint inputra.

A gazdaság közlési változóinak felsorolásával tulajdonképpen leirjuk a gazdaság "szókincsét", amelyek azok a közlés-tipusok, amelyekre a "fekete dobozok", az egységek reagálni képesek. Azzal pedig, hogy megadjuk, honnét hová mennek, a közlési változók, leirjuk a rendszer "kommunikációs hálózatát".

3.9. Reáltevékenységek, transzformáció

A gazdaság legfontosabb folyamatai: a termelés és a fogyasztás. E folyamatokat, s ezek különböző válfajait "reáltevékenységeknek" nevezzük majd. A "reál-" előtag a kizárólag közlési, informativ jellegü tevékenységektől való megkülönböztetésre szolgál.

Az egységeknek azt a fajtáját, amelyekben reáltevékenységek mennek végbe, "transzformációs egységnek" nevezzük. Legyen ez az egység pl. egy cipőkészitő üzem. Mondjuk, hogy itt kétféle reáltevékenység megy végbe: cipőkészités "A" technológiával és cipőkészités "B" technológiával. Ugyanaz a reáltevékenység sokszor ismétlődik meg. Egy meghatározott időtartamon /mondjuk egy müszakon/, perióduson át végrehajtott reáltevékenységgel bizonyos mennyiségü bőrből, gép-elhasználásból, munkából, azaz anyagi inputokból bizonyos mennyiségü és minőségü cipőt, azaz anyagi outputot készitettünk. Ezt a folyamatot, amely egy perióduson át tartott, nevezzük "transzformációnak".

A transzformáció fogalmát nagyon széles értelemben használjuk. Transzformáció a szállitás is: pl. budapesti téglát váci téglává transzformál. De transzformációként kezelhetjük a személyes fogyasztást is: élelemből, ruházkodásból stb. munkaerőt állit elő. A közös lényeg: anyagi

inputokból anyagi output előállítása.

Modelleinket ugy szerkesztjük meg, hogy feltételezzük: minden reáltevékenység, minden transzformáció kizárólag transzformációs egységekben zajlik le. Minden transzformációs egységhez hozzárendelünk azonban egy "gazdálkodási egységet" is, amelyben a transzformáció szabályozása történik. E szétválasztás nyilvánvalóan absztrakció; mintha pl. elválasztanánk egymástól a központi idegrendszert az élő szervezet többi részétől. A modellezést azonban lényegesen könnyebbé teszi.

A gazdálkodási egység közléseket kap a többi egységtől és maga is ad nekik közléseket. Emellett közlési kapcsolatban áll saját transzformációs egységével. A transzformációs egység jellegzetes inputja és outputja viszont nem a közlés /bár ilyen is van inputjai és outputjai között/, hanem az anyagi ráforditás és az anyagi kibocsátás. A gazdaság működését azzal jellemezzük, hogy egyrészt leirjuk a gazdálkodási egységek egymással való kapcsolatait, másrészt a gazdálkodási és a transzformációs egységek viszonyát.

Végeredményben eljutunk ahhoz, hogy a rendszer működését két szférára oszthatjuk. Az egyik szféra: a "reálszféra". Itt mennek végbe a reáltevékenységek, a transzformációk, itt áramlanak a fizikai inputok és outputok. A másik szféra: a "mechanizmus". Itt áramlanak a közlési inputok és outputok. A két szféra természetesen kölcsönhatásban van. Általános modellünk, amelyet a II. részben irunk le, módot ad majd e két szféra fogalmának definiciójára.

3.10. A rendszer dinamikája

Szimulációs modelleink mozgásukban, müködésükben irják le a rendszerek viselkedését. Ezzel kapcsolatban bizonyos egyszerüsitésekre kényszerülünk.

Az időt egyenlő intervallumokra osztjuk, pl. napokra, vagy évekre. Egy-egy intervallumot periódusnak nevezünk. Feltesszük, hogy a gazdaság müködése ismétléses jellegü, azaz minden periódusban ugyanazon tipusu események zajlanak le. Tehát pl. a vállalat termel; jelentkezik a piacon saját termékeinek kínálatával, ugyanakkor jelentkezik más piacokon anyagigényeivel; elad, ill. vesz; összeállitja tervét a következő periódusra, majd a következő periódusban mindez kezdődik elölről: termel stb. Az események nem mindig azonos konkrét tartalommal zajlanak le: a termelés, a kínálat, a kereslet, a vétel, az eladás stb. volumene, összetétele periódusról-periódusra változhat. De mindig ugyanazok az eseménytipusok ismétlődnek; azaz példánkban a termelés, a vétel, az eladás, a tervkészités stb.

Mennyiben egyszerüsiti ez a leirás a valóságot? Az időben szimultán lezajló folyamatokat felbontja; mintegy ugy kezeli őket, mintha egymás után mennének végbe, ismétlődő "lökésekben". Viszont ezt az egyszerüsitést ellensulyozza az a körülmény, hogy valamennyi folyamat - noha ujra és ujra "megszakitjuk" őket - folytonosan ismétlődik.x/

Végeredményben az egységek között állandóan áramlanak az inputok és outputok; azonnal vagy késleltetésekkel keletkeznek a válaszok a bejövő impulzusokra - mindaddig, amig a szimulációt a számológépen le nem állitjuk.

---

x/ Marx a Tőke-ben idézi Galiani szép megfogalmazását: "A végtelen, amely nincs meg a dolgok előrehaladásában, megvan körforgásukban". /Lásd [37] , 167. old./

Ami különösen nehéznek tünik a közgazdaságtanban, az a kategóriák definiálása... Az egzaktság hiánya mindig a fogalmi területről ered...

Neumann János

"A legujabb tudományos fejlődés hatása a gazdaságra és a közgazdaságtanra"

1955.

II. RÉSZ:

AZ ÁLTALÁNOS MODELL

1. Előzetes megjegyzések

1.1. Az általános modell közvetlen hivatása

Rátérünk az I. rész 3. fejezetében "előlegezett" mondanivaló exaktabb leirására. Szimulációs kisérleteink keretében nagyszámu konkrét modellt kivánunk felhasználni. Valamennyi konkrét modell - eltéréseik mellett - meghatározott közös tulajdonságokkal rendelkezik. Az "általános modell" e közös ismertetőjegyek összefoglalása.

Az általános modell leirásának közvetlen céljai a következők:

1. A kutatást egy kollektiva végzi. Ki kell tehát alakitanunk egy egységes, egyértelmü terminológiát és jelölésrendszert, amely segitségével a kutatócsoport tagjai egymást megértik.

Ez annál is fontosabb, mert a probléma több áttételén megy keresztül: valóság ⟶ verbális közgazdasági megfogalmazás ⟶ matematikai formalizálás ⟶ gépi program ⟶ numerikus gépi számitás ⟶ közgazdasági értelmezés. Fontos, hogy a fogalmak és jelölések előzetes rögzitésével megakadályozzuk a félreértéseket az áttételek folyamán /pl. mást ért ugyanazon a fogalmon a közgazdász és a matematikus/.

2. A különböző konkrét modellek közös vonásainak kiemelése megkönnyitheti a modell-sorozat közös "építőkockáinak", közös "előregyártott elemeinek" megszerkesztését. /Pl. több konkrét modellben ugyanugy szerepelhet a fogyasztó viselkedését leiró modell-rész./

Ez egyuttal előnyt jelenthet a gépi programozásnál is. A közös "építőkockák" állandó alprogramok, blokkok, eljárások formájában külön is programozhatók; ezek a kész blokkok, eljárások azután többféle gépi programba egyaránt beépithetők.

3. Az általános modell egyfajta "tartalomjegyzék". Annak felsorolása, milyen változók és relációk jelennek meg általában egy gazdaság működésének szimulációjánál. Emlékeztető arra, mit kell specifikáltan megadni ahhoz, hogy a modellel kisérletet végezhessünk.

Elöljáróban hangsulyoznunk kell azonban azt is, mire nem alkalmas az általános modell. Nem látszik alkalmasnak sem arra, hogy belőle deduktiv uton tételeket, megállapitásokat származtassunk, sem arra, hogy szimulációs kisérleteket végezzünk vele. Ehhez a modell tul általános. A modellben szereplő függvények leirása csupán felsorolja, hogy mely változóktól függnek, de rendszerint nem adja meg a függőség konkrét természetét, matematikai jellemzését. Bármely szimulációs kisérlet céljára e függvényeket specifikálni kell; meg kell adni a függő és független változók közti összefüggés matematikai alakját. A fenti 3. pontban mondottak elsősorban az általános modell legfontosabb függvényeire érvényesek: ezek a függő és független változók "tartalomjegyzékszerü" felsorolásai, a kapcsolatok létének leszögezésére.

Az általános modell eleget tesz hivatásának, ha a fenti 1-3. pontokban összefoglalt feladatokat teljesiti. Megszerkesztésekor kizárólag ezek a követelmények vezettek bennünket. Ugy tünik azonban, hogy ezen tulmenően is használható lesz, mind elméleti, mind gyakorlati célokra. Erre a szerepre azonban majd csak az általános modell leirását követő későbbi részekben térünk vissza.

1.2. A modell "általánossága"; feltevések és fogalmak

Egy modell "általánosságának" foka természetesen mindig viszonylagos. Egy népes modell-"család" közös ismérveit foglaljuk össze, de azért vannak és lesznek jól használható közgazdasági formális modellek, amelyek nem minősülnek az általános modell specifikus esetének, hanem e modell-"családon" kivül maradnak.

Néhány ilyen kivül-rekesztett modell-osztályra külön is fel akarjuk hivni a figyelmet. Ezt abban a formában tesszük, hogy külön kiemeljük a modell egyes feltevéseit. Ezeket sorszámozzuk; összesen négy ilyen kiemelt feltevésünk lesz. Ez azonban nem jelenti azt, hogy modellünk mindössze ezt a négy "axiomát" tartalmazza. A feltevések többi része már eleve szerepel a modellben leirt összes relációkban, s a hozzájuk tartozó alapfogalmakban. A számozott, külön kiemelt feltevések hivatása kizárólag az, hogy külön ráirányitsa a figyelmet a modell gyenge pontjaira; azokra a megszoritásokra, amelyeket esetleg a kutatás későbbi stádiumában érdemes lesz feloldani.

A modell leirásakor r i t k i t o t t betükkel emeljük ki a speciális értelemben használt fogalmakat. Ezek egyrésze alapfogalom-jellegü, s ezért nem definiálható, csupán körülirható, másik része levezetett fogalom, amely a leirásban szereplő alapfogalmak és relációk segitségével definiálható. A jelen összefoglalásban nem térünk ki arra, hogy a speciális értelemben használt fogalmak közül melyik minősül alapfogalomnak és melyik levezetett fogalomnak.

A leirás során fellép az a nehézség, hogy egyik fogalom megértéséhez már szükség van egy másik olyan fogalomra, amelynek bevezetésére csak később kerül sor. Lehetséges, hogy a problémák előadásának más sorrendjével ez elkerülhető lenne; a jelen felépitésben azonban nem sikerült elkerülni. Az ilyen "előlegezett" fogalmak első előfordulásakor lábjegyzetben utalunk a definició helyére.

Mindaz, amit a feltevések és a fogalmak kezeléséről elmondottunk, arra vall, hogy az általános modell leirása még nem elég érett; nem jutott el igazán szigoru, axiomatikus jellegü tárgyalásmódhoz. Meg kell kisérelnünk a későbbi kutatás folyamán a leirást tökéletesiteni. Ehhez segitséget nyujthat, ha több konkrét modellt dolgozunk ki, s ezzel ellenőrizzük az általános modell feltevéseinek és fogalmainak rendszerét.

1.3. A leirás és a kommentár szétválasztása

Az általános modell leirásakor kétféle, egymással ellentétes törekvésünk volt:

Egyfelől: a tárgyalás legyen tömör; csak annyit mondjunk el, amennyi szükséges, nélkülözhetetlen.

Másfelől: könnyitsük meg az olvasó, s különösen a formális tárgyaláshoz nem szokott olvasó számára a megértést.

Ezt a kettős törekvést a következőképpen valósitottuk meg:

A tárgyalást kettéválasztottuk. A most következő 2.-8. fejezetekben külsőlegesen is szétválasztjuk a leirást.

Teljes hosszuságu, ritka sorokban közöljük a modell leirását, beljebb kezdett, sürü sorokban a kommentárt. A kommentárok közé kerülnek a következők:

1. A matematikai formulák verbális átfogalmazása. Ezt a "Verbális leirás" szóval vezetjük be.

2. Egy-egy fogalom, feltevés, gondolat illusztrációja. Ezt a "Példa" szóval vezetjük be.

3. Az alkalmazott feltevés, eljárás, jelölésmód indokolása; kiegészitő kommentár stb.

A leirás lehetőleg rövid. A kommentárnál kevésbé törődtünk ezzel; itt a rövidség alá van rendelve didaktikai meggondolásoknak.

A formális tárgyalást előnyben részesitő olvasó egyszerüen elhanyagolhatja a kommentárok átnézését; a leirásnak önmagában is érthetőnek kell lennie.

A megforditottját nem állithatjuk. A kommentár nem érthető meg önmagában; nem alkot folyamatos szöveget. Csupán egyetlen - igaz, lényeges - könnyités adható azoknak, akik idegenkednek a formális tárgyalásmódtól. Kivétel nélkül mindegyik <u>számozott</u> formulához "verbális leirást" közlünk. Ennek figyelmes elolvasása pótolhatja a formula tanulmányozását.

2. Jelölés

2.1. Jelölési elvek

Az időre utaló indexeket a változó nevét szimbolizáló "azonosító" alsó indexeként adjuk meg. A többi indexet általában szögletes zárójelben közöljük. Pl. az x azonositóju változó indexeit a következőképpen helyezzük el: x_t [i,j].

A tömbök[x/] azonositói két részből állnak: az alapszimbólumból, valamint az alapszimbólum után, a hatványkitevő magasságában, gömbölyü zárójelben közölt szimbólumokból. Utóbbi helyen közöljük azokat az indexeket, amelyek szerint a tömb rendeződik; emlékeztetés céljából. Tehát pl. $x_t^{(i,j,k)}$ annak a háromméretü tömbnek az azonositója, amelynek általános eleme x_t [i,j,k] .

Egyes esetekben ki kell emelnünk a tömb valamely résztömbjét. /Pl. egy háromméretü tömb valamely kétméretü mátrixát./ Ilyenkor a következő jelölést alkalmazzuk:

Az azonosító második, az indexekre utaló részében gondolatjel kerül annak az indexnek a helyére, amelynek rögzitett értéke mellett vesszük a többi elemet. Igy pl. $x^{(i,-,k)}$ [j] -vel jelöljük az $x^{(i,j,k)}$ háromméretü tömbnek azt a mátrixát, amely valamely rögzitett j mellett, az i és k szerint rendezett elemeket tartalmazza. Hasonlókép-

---

x/ A "tömb" egy vagy több index szerint rendezett számok együttese. Az egyméretü tömb: vektor; a kétméretü tömb: mátrix; lehetségesek azonban többméretü - három, négy stb. index szerint rendezett - tömbök is.

pen $x^{(-,j,k)}$ [i] ugyanazon $x^{(i,j,k)}$ tömbnek egy másik mátrixát jelöli, mégpedig azt, amely a rögzitett i melletti elemeket tartalmazza, j és k szerint rendezve. Ugyanezzel az eljárással kiemelhetjük egy többméretü tömb egyetlen vektorát is. Pl. $x^{(-,-,k)}$ [i,j] a rögzitett i és j indexekhez tartozó elemeket tartalmazza, k szerint rendezve. Világos, hogy $x^{(-,-,-)}$ [i,j,k] helyett elegendő x [i,j,k] -t irni.

A jelölési rendszer kialakitásánál a következő meggondolások vezettek bennünket:

Az általános modellben nagyon sokféle változó szerepel. Nem akarunk tul sok szimbólumot bevezetni; ez viszont arra kényszerit, hogy egy-egy szimbólumhoz sok indexet rendeljünk hozzá. A sok index használatát a következőkkel könnyitjük meg:

— Élesen elválasztjuk az időre /periódusra, ütemre/ utaló indexeket a többitől. Az utóbbiakat szögletes zárójelben közöljük. Ez utóbbi megfelel az ALGOL gépi nyelv irásmódjának. Azok az indexek, amelyek nem a szögletes zárójelben szerepelnek, gépi nyelvre való átirás esetén automatikusan elmaradnának.

— A futó indexekre használt betüket következetesen fenntartjuk meghatározott elemekre való utalásra. Pl. i mindig az erőforrás sorszámára utal, j mindig a termék sorszámára stb. Ha tehát a futó indexként használt betük értelmét megjegyeztük, ugy könnyen áttekintjük a sok indexes változók tartalmát. A sok index éppen a rendszer bonyolultságát tükrözi: egy-egy változó egyszerre sokféle kapcsolatban áll a modell sokféle elemével.

A jelölési rendszerben nem használhattuk fel a szokásos vektor- és mátrix-jelöléseket, mert egyméretü vektorok, kétméretü mátrixok mellett többször szerepelnek 3-4-5 méretü tömbök is. Ha azonban az olvasó megjegyezte a futó indexek jelentését, akkor ennek alapján könnyen

felismerheti a tömbök tartalmát: erre utalnak ugyanis a felül, gömbölyü zárójelben közölt utalók. Pl. egy mátrixot, amely tevékenységenként közli a termék-ráforditásokat, következőképpen jelölünk:

$x^{(j,m)}$, ahol j a termék, m pedig a tevékenység sorszámára utaló index.

2.1. Jelölésjegyzék

Az alábbiakban jelölésjegyzéket közlünk. Ebben csak az azonositókat soroljuk fel, az indexes nagyságok indexeit elhagyva.

A = memóriatartalom

B = a válaszfüggvények száma

b = a válaszfüggvény sorszámára utaló index

C = a közlési függvények száma

c = a közlési függvény sorszámára utaló index

D = véletlen tényezők száma

d = a véletlen tényező sorszámára utaló index

e_j = a j sorszámu termék elosztását szabályozó tranzakciós egység sorszámára utaló index

F = a transzformációs egységek száma

G = az extern tényezők száma

g = az extern tényező sorszámára utaló index

H = müködési változó-tipusok száma

h = a müködési változó-tipus sorszámára utaló index

I = erőforrások száma

i = az erőforrás sorszámára utaló index

J = a termékek száma

j = a termék sorszámára utaló index

K = a gazdasági rendszer egységeinek száma

k = a feladó egység sorszámára utaló index

l = a cimzett egység sorszámára utaló index

M = a reáltevékenységek száma

m = a reáltevékenységek sorszámára utaló index

N = a nem-üres közlés-tipusok száma

n = a közlés-tipus sorszámára utaló index

p = az extern tényező intenzitása

q = erőforrásvolumen

r = közlési változó

S = az ütemek száma

s = az ütem sorszámára utaló index

t = a periódus sorszámára utaló index

u = termékkészlet

v = erőforrás-ráforditás

w = termék-ráforditás

x = termék-kibocsátás

y = tranzakció

z = müködési változó

α = tranzakciós utasitási függvény

β = erőforrás-elosztási függvény

γ = ráforditás-utasitási függvény

δ_i = az i sorszámu erőforrás elosztását szabályozó diszpoziciós egység sorszámára utaló index

ϑ = transzformációs függvény

$\varkappa$ = közlési függvény

ξ = erőforrásfüggvény

ϱ = extern tényezők függvénye

φ = válaszfüggvény

ψ = memóriafüggvény

ω = randomizáló változó

3. A modell elemei

3.1. A hét elem-kategória

A vizsgálat tárgya: a g a z d a s á g . Ennek szféráját az általános tárgyaláshoz nem konkretizáljuk.

Példák. a/ Egy ország gazdasága, b/ Egy ország gazdaságának körülhatárolt része: egy megye, vagy egy iparág. c/ Egy nagyvállalat. d/ Több ország gazdasági közössége. A további tárgyalás példáinál általában az a/ példából indulunk ki.

A modell e l e m e k -ből tevődik össze. Az elemek összesen hét e l e m - k a t e g ó r i á b a sorolhatók. Mindegyik elem-kategória egy-egy halmaz, amely véges számu elemből áll. Egy-egy elem-kategória elemeit önkényesen sorszámozzuk; a modell változóinak indexei ezekre a sorszámokra utalnak.

Meghatározott elem-kategóriába tartozó elem sorszámára mindig ugyanazzal a kisbetüvel jelölt index-szel utalunk. Az elem-kategóriába tartozó elemek számát általában /kivételektől eltekintve/ az állandó index-szimbólumként használt betü nagybetüjével jelöljük.

Az alábbiakban sorbavesszük és megmagyarázzuk a hét elem-kategóriát, s megadjuk jelöléseiket is.

1. E x t e r n t é n y e z ő k . Az extern tényezők befolyást gyakorolnak a gazdaság müködésére, viszont a gazdaság müködése nem gyakorol befolyást az extern tényezőkre.

Nem soroljuk az extern tényezők közé az erőforrásokat.[x/]

Példák. a/ Hőmérséklet. b/ A gazdasági rendszeren /pl. egy adott ország/ kivülálló terület /pl. más országok/ belső gazdasági eseményei.

Jelölés. Az extern tényezők száma: G; a sorszámukra utaló index: g.

2. E r ő f o r r á s o k . Az erőforrások a gazdaság müködéséhez szükséges olyan anyagi eszközök, erők, amelyek mennyisége nem függ a gazdaság müködésétől, hanem kivülről adott a gazdaság számára. Adott időpontban a gazdaság különböző egységei[xx/] osztozkodnak az erőforrás adott mennyisége felett; együttes erőforrás-felhasználásuk nem lehet több az erőforrás rendelkezésre álló mennyiségénél. Ez a megkülönböztető ismérv az extern tényezővel szemben, amelyen a gazdaság különböző egységei, tevékenységei nem osztozkodnak.[xxx/]

---

x/ Az erőforrás definicióját lásd a jelen szakasz 2. pontjában.

xx/ Az egység definicióját lásd a jelen szakasz 4. pontjában.

xxx/ Az erőforrásoknak ezt az ismérvét később formálisan is megadjuk a (22) és (9) formulákban.

Példák. a/ A gazdaság rendelkezésére álló terület. b/ A föld méhében rejlő geológiai kincs.

Jelölés. Az erőforrások száma: I; a sorszámukra utaló index: i.

3. T e r m é k e k . A termékek a gazdaság által előállitott anyagi javak és szolgáltatások. A megkülönböztető ismérv az erőforrással szemben: a terméket a gazdaság maga állitja elő, mig az erőforrást kivülről kapja.

A termékeket megkülönböztetjük egymástól minőségi jellemzőik, elkészülési fokuk, elhasználódási fokuk, valamint területi elhelyezésük szerint.

Példák. a/ Kész, sötétzöld, tüsarku, borjubőrből készült, 36-os női cipő, egy szombathelyi raktárban tárolva. b/ Meghatározott uj vegyicsarnok, 65 %-os készenléti fokon. c/ 12.000 km-t futott Trabant gépkocsi.

Jelölés. A termékek száma: J; a sorszámukra utaló index: j.

A termék fogalmának megértéséhez képzeljük el a következőket:

Olyan modellt állitunk fel, amely nagyon mély bontásban, akár sokmillió változóval reprezentálná a magyar gazdaságot. /Ez nyilván gyakorlatilag megoldhatatlan, itt csupán a fogalom magyarázatához emlitjük./ A modell termékjegyzékének összeállitásakor az Országos Árhivatal Egységes Termék- és Árjegyzékét veszszük alapul. Az ott megadott nomenklaturát azonban <u>tovább bontjuk:</u> ujabb decimális jegye-

ket vezetünk be. Megkülönböztetjük ugyanis egymástól azokat a termékeket, amelyek ugyan azonos ETÁ-számmal rendelkeznek, de eltérnek egymástól elkészülési fok, elhasználódási fok, valamint területi elhelyezés szerint. Ha mondjuk minden terméknél 10-féle elkészülési fokozatot, 10-féle elhasználódási fokozatot és 100-féle területi elhelyezést, régiót veszünk figyelembe, akkor a modellben szereplő termékek száma, J egyenlő az ETÁ-ban szereplő tételek száma, szorozva 10.000-rel.

Később, a reáltevékenység fogalmának bevezetése után térünk vissza annak megvilágitására, miért célszerü a termék fogalmának fenti értelmezése.

4. E g y s é g e k . Az egységek /egyetlen, később tárgyalásra kerülő speciális kivételtől eltekintve/ a gazdaság olyan társadalmi szervezetei, sejtjei, amelyeket nem bontunk tovább még elemibb sejtekre. Az egységnek válaszfüggvénye van; valamely inputra a válaszfüggvény szerinti outputtal válaszol.x/

Példák. a/ Vállalati igazgatóság. b/ Országos Tervhivatal Távlati Főosztálya. c/ X.Y. családi háztartása.

Az egységek halmazán belül öt részhalmazt, öt e g y s é g - f a j t á t különböztetünk meg.

---

x/ A válaszfüggvény, az input és az output definicióját lásd a 6. fejezetben.

4.1. T r a n s z f o r m á c i ó s e g y s é g e k . Ezekben és csak ezekben mennek végbe a reáltevékenységek.[x/] Minden erőforrást a transzformációs egységek használnak fel; minden termék a transzformációs egységeknél tárolódik.

Példák. a/ Egy termelő műhely. b/ Egy raktár. c/ Egy család, mint fogyasztói közösség.

4.2. G a z d á l k o d á s i e g y s é g e k . Ezekben nem zajlik le reáltevékenység, csupán közléseket adnak és kapnak.[xx/] Minden transzformációs egységhez tartozik egy gazdálkodási egység és viszont, minden gazdálkodási egységhez egy transzformációs egység.

Példák. a/ Egy vállalat vezetése. b/ A családfő, vagy a "családi tanács", amely a kiadásokról határoz.

A transzformációs és a gazdálkodási egység szétválasztása - absztrakció. Célja az, hogy külön irjuk le a termeléssel, szállitással, raktározással, fogyasztással stb. kapcsolatos fizikai folyamatokat, amely a transzformációs egységen belül zajlanak le, s külön az ezeket szabályozó informativ és döntési, tervezési folyamatokat, amelyek a gazdálkodási egységen belül zajlanak le. Természetesen modellünk szoros kapcsolatot teremt e kétféle - a valóságban el nem váló - egység között.

---

x/ A reáltevékenység definicióját lásd a jelen szakasz 5. pontjában.

xx/ A közlésekről lásd a jelen szakasz 6. pontját.

A gazdaságban müködő adminisztrativ jellegü egységek /Tervhivatal, Árhivatal, Pénzügyminisztérium, Nemzeti Bank stb./ munkájának lényegét az őket reprezentáló gazdálkodási egységeknek kell leirniok a modellben. De ezekhez az egységekhez is rendelhető transzformációs egység, az adminisztrativ intézmény anyagi ráforditásainak reprezentálására. Igy modellünkben kifejezésre juthat: a különböző mechanizmusok, különböző információs és tervezési szisztémák nemcsak az információ-áramlás módjában, az alkalmazkodás gyorsaságában, a gazdaság kiegyensulyozásában stb. különböznek egymástól, hanem abban is, hogy maga az adminisztráció, az információ-mozgatás mennyibe kerül.

4.3. D i s z p o z i c i ó s e g y s é g e k . Ezek osztják el a transzformációs egységek között az erőforrásokat.

Példák. a/ Tanács, amely a földterület felett rendelkezik. b/ A munkaerő-"piac".

A diszpoziciós egység reprezentálhat egy tényleges intézményt, amely eloszt egy erőforrást. De reprezentálhat egy "inperszonális egységet", egy társadalmi processzust, amelynek hatására az erőforrás "elosztódik". Az utóbbi a tipikusabb.

4.4. T r a n z a k c i ó s e g y s é g e k . Ezek irányitják át a terméket egyik transzformációs egységből a másikba.

Példák. a/ Anyaghivatal. b/ Gabonatőzsde. c/ A szerszámgépek "piaca".

A diszpoziciós egységhez hasonlóan a tranzakciós egység is reprezentálhat egy valóságos intézményt, vagy egy "inperszonális egységet", egy társadalmi processzust, amely a termékek elosztását biztositja.

4.5. K ü l v i l á g . Speciális egység, amely a gazdaságon kivüli világot reprezentálja. A külvilágnak outputja van a gazdaság számára, de nincs inputja a gazdasági rendszerből.

A külvilág értelmezése mindig abból következik, hogyan értelmezzük a modellben reprezentált "gazdaságot". Ha pl. a gazdaság egy ország, akkor a külvilág magában foglalja mind a külföldi országok összességét, mind a természetet. Ha azonban modellünkben le akarjuk irni nemcsak azt, hogyan függ a mi országunk müködése a külföldtől /pl. a világpiaci árak révén/, hanem azt is, hogyan függ a külföld tőlünk /pl. mi a mi vételünk és eladásunk hatása a világpiaci árra/, akkor a külföldet nem "külvilágként", hanem a gazdaság egy vagy több egységeként kell modelleznünk.

"Külvilágként", a definiciónak megfelelően, mindig kizárólag a világnak azt a részét irhatjuk le, amelyről feltesszük, hogy nem függ a modellben szereplő "gazdaságtól". Természetesen a "gazdaságnak" és a "külvilágnak" ez a merev szétválasztása - absztrakció. Valami hatása a "gazdaságnak" a "külvilágra" mindig van /még az időjárásra is gyakorolhatunk hatást/; de ezt a hatást elhanyagoljuk.

A továbbiakban r e n d s z e r nek nevezzük a gazdaság és a külvilág együttesét.

A modellben az egységek kétféle rendeltetéssel szerepelnek, mint f e l a d ó vagy mint c i m z e t t . A feladó outputot ad ki, a cimzett inputot kap.

Jelölés. A transzformációs egységek száma F; a gazdálkodási egységek száma ugyancsak F; a diszpoziciós egységek száma I; a tranzakciós egységek száma J; a gazdasághoz tartozó egységek száma $K = 2F + I + J$. Az egységek sorbaszámozása következőképpen történik:

1,...,F sorszámu egységek: a transzformációs egységek.

F+1,...,2F sorszámu egységek: a gazdálkodási egységek.

2F+1,...,2F+1 sorszámu egységek: a diszpoziciós egységek.

2F+I+1,...,K sorszámu egységek: a tranzakciós egységek.

K+1 sorszámu egység: a külvilág.

A rendszer összes egységeinek száma: K + 1.

A feladó egység sorszámára utaló index: k; a cimzett egység sorszámára utaló index: l .

Valamely intézmény a modellben reprezentálható több egységben. Pl. a különböző gabonafajtákat külön-külön termékként kezeljük. Ez esetben egy piaci gazdaság gabonatőzsdéje, vagy egy hadigazdaság "Gabonahivatala" reprezentálható a modellben gabonafajtánként egy-egy külön tranzakciós egységgel.

5. R e á l t e v é k e n y s é g e k . A reáltevékenységek olyan folyamatok, amelyek meghatározott termékeket és erőforrásokat használnak fel, s meghatározott termékeket bocsátanak ki. Minden egyes reáltevékenységnek legalább egyetlen terméket vagy erőforrást fel kell használnia; nem szükséges ismérve azonban, hogy terméket bocsásson ki. A reáltevékenységek materiális folyamatokat fejeznek ki, amelyek a természettudományok /müszaki tudományok, biológia stb./ fogalmaival leirhatók.

Minden reáltevékenység egyértelmüen hozzá van rendelve valamely transzformációs egységhez. Egy transzformációs egységhez hozzárendelhető több reáltevékenység is.

Példák. a/ Meghatározott termék előállitása meghatározott technológiával, az 1. sorszámu transzformációs egységben. b/ Konkréten meghatározott beruházási akció a 17. sorszámu transzformációs egységben. c/ Meghatározott termék raktározása a 48. sorszámu transzformációs egységben. d/ Egy termék szállitása meghatározott helyről meghatározott helyre a 77. sorszámu transzformációs egységben. e/ Meghatározott termék vagy szolgáltatás nem-termelő fogyasztása a 114. sorszámu transzformációs egységben.

A "reáltevékenység" kifejezést hasonló értelemben használjuk, mint ahogy a matematikai programozásban a "tevékenység", "activity" kifejezést. A "reál"-előtag hivatott kiemelni, hogy itt <u>fizikai</u> folyamatokra gondolunk /termelésre, fogyasztásra, szállitásra stb./, nem pedig adminisztrációs vagy információs emberi tevékenységre /pl. tervezésre, utasitások kiadására, döntésre, jelentésre, elszámolásra stb./.

Az "erőforrás", a "termék" és a "reáltevékenység" alapfogalmak. Minden, közgazdasági szempontból számbajövő emberi fizikai tevékenység ezek segitségével leirható. Az általános modellen belül nincsen szükség további osztályozásra; ez magában foglalja a termelést és fogyasztást, az üzemeltetést és a beruházást, a telepitett termelést és a szállitást, az előállitást és a raktározást stb.

Ezeknek az alapfogalmaknak a segitségével definiálhatjuk később a "transzformáció" fogalmát.

Éppen a reáltevékenység fogalmának ez az általánossága teszi szükségessé a termékjegyzék "mély bontását"; ezért tekintjük egymástól eltérő, más sorszámu terméknek azokat a termékeket, amelyek csupán készenléti vagy elhasználódási fokuk, ill. területi elhelyezésük szerint különböznek.

A termék és a reáltevékenység fogalmát illusztráló példák mindig "mély bontást" tételeznek fel, annak érdekében, hogy a fogalmat jobban szemléltethessük. Természetesen egy konkrét szimulációs modellnél elkerülhetetlen lenne az aggregáció.

Jelölés. Az f sorszámu transzformációs egységhez rendelt reáltevékenységek száma: $M[f]$ $(f = 1,\dots,F)$. A reáltevékenység sorszámára utaló index: m. A gazdasági rendszer összes reáltevékenységeinek száma:

$$M = \sum_{f=1}^{F} M[f] .$$

6. K ö z l é s - t i p u s o k . A rendszerben áramló közlések különböző ismérvek szerint osztályozhatók. A legmélyebb tagolás szerinti osztályozás tovább nem bontható elemei: a közlés-tipusok. Valamely közlés-tipus definiálásához meg kell adnunk, hogy pontosan mely modell-elemekkel kapcsolatos; a megjelölt elemeknek milyen állapotát, tulajdonságát, akcióját, ill. milyen velük kapcsolatos folyamatot, eseményt ir le; egyszóval milyen jellegü információt ad meg. Viszont nem tartozik a közlés-tipusokat egymástól megkülönböztető ismérvek közé, hogy 1. melyik egység a feladó és melyik egység a cimzett, 2. mikor bocsátották ki a közlést és 3. mi a közlés aktuális tartalma, azaz a közlési változó értéke.x/

Speciális közlés tipus: az ü r e s k ö z l é s . Tartalma: "nincs mondanivaló".

Példák. a/ A 127. sorszámu termék bruttó termelői ára. b/ A 49. sorszámu erőforrásra bejelentett vállalati igénylés.

A közlés-tipus fogalmát illusztrálja a következő gondolatmenet:

Szerkeszthetünk egy ürlapot, amelybe beirható minden közlés, amely adott időpontban a gazdasági rendszer egységei között áramlik. Az ürlapot előrenyomtatott rovatokra osztjuk; minden rovathoz egy kitöltési utasitás, értelmezés is tartozik. Az ürlap kitöltése ugy történik, hogy egy-egy rovathoz beirunk - a kitöltési utasitásnak megfelelően - vagy egy számot, vagy egy más jelet /pl. több szó közül egyet aláhuzunk/. A közlés-tipusok ennek az ürlapnak a rovatai. /A rovatok, nem pedig a

---

x/ A közlési változó definicióját lásd az 5.4. szakaszban.

rovatba beirandó számok, vagy jelek; utóbbiakat közlési változóknak fogjuk nevezni./

Jelölés. A nem üres közlés-tipusok száma: N. Az üres közlés kapja a 0 sorszámot, a többi közlés az 1,2,...,N sorszámot. A közlés-tipus sorszámára utaló index: n.

7. V é l e t l e n t é n y e z ő k . A gazdasági folyamatokra számottevő mértékben hat a véletlen. A gazdasági, valamint az ezzel összefüggő információs folyamatokat leiró változók ennek megfelelően általában valószinüségi változók. Ezt az adottságot modellünkben ugy kezeljük, hogy külön megadunk véletlen tényezőket, leirjuk azok valószinüségi eloszlását, majd leirjuk, hogy a modell müködési változói hogyan függnek a véletlen tényezőktől.

Példák. a/ Az ország lakosságának nagyságát befolyásoló véletlen tényező. b/ Valamely üzem tervteljesitését befolyásoló véletlen tényező.

Jelölés. A véletlen tényezők száma: D; a sorszámukra utaló index: d.

3.2. A szervezet

Nevezzük a modell összes elemeinek halmazát a rendszer s z e r v e z e t ének.

A rendszer "szervezetén" eszerint hétféle "jegyzéket" értünk: az extern tényezők, az erőforrások, a termékek, az egységek, a reáltevékenységek, a közlés-tipusok és a véletlen tényezők felsorolását. A gazdaság leirásának, modellezésének első lépése: a jegyzékek összeállitása, azaz a rendszer szervezetének meghatározása.

Mint látni fogjuk, a rendszer müködését leiró változók kivétel nélkül erre a hétféle elemre vonatkoznak majd.

A modell elemeinek ismertetése után külön is lerögzitjük az alkalmazott feltevést.

1. feltevés. Az egyes elem-kategóriákhoz tartozó elemek száma véges és az időben állandó. /A szervezet állandósága./

A modell elemeinek felsorolásakor nemcsak a létező, hanem a potenciális elemeket is fel kell sorolni. A rendszer átalakulását az időben nem uj elemek belépése irja le, hanem a mindvégig azonos elemek állapotát és operációit leiró változók aktuális értékének változásai.

Az 1. feltevés, különösen az ahhoz füzött fenti megjegyzést is figyelembevéve, erős; főképpen bizonyos elemkategóriákra vonatkozóan. Igy pl. - a potenciális elemeket is figyelembevéve - a reáltevékenységek száma valójában végtelen.

Az elem-kategóriákkal kapcsolatban definiáljuk a k o m p l e t t modell fogalmát. A modell komplett, ha eleget tesz a következő feltételeknek: a/ $G, I, J, D \geqq 1$; b/ $F \geqq 2$.

a/-ból és b/-ből következően a komplett modellben $K \geqq 6$.

Valamely konkrét modell lehet n e m - k o m p l e t t, amennyiben nem felel meg a fenti feltételeknek.

A modellt eszerint akkor nevezzük komplettnek, ha szerepel benne legalább egy extern tényező, egy erőforrás, egy termék és egy véletlen tényező, valamint legalább két transzformációs egység. Ez maga után vonja, hogy a modellben szerepelnie kell diszpoziciós és tranzakciós egységnek, gazdálkodási egységeknek, valamint külvilágnak is.

E definició azért szükséges, mert később az ilyen komplett, azaz az összes tipikus elemet magában foglaló rendszerek müködési processzusát irjuk majd le; erre vonatkozólag adunk további definiciókat.

Természetesen bizonyos kutatásoknál dolgozhatunk nem-komplett modellel is. Pl. $D = 0$ esetén nem-sztochasztikus rendszerhez jutunk; $G = I = 0$ esetén zárt /külvilág nélküli/ modellhez és igy tovább.

4. Periódus és ütem

4.1. Periódus

Az idő egész értékü változó: meghatározott konstans időintervallumot reprezentáló p e r i ó d u s o k sorszáma. A periódus meghatározó ismérve: egy periódus alatt egy transzformáció megy végbe.[x/]

Az általános modellben nem specifikáljuk a periódus által reprezentált fizikai, naptári idő tartamát.

Példák. a/ A periódus egy nap. b/ A periódus egy év.

Jelölés. Az időt t -vel jelöljük; a változók azonositója után első alsó indexként szerepeltetjük.

4.2. Ütem

A periódust véges számu ü t e m r e bontjuk.

Jelölés. Egy perióduson belül az ütemek száma: S. Az ütem sorszámára az s alsó index-szel utalunk. Az ütem sorszámát megadó index a periódus sorszámát megadó index után szerepel: t, s.

Az ütembeosztás leirásához előlegeznünk kell néhány fogalmat, amelynek definiciójára csak a tárgyalás későbbi részében kerül sor.

---

x/ A transzformáció definicióját lásd a 7.2. szakaszban, a (8) formula után.

A rendszer k sorszámu egységének müködését B [k] számu függvény irja le. Ezeket v á l a s z f ü g g v é n y e knek nevezzük. Jelölésük: $\varphi[k,1]$,..., $\varphi[k,b]$,..., $\varphi\left[k,B[k]\right]$. A rendszer összes válaszfüggvényeinek száma: $B = \sum_{k=1}^{K+1} B[k]$.

A válaszfüggvény alakja - első megközelitésben[x/] - a következő:

(1) output $[k,b] = \varphi[k,b] \left(\text{input } [k,b] \text{ ,...}\right)$

Verbális leirás. A válaszfüggvény fogalmának népszerü értelmezését már megadtuk az I. rész 3.4.-3.7. szakaszaiban.

A válaszfüggvénynek több független változója van. Ezek közül itt csak egyet nevezünk meg, az "input" tömbváltozót. Az "input" azonositóval jelölt független változón kivül egyéb független változók is lehetségesek; ezekre utal a három pont. A függő változó, az "output" ugyancsak tömb-változó.

A <u>lehetséges</u> válaszfüggvények szélesebb osztályán belül külön kitüntetett alosztályt alkotnak a <u>szükséges</u> válaszfüggvények.[xx/] A rendszer összes szükséges válaszfüggvényeinek

---

x/ A válaszfüggvényekkel a 6. fejezet foglalkozik részletesebben. Itt, első megközelitésben, csak annyit mondunk el róla, amennyi az idő kezelésének tisztázásához szükséges.

xx/ A lehetséges és szükséges válaszfüggvény fogalmának definicióját a 7.3. szakasz közli.

számát jelöljük B'-vel. A periódus- és ütembeosztás szempontjából lényeges ismérvük: minden szükséges válaszfüggvény minden periódusban egyszer kiszámitásra kerül. A lehetséges, de nem szükséges válaszfüggvények száma: $B - B' \geq 0$. Ezektől - a szükségesektől eltérően - nem követeljük meg, hogy minden periódusban egyszer kiszámitásra kerüljenek. Kiszámitásra kerülhetnek akár periódusonként többször, akár többperiódusonként, azaz egyes periódusokban egyszer sem.

A rendszer müködése a 0 sorszámu periódussal kezdődik. A 0 sorszámu periódusban megjelenő inputokat - a k e z d ő i n p u t okat - a modell paramétereiként megadjuk. A további, 1,2,... sorszámu periódusokban kiszámitásra kerülő minden egyes válaszfüggvény inputja már más - előzőleg kiszámitott - válaszfüggvények outputjaiból származik. Szükség van tehát a válaszfüggvények alkalmas sorrendjének kialakitására, hogy biztosithassuk: <u>előbb</u> kerüljön kiszámitásra a φ' válaszfüggvény, mint a φ'' válaszfüggvény, amenynyiben φ' outputja szolgáltatja φ'' inputját.

Ennek érdekében a minden periódusban egyszer kiszámitásra kerülő szükséges válaszfüggvényeket kivétel nélkül be kell sorolnunk valamely ütembe.

A félreértések elkerülése végett egy előzetes megjegyzést teszünk:

A periódus idő-értelmezésétől eltérően az ütemet nem kell valamilyen naptári időszak reprezentánsának tekintenünk. Az ütem csupán a szükséges válaszfüggvények kiszámitásához

szükséges logikus sorrend kialakitását és leirását biztositó absztrakció.

Az alábbi "ütemeltéritési elv" kizárólag azt a praktikus követelményt szolgálja, hogy számológépi szimuláció alkalmával előbb kerüljön sor valamely "A" output kiszámitására, mint a "B" output kiszámitására, ha az utóbbihoz már szükség van "A"-ra, mint inputra.

Ütemeltéritési elv. Az s'' ütembe sorolt φ'' szükséges válaszfüggvény a t'' periódus s'' ütemében bocsátja ki outputját. A φ'' szükséges válaszfüggvény inputjában kizárólag olyan változó szerepelhet, amelyet valamely s' ütembe sorolt φ' szükséges válaszfüggvény a t' periódus s' ütemében bocsátott ki outputként, ahol vagy $t' = t'' - 1$, $s' > s''$, vagy $t' = t''$, $s' < s''$ $(t' \geq 0;\ t'' \geq 1;\ 1 \leq s',\ s'' \leq S)$.

Amennyiben az ütemeltéritési elv alapján teljes rendezés adódik, ugy $S = B'$, azaz minden ütembe csak egyetlen szükséges válaszfüggvényt sorolunk. A fenti elv azonban rendszerint csak parciális rendezést biztosit. A következő két /egymást nem kizáró/ eset lehetséges:

a/ Egy-egy ütembe nem egy, hanem több szükséges válaszfüggvény kerül a fenti rendezési elv alapján, azaz $S < B'$. Ez esetben az azonos ütembe sorolt szükséges válaszfüggvények sorrendje tetszőleges lehet.

b/ Az ütemeltéritési elv alapján nem adódik egyértelmüen, hogy valamely φ válaszfüggvényt melyik ütembe kell sorolni. Az elv alapján csak az adódott, hogy nem előbb az s sorszámu ütemnél és nem később az s+L sorszámu ütemnél. Ilyenkor kizárólag az a követelmény, hogy - tetszőleges szempont figyelembevételével - valamelyikbe az s, s+1,...,s+L sorszámu ütemek közül egyértelmüen besoroljuk.

Az elmondottak alapján megfogalmazhatjuk a következő definiciót:

A szükséges válaszfüggvények ütembeosztását r e g u - l á r i s nak mondjuk, ha eleget tesz két feltételnek:
A/ kivétel nélkül minden szükséges válaszfüggvényt egyértelmüen besoroltunk valamely ütembe és B/ a besorolás megfelel az ütemeltéritési elvnek.x/

Példa. A periódus egy hónap. A periódust hét ütemre bontjuk. Ebből az első két ütem együttesen igénybeveszi az egész hónapot; ekkor zajlik le a termelés, a fogyasztás stb. - minden reáltevékenység. A 3.-7. ütemek a periódus lezárásának "utolsó pillanatában" mennek végbe. A 3.-7. ütemek nem fejeznek ki igazi időt, a szó naptári értelmében. Csupán azt jelzik, hogy meghatározott válaszfüggvényeket az 1-2. ütembeli válaszfüggvények után - de a következő periódusbeli válaszfüggvények előtt - kell kiszámitani.

Mindaz, amit a szükséges válaszfüggvények ütembeosztásáról elmondottunk, az alábbi feltevésen alapul:

---

x/ Ezzel kapcsolatban egyetlen kivételt teszünk majd; ezt a 6. fejezet végén, a c/ pontban részletezzük.

2. feltevés. A periódusok sorozatában mindig ugyanazon B' darab szükséges válaszfüggvény kiszámitására kerül sor, periódusonként egyszer, azonos ütembeosztás szerint. /Ciklikusság, a ciklus állandósága./

A lehetséges, de nem szükséges válaszfüggvények ütembeosztására az általános modellben nem teszünk kikötéseket. Amennyiben ezek kiszámitása ismétlődő jellegü, ciklikus, ugy ezekre vonatkozóan is értelemszerüen biztositani kell a szükséges válaszfüggvények reguláris ütembeosztásával analóg követelmények teljesitését.

A 2. feltevés értelme világosabbá válik majd a későbbiekben, a 6. fejezetben leirt "vegetativ müködési processzus" megismerése után. Itt most csak a következő kommentárt füzzük a feltevéshez:

A gazdaság meghatározott "alapmüködései" - pl. termelés, szállitás, fogyasztás, raktározás, termékek cseréje, vétel, eladás, erőforrások elosztása stb. - folytonosak. Velük együtt folytonos a közvetlen tükrözésükre szolgáló közlések áramlása is /kalkulációk, elszámolások, pénzmozgás, operativ programkészités stb./. Mindezek a folyamatok tulajdonképpen szimultán, egymás "mellett" mennek végbe. Mi azonban a szimulációs modellben ugy irjuk le őket, mintha meghatározott sorrendben, egymás után zajlanának le. Vagy pontosabban: előbb kerülnek kiszámitásra egyes válaszfüggvények, majd e számitások eredményét már felhasználva további válaszfüggvények, majd ezek eredményét felhasználva ismét ujabb válaszfüggvények és igy tovább. A folyamatosság végeredményben abban jut kifejezésre, hogy e számitássorozatot ujra és ujra elvégezzük, a számitás ciklusa ujra és ujra megismétlődik, mindig ugyanabban a sorrendben.

A gazdaság müködésének azonban van olyan oldala is, amely nem ilyen folyamatos. Hogy csak egy jellegzetes példát emlitsünk: éves terv kidolgozására ugyan minden évben sor kerül, de kidolgozásának megvan a maga önálló hosszabb ciklusa. Ha mondjuk a modell periódusának egy hónapot tekintünk, akkor ebbe a periódusba "nem fér bele" az éves tervezés jellegzetes saját ciklusának leirása. Ha modellünk specifikálásakor le akarjuk irni ezt a másik ciklust is, akkor további időbeli rendezéseket kell biztositani a modellben szereplő összes válaszfüggvények között.

5. A modell változói

5.1. A változók idő-indexei

A modell minden változója mellett feltüntetjük mind a periódus, mind az ütem sorszámára utaló indexet.

A modell minden egyes változójának aktuális értékét legalább periódusról-periódusra kiszámitjuk. Ennek megfelelően a periódus sorszámára utaló első index futó-index, amely 0-tól a végtelenig, illetve a szimuláció leállitásának periódus-sorszámáig fut.

Vannak olyan változók, amelyek aktuális értékét periódusonként csak egyszer számitjuk ki. Ezeknél a változóknál az ütem sorszámára utaló index rögzitve van; annak megfelelően, hogy melyik ütemben került sor a változó kiszámitására. A modell általános tárgyalásában nem irjuk le, hogy ez melyik ütem. Az ütem-index rögzitettségére azzal utalunk, hogy az s index fölé felülvonást teszünk: $\bar{s}$.

Más változóknál periódusonként többször kerül sor aktuális értékük kiszámitására /bár nem okvetlenül ütemről-ütemre/. Ezeknél a változóknál az ütem sorszámára utaló s index futóindex-ként szerepel. A modell általános tárgyalásában nem irjuk le, hogy e változóknál s milyen értékeket vehet fel.

A változók három fő osztályát különböztetjük meg: működési változók, memóriatartalom-változók és randomizáló változók.

5.2. A müködési változó fogalma

A müködési változó fogalma gyüjtőfogalom. A modell azon változóit soroljuk ide, amelyek az extern tényezők, az erőforrások, a termékek, az egységek, a reáltevékenységek és a közlés-tipusok állapotait és operációit irják le.

A müködési változó azonositója után szögletes zárójelben utalunk a modellnek azokra az elemeire, amelyek állapotát, vagy operációit a müködési változó leirja. A szögletes zárójelben szereplő indexek sorrendje a következő:

Az első index mindenkor a feladó egység sorszámára utal.

A második index mindig a cimzett egység sorszámára utal. Egyes müködési változók valójában nem lépnek ki a feladó egységből; ezeket belső müködési változóknak nevezzük. Ilyenkor a cimzett egység sorszámaként a feladó egység saját sorszámát adjuk meg.

Ez a jelölésmód lehetővé teszi, hogy kivétel nélkül minden müködési változót ugy kezeljünk, mint valamely feladó egység outputját és valamely cimzett egység inputját.x/

A müködési változókról feltételezzük: a változó azonositója után jelzett ütemben generálta a feladó

---

x/ Az output és az input fogalmát már érintettük a 3. fejezetben; végleges definiciójukat a 6. fejezetben adjuk meg.

egység; az ütem "végén" hagyta el a feladó egységet és még ugyanannak az ütemnek a végén meg is érkezett a cimzett egységhez. A feladótól a cimzetthez való átmenet nem igényel időt. Ez összhangban van az ütemnek a 3. fejezetben adott értelmezésével: az ütemnek nem is kell okvetlenül fizikai értelemben vett időtartamot reprezentálnia.

A müködési változókat két fő osztályba soroljuk: a f i z i k a i változók és a k ö z l é s i változók osztályába. A fizikai változók "megfogható", reális fizikai, müszaki, biológiai folyamatokat, ill. tárgyak mennyiségeit reprezentálják. Ezzel szemben a közlési változók nem reprezentálnak közvetlenül fizikai, müszaki, biológiai folyamatokat, tárgyak mennyiségét, hanem csupán ezek indirekt tükröződéseit, az ezekre vonatkozó információk áramlását irják le.

Példák. a/ Valamely termék felhasználását egy termelő reáltevékenység által fizikai változó, ennek a felhasználásnak pénzben kifejezett és az üzemi utókalkuláció által kimutatott költségeit közlési változó irja le. b/ Valamely termék tényleges átadását az 1. üzemből a 2. üzembe fizikai változó, az ezzel kapcsolatos számlát közlési változó irja le.

Egyes változóknál előjel-megszoritásokat teszünk. Ezt a felsorolásban közöljük. Azoknál a változóknál, amelyeknél erre nem térünk ki külön, az általános modellben nincsen megszoritás az előjelre vonatkozóan.

Nem teszünk kikötést a müködési változók folytonosságára vonatkozóan.

5.3. Fizikai változók.

Először a fizikai változókat soroljuk fel.

$p_{t,\bar{s}}[K+1, l, g]$ = az extern tényező intenzitása. A külvilág outputja és az l sorszámu transzformációs egység inputja. ($l = 1,\ldots,K$; $g = 1,\ldots,G$).

$q_{t,\bar{s}}[k, l, i]$ = erőforrásvolumen. Elsődlegesen a külvilág ($k = K + 1$) outputja és az l sorszámu diszpoziciós egység inputja. ($k = K+1$; $l = 2F+1,\ldots,2F+I$; $i = 1,\ldots,I$). Másodlagosan a k sorszámu diszpoziciós egység outputja és az l sorszámu transzformációs egységek inputja.
($k = 2F+1,\ldots, 2F+I$; $l = 1,\ldots,F$; $i = 1,\ldots,I$). Nem-negativ változó.

$u_{t,s}$ [k,k,j] = t e r m é k k é s z l e t . A k sorszámu transzformációs egység belső változója. (k = 1,...,F; j = 1,...,J). Nem-negativ változó.

$v_{t,\bar{s}}$ [k,k,m,i] = e r ő f o r r á s - r á f o r d i t á s . A k sorszámu transzformációs egység belső változója: az m sorszámu reáltevékenység felhasználása az i sorszámu erőforrásból. (k = 1,...,F; m = 1,...,M [k]; i = 1,...,I) Nem-negativ változó.

$w_{t,\bar{s}}$ [k,k,m,j] = t e r m é k - r á f o r d i t á s . A k sorszámu transzformációs egység belső változója; az m sorszámu reáltevékenység felhasználása a j sorszámu termékből. (k = 1,...,F; m = 1,...,M [k]; j = 1,...,J.) Nem-negativ változó.

$x_{t,\bar{s}}$ [k,k,m,j] = t e r m é k - k i b o c s á t á s . A k sorszámu transzformációs egység belső változója; az m sorszámu reáltevékenység kibocsátása a j sorszámu termékből. (k = 1,...,F; m = 1,...,M[k]; j = 1,...,J).Nem-negativ változó.

A v, w és x változók a ráforditások, ill. kibocsátások abszolut volumenét adják meg, nem pedig a reáltevékenység egységére eső ráforditást és kibocsátást.

Az általános modellben nem vezetünk be külön változót a reáltevékenység terjedelmének reprezentálására. Amennyiben a rendszer leirásához ez praktikusan szükséges lenne, ugy a reáltevékenység terjedelme gyakorlatilag valamely jellemző ráforditás, vagy kibocsátás volumenével mérhető.

$y_{t,\bar{s}}[k, l, j]$ = t r a n z a k c i ó . A j sorszámu termékből áthelyezett mennyiség, amelyet a k sorszámu egység ad át az l sorszámu egységnek $(k, l = 1,\dots,F;$ $j = 1,\dots,J)$. Nem-negativ változó. Tranzakció az egységen belül nem hajtható végre:

$y_{t,\bar{s}}[k, l, j] = 0$, ha $k = l$.

A tranzakció "jogi" ügylet; termék átadása egyik transzformációs egység "birtokából" a másik "birtokába". Nem tévesztendő össze a szállitással, amely reáltevékenység.

5.4. Közlési változók

Rátérünk a közlési változók tárgyalására. Először megadjuk az általános jelölést.

$r_{t,s}[k, l, n]$ = k ö z l é s . A k sorszámu egységből az l sorszámu egységbe menő n-tipusu közlés. ($k = 0,1,\ldots,K+1$; $l = 0,1,\ldots,K$; $n = 0,1,\ldots,N$). Az egység küldhet önmagának is közlési változót; mint látni fogjuk: a memóriában való tárolásra. Ez esetben $k = l$.

Példák. a/ A 2024. sorszámu közlés-tipus: a 117. termék bruttó termelői ára. A feladó az Árhivatal, a 17. sorszámu egység; a cimzett a Csavargyár, az 1417. számu egység. A közlési változó folytonos, nem-negativ; mértéke: Forint. Értéke a 17. periódus 4. ütemében legyen mondjuk a következő:

$$r_{17,4}[17,1417,2024] = 107.$$

b/ A 147. sorszámu közlés-tipus: "tervjavaslat benyujtását előiró utasitás". Feladó: a Könnyüipari Minisztérium, a 24. sorszámu egység: a cimzett a Textilfestőgyár, az 1525. sorszámu egység. A közlési változó Boole-tipusu: "nem kérek javaslatot" = 0; "kérek javaslatot" = 1. Értéke a 28. periódus 3. ütemében:

$$r_{28,3}[24,1525,147] = 1,$$

azaz a Minisztérium tervjavaslatot kér.

A fenti két példából is kitünik, hogy a közlési változó lehet egy konvencionális gazdasági mértékegységgel mért mennyiség /mint az a/ példában/, de lehet egyszerüen egy "kódjel" is (mint a b/ példában), amely valamely alternativ állapot, akció sorszámára utal.

Az utóbbi esetben a változó definiálásakor egyértelmü megfeleltetést kell teremteni egyrészt a kódjelek (példánkban: 0 és 1), másrészt a számbajövő alternativ állapotok, akciók, "minőségek" stb. között (példánkban: "nem kérek", ill. "kérek tervjavaslatot").

A közlési változók egy speciális osztályát r e f - l e x i ó s változóknak nevezzük. A reflexiós változókat az különbözteti meg a többi közlési változótól, hogy értékük pontosan megegyezik azoknak a fizikai változóknak az értékével, amelyet tükröznek. Megkülönböztethetünk e l ő z e - t e s, e g y i d e j ü és u t ó l a g o s reflexiókat, attól függően, hogy a reflexiós változó előbb jelenik-e meg, mint az általa tükrözött fizikai változó, vagy egyidőben vele, vagy pedig később.

Példák. a/ A diszpoziciós egység "kiutal" meghatározott erőforrásvolument egy transzformációs egységnek /ez a fizikai változó/, s ezzel egyidőben értesiti erről a transzformációs egység gazdálkodási egységét /ez az egyidejü reflexiós változó/. b/ A transzformációs egységnél meghatározott ütemben bizonyos nagyságu termékkészlet van /ez a fizikai változó/ - ezt jelenti a gazdálkodási egységnek /egyidejü reflexiós változó/.

Jelölés. A közlési változók általános jelölésmódjától eltérően itt harmadik indexként nem a közlés-tipus sorszámát adjuk meg, hanem gömbölyü zárójelben közöljük annak a fizikai változónak a szimbólumát, idő-index-szekkel együtt, amelyet a reflexiós változó tükröz. Ez azonban kizárólag a könnyebb áttekintés céljait szolgálja; ettől függetlenül a reflexió-tipusokat is be kell sorolni a közlés-tipusok 0-tól N-ig menő sorszámozásába. A jelölést egy példán mutatjuk be: az erőforrás-eloszlást tükröző reflexión.

$q_{t,\bar{s}}\,[k, l, i]$ = a k sorszámu diszpoziciós egység által az l sorszámu transzformációs egységnek adott i sorszámu erőforrás volumene ($2F+1 \leqq k \leqq 2F+I$; $1 \leqq l \leqq F$; $1 \leqq i \leqq I$).

$r_{t,\bar{s}}\left[k, l+F, \left(q_{t,\bar{s}}\,[k, l, i]\right)\right]$ = a k sorszámu diszpoziciós egység által az l sorszámu egységhez tartozó $l+F$ sorszámu gazdálkodási egységnek adott értesités a transzformációs egységnek adott i sorszámu erőforrásvolumenről.

E jelölésmód látszólag kényelmetlen, mert még több indexet szerepeltet az r azonositó mögött. Ennek ellenére célszerü, mert világossá, egyértelmüvé teszi: mi az a fizikai változó, amelyet reflexiós változó tükröz.

Amennyiben a reflexiós változó tömb, ugy a tömb rendező indexeire vonatkozó utalást nem tesszük ki az r azonositó után, hanem az leolvasható a harmadik index-ként, gömbölyü zárójelben közölt fizikai tömb-változó utalóiból.

5.5. A müködési változó általános jelölése

Célszerü bevezetnünk a müködési változók általános jelölését. Ez valamennyi p,q,u,v,w,x,y,r azonositóju változó közös jelölése. Ehhez önkényesen sorbaszámozzuk valamennyi müködési változó-tipust. A müködési változó-tipus fogalmát következőképpen értelmezzük:

Az első N sorszámot kapják a közlés-tipusok. A következő N+1,...,H sorszámot kapják a fizikai változótipusok. Utóbbiaknál külön sorszámot kapnak azok, amelyek legalább egy sorszámban különböznek egymástól az extern tényező, az erőforrás, a termék és a reáltevékenység sorszámára utaló indexek közül. Viszont nem kapnak külön sorszámot, azaz nem minősülnek önálló müködési változó-tipusnak azok a változók, amelyek az extern tényezőre, az erőforrásra, a termékre,

ill. a reáltevékenységre utaló indexükben megegyeznek, s csupán abban különböznek egymástól, hogy más a feladójuk, ill. a cimzettjük.

A müködési változó-tipus sorszámára a h index-szel utalunk. Az általános jelölés:

$z_{t,s}[k, l, h]$ = a k sorszámu egység, mint feladó által kibocsátott, az l sorszámu egység, mint cimzett által kapott h-tipusu müködési változó.

$(k = 1,\ldots, K+1;\ l = 1,\ldots,K;\ h = 0,\ldots,H)$.

Mint látjuk, a külvilág nem lehet cimzettje egyetlen müködési változónak sem.

5.6. Memóriatartalom

Az egység a d a t ként "feljegyezheti" és m e m ó r i á j ában "tárolhatja" a hozzá bejött és a tőle kiment müködési változók meghatározott periódusokban, ill. ütemekben felvett értékét. Az egység memóriájában minden időpontban meghatározott adatok együttesét tárolja. Ez az adategyüttes képezi az egység m e m ó r i a t a r t a l m á t az adott időpontban.

A memóriatartalom a modell egyik változója.[x/]

Jelölés. Az f sorszámu egység memóriatartalma ötméretü tömb. Rendező indexei:

t,s = a periódus és az ütem sorszáma. Értelmezésükre visszatérünk.

k = a feladó egység sorszáma. Ha az f egység valamely inputját tárolja a memória, ugy $k \neq f$; ha az f egység valamely outputjának "másolatát" tárolja a memória, ugy $k = f$.

l = a cimzett egység sorszáma. Ha az f egység valamely inputját tárolja a memória, ugy $l = f$; ha az f egység valamely outputjának "másolatát" tárolja a memória, ugy $l \neq f$.

h = a tárolt müködési változó tipus-sorszáma.

---

x/ A müködési változóknak az 5.2. szakaszban megadott definiciója szerint a memóriatartalom is müködési változónak minősülne. Célszerübbnek mutatkozik azonban elkülönitett kezelése.

A müködési változók és a memóriatartalom elhatárolása összefügg a folyamatokat leiró ("flow") és az állapotokat leiró ("state") változók elhatárolásának kérdésével. Ez az általános modell jelenlegi alakjában nincs még kellően tisztázva. A további elméleti kutatás során igyekeznünk kell ezt világosabban megoldani.

A memóriában tárolt adatok periódus- és ütemindexeivel kapcsolatban a következőket jegyezzük meg:

a/ Amennyiben az f egységhez cimzett, inputként érkezett változó tárolásáról van szó, ugy a t,s indexek a beérkezés periódus-, ill. ütem-sorszámát adják meg: az adat a t periódus s ütemének végén érkezett a memóriába.

b/ Amennyiben az f egység által kiküldött, outputként feladott változó "másolatának" tárolásáról van szó, ugy a t,s indexek kiküldés periódus-, illetve ütem-sorszámát adják meg: az adat "másolata" a t periódus s ütemének végén érkezett a memóriába.

Mind az a/, mind a b/ jelölési konvenció azon a feltevésen alapul, hogy az adat memóriába-helyezése nem igényel fizikai időt; szimultán történik az input beérkezésével, ill. az output kiküldésével.

A memóriatartalom elrendezéséhez mindenképpen elégséges a felsorolt öt index. Ez persze nem jelenti azt, hogy minden konkrét modellben szükséges ötméretü tömbbel reprezentálni valamennyi egység memóriatartalmát, hanem esetleg elégséges lehet kevesebb rendező index is. Ha most - az általánosság kedvéért - mégis öt indexről szóltunk, ugy ezt abban a tudatban tettük, hogy az igy leirt memória számos "rekesze" szükségképpen mindig üres. Van számos olyan egység, amelytől az f sorszámu egység sohasem kap inputot, s számos olyan egység is, amelynek sohasem ad outputot; egyes közlés-tipusok nem szerepelnek nála soha sem inputként, sem outputként.

A későbbiekben még szó lesz az egység memóriafüggvényéről, amely leirja: mit tárol a memória. A memóriafüggvény rendszerint előirja a régebbi információk törlését ("felejtés"). Amennyiben ilyen törlést nem irna elő, ugy ez azt jelenti: az egység memóriatartalma t növekedésével egyre nő.

A memóriatartalom jelölésére alkalmazunk egy röviditett jelölést is, a tömb rendező indexeire való utalás elhagyásával.

$A_{t,s}[f] = A_{t,s}^{(t,s,k,l,h)}[f] =$ az f sorszámu egység memóriatartalma a t periodus s ütemének végén ($1 \leqq f \leqq K+1$).

A "memória" és ezzel összefüggésben a "memóriatartalom" fogalmát kétféle módon értelmezhetjük. Szükebb értelemben jelenti valamely intézmény irásban rögzitett ismeretanyagát az általa megfigyelt müködési változók multbeli értékeiről. Ebben a szükebb értelemben mondjuk az Országos Tervhivatal "memóriája": az irattárak és az iróasztalfiókok; a "memóriatartalom": az abban felhalmozott adatok.

A "memóriának" azonban van egy szélesebb értelme is. Jelenti azt a "raktárt", amelyben az egység multbeli tapasztalatait felhalmozza. A "memóriatartalom" mindaz a tapasztalat, tanulság, amelyet az egység multjából valóban megőrzött. Azt a tapasztalatot, tanulsagot, amely viselkedését ma és a jövőben még befolyásolni képes.

A memóriatartalom szerepe világosabbá válik majd a 6. és 7. fejezetben, a válaszfüggvények és a müködési processzus részletesebb tárgyalása során.

5.7. Randomizáló változók

A véletlen hatását a modellben r a n d o m i z á l ó v á l t o z ó k kal irjuk le. Ezek egymástól összességükben független valószinüségi változók.

$\omega_{t,s}[d]$ = a d sorszámu véletlen tényezőnek a t periódus s ütemében fennálló befolyását leiró változó. $(d = 1,\ldots, D)$

$\omega_{t,s}^{(d)}$ = az $\omega_{t,s}[d]$ randomizáló változókból, mint komponensekből álló vektor, amely a v é l e t l e n t reprezentálja a modellben.

A randomizáló változókkal kapcsolatban rögzitjük a következő feltevést:

3. feltevés. $\omega_{t,s}^{(d)}$ nem függ sem a müködési változóktól, sem az egységek memóriatartalmától.

A 3. feltevés némileg leegyszerüsiti a véletlen kezelését a modellben. Pl. ezen a feltevésen alapul a "randomizáló faktoroknak" az az egyszerü kezelése, amelyről majd a tanulmány III. részének 1.4. szakaszában lesz szó.

6. Az egység válaszfüggvényének általános alakja

Az alábbiakban részletesebben irjuk le az (1) formulában már jelzett válaszfüggvény általános alakját.

A következő jelölési konvenciót alkalmazzuk: a t,s-1 ütemindex az s = 1 esetben az előző periódusbeli utolsó ütemre, t-1,S-re utal.

Az f sorszámu egység válaszfüggvényét tárgyaljuk. Az f sorszámu egység rendszerint nem valamennyi egységtől kap inputokat, hanem csupán azok meghatározott körétől. Nem valamennyi tipusu müködési változó érkezik be inputként, hanem csak meghatározott tipusuak. Hasonlóképpen az f sorszámu egység outputjai nem mennek ki valamennyi egységhez, hanem csupán azok meghatározott köréhez. Nem valamennyi tipusu müködési változó megy ki outputként, hanem csak meghatározott tipusuak. A leirás egyszerüsitése kedvéért eltekintünk attól, hogy a jelen általános tárgyalásban a feladó egység sorszámára utaló indexek $\{k\}$, a cimzett egység sorszámára utaló indexek $\{l\}$ és a müködési változótipus sorszámára utaló indexek $\{h\}$ halmazából kiemeljük és definiáljuk azokat a részhalmazokat, amelyekre az f sorszámu egység inputjában, illetve outputjában szereplő változók, k, l és h futóindexei értelmezve vannak. /Természetesen ez elkerülhetetlen lesz a modell specifikálása, konkretizálása esetén./

Az f sorszámu egység $\psi[f]$ m e m ó r i a f ü g g v é n y e a következő outputot állitja elő:

$$(2) \quad A_{t,s-1}[f] = \Psi[f]\left(A_{t,s-2}[f,]\right.$$

$$\left. z^{(k,-,h)}_{t,s-1}[f],\ t,\ \omega^{(d)}_{t,s-1}\right)$$

Verbális leirás. Az egység memóriatartalmát a memóriafüggvény alakitja ki. Az egység mindenkori memóriatartalma a következő tényezőktől függ:

1. Az egység megelőző ütembeli memóriatartalmától.

2. Az egységbe éppen beérkezett inputoktól.

3. Az időtől.

4. A véletlentől.

A memóriafüggvénynek alapvető szerepe van modellünkben. Valamely egység viselkedésére messzemenően jellemző, mit "memorizál", milyen a viszonya saját multjához. A memóriafüggvénynek az egység "memorizálási stratégiáját", visszaemlékező képességét és hajlandóságát kell kifejeznie.

Lássunk néhány erősen leegyszerüsitett példát. E példákban feltesszük, hogy a periódus 1 év. a/ A vállalat mindig csupán egy periódusra emlékezik vissza; 1964-ben csak 1963-ra, 1965-ben csak 1964-re stb. b/ A vállalat mindig tiz periódusra emlékezik vissza: 1964-ben az 1953 óta eltelt tiz évre, 1965-ben az 1954 óta eltelt tiz évre stb. c/ A vállalat egy rögzitett időpont - mondjuk 1950 - óta minden adatát őrzi. d/ A vállalat nem minden adatot őriz, hanem csak kiemelt adatokat. /Pl. nem termékenkénti, hanem csak vállalatra összesitett adatokat./ e/ A vállalat nem évi bontásban tárolja az adatokat, hanem folyamatosan számitja azok tizéves átlagát; vagy a trendet stb.

Vegyük most sorra a függvény független változóit. Az 1. és 2. nem kiván magyarázatot: nyilvánvaló, hogy mondjuk a vállalat 1964. január 1-i memóriatartalom függ 1. az 1963. január 1-i memóriatartalomtól és 2. az 1963. folyamán bejött inputoktól. Viszont magyarázatot igényel a 3. és a 4. független változó.

Ad 3. Az egység "memorizálási stratégiájának" lehet valamilyen jellegzetes időbeli eltolódása. Pl. egyre hosszabb multra tekint vissza; vagy egyre mélyebb bontásban "memorizál" stb.

Ad 4. Az egység memóriatartalmára befolyást gyakorol a véletlen, "elfelejtés", pontatlanság, torzitás stb. formájában.

Az f sorszámu egységnek több o u t p u t - f ü g g - v é n y e van az s sorszámu ütembe sorolva. Először ezeknek a függvényeknek az együttesét irjuk le:

$$(3) \quad z_{t,s}[f, l, h] = \varphi[f]\left(A_{t,s-1}[f], t, \omega^{(d)}_{t,s}\right).$$

Verbális leirás. Az egység outputja három tényezőtől függ:

1. Az egység pillanatnyi memóriatartalmától.

2. Az időtől.

3. A véletlentől.

Vegyük sorra a független változókat.

Ad 1. Mint látjuk, az egység outputja - ebben az általános alakban - nem függ <u>közvetlenül</u> az inputtól. Az input hatást gyakorol a memóriára, az egység állapotára és <u>ebből</u> vezetődik le az egység konkrét viselkedése, akciója. Ez azt jelenti, hogy nemcsak a pillanatnyi befolyások alakitják ki az egység müködését, hanem ezek hozzáadódnak a "multhoz" és együttesen

alakitják ki az egység magatartását. Hogy a pillanatnyi befolyásnak és a mult hatásának mi a része, azt egyrészt a ψ memóriafüggvényben kell kifejezésre juttatnunk /mit "jegyez meg" az "egység"/ részben pedig a φ outputfüggvényben /mire következtetett abból, amit megjegyzett, hogyan reagált a multra és a pillanatnyi impulzusokra/. A φ függvényben jut tehát kifejezésre az egység "tehetetlensége", multbeli viselkedésének egyszerü megismétlésére való hajlandósága, vagy pedig "mozgékonysága", a multtól való elszakadási készsége. E tehetetlenség formalizálására egyszerü példát hoz majd a III. rész 1.5. szakasza.

Ad 2. Az időtől való függés azt fejezi ki, hogy az egység viszonya a memóriatartalomhoz az idő függvényében jellegzetesen változhat. /Pl. egyre "tehetetlenebb", vagy "mozgékonyabb" lesz stb./

Ad 3. A véletlen nemcsak arra hat, mit "jegyezzen meg" az egység, hanem arra is, hogyan reagáljon memóriatartalmára.

Ezek után külön is le akarunk irni az s ütembe sorolt output-függvények közül egyet, a b sorszámut ($b = 1,\dots, B[f]$). E függvényt $\varphi[f,b]$ -vel jelöljük.

$$(4) \qquad z_{t,s}[f,l,h] = \varphi[f,b]\left(A_{t,s-1}[f,]\ t, \omega^{(d)}_{t,s}\right).$$

Verbális leirás. A (3) formula megadta a t,s ütem összes válaszfüggvényeinek együttesét Itt most ezek közül kiemeltünk egyet.

A (2) és (4) függvényekből összetett függvényt nevezzük válaszfüggvénynek:

$$z_{t,s}[f, l, h] =$$

$$(5) \qquad = \varphi[f,b]\left(\psi[f]\left(A_{t,s-2}[f],\ z^{(k,-,h)}_{t,s-1}[f],\ t, \omega^{(d)}_{t,s-1},\right) t, \omega^{(d)}_{t,s}\right).$$

Verbális leirás. A válaszfüggvénynek ez az alakja egyetlen formulába vonja össze a (2) és a (4) formulákat. Értelmezése adódik az előbbiekből.

A $z^{(k,-,h)}_{t,s-1}[f]$ i n p u t r a az egység a $z^{(-,l,h)}_{t,s}[f]$ o u t p u t t a l válaszol. Az input, ill. output kifejezésekkel azonos értelemben használjuk a b e m e n ő , ill. k i m e n ő v á l t o z ó kifejezéseket is.

A további tárgyalásban kikötjük a válaszfüggvény-együttes meghatározott s z ü k s é g e s t u l a j d o n s á g a i t . E tulajdonságok ahhoz szükségesek, hogy egyrészt a gazdaság müködési processzusa számológépre programozható legyen, másrészt pedig kifejezésre juttassa a rendszer valóságos müködési processzusának okvetlenül fennálló, triviális tulajdonságait.

Az alábbiakban megadjuk a szükséges A. tulajdonságot, amelyet <u>valamennyi</u> válaszfüggvénytől meg kell követelni. /A későbbiekben olyan szükséges B.-F. tulajdonságokat irunk le, amelyeket csak a válaszfüggvények meghatározott osztályaitól követelünk meg./

A válaszfüggvény-együttes szükséges A. tulajdonsága.

Minden válaszfüggvény véges algoritmussal kiszámitható.

Amennyiben a rendszert jól tükröző válaszfüggvényre - adott ismereteink mellett - nem állna fenn az A. tulajdonság, ugy olyan közelitő másik függvénnyel kell pótolni, amelyre az A. tulajdonság fennáll. Pl. végtelen iterativ eljárás esetén, amely csupán konvergál a válaszfüggvény aktuális értékéhez, meg kell adni egy kritériumot, amelynek alapján az iterativ eljárás véges számu lépés után leállitható. /Pl. meghatározott lépésszám után stb./

Megjegyzés. Az A. tulajdonsághoz azért kell ragaszkodnunk, hogy a rendszer gépi szimulációja gyakorlatilag megoldható legyen. Egyébként ez nem egyszerüsités a valósághoz képest, hiszen a valóságban is minden impulzusra véges időtartamon belül "válasz" születik.

A (2) - (5) formulák megadják modellünk válaszfüggvényének általános alakját. Ehhez a következő, kiegészitő észrevételeket kell füznünk:

a/ A külvilágnak, per definitionem, nincs inputja a többi egységtől. Ezért csupán átvitt értelemben, az egyöntetüség kedvéért beszélhetünk "válasz"-függvényről. A külvilág müködését leiró függvények kizárólag az időtől, a véletlentől és saját korábbi outputjaitól függnek.

b/ Ugyancsak csupán átvitt értelemben, az egyöntetüség kedvéért beszélhetünk a külvilág "memóriájáról", "memória-

tartalmáról". A külvilág működését leiró függvényekben az argumentumok között szereplő $A_{t,s}[K+1]$ arra utal, hogy a külvilág outputja függ korábbi, a t periódus előtt outputjaitól is. A $\varphi[K+1]$, ill. $\psi[K+1]$ függvények irják le e függés természetét.

c/ A (3) - (5) formulákban ütem-eltolódás van input és output között. Ez alól egyetlen kivételt teszünk. A rendszer működésének leirásakor szerepelnek olyan kifejezések, amelyek baloldalán outputként egyidejü reflexiós változó szerepel, jobboldalán pedig inputként az ennek megfelelő fizikai változó; mégpedig olyan fizikai változó, amelyet ugyanaz az egység generált outputként, mint amely most az egyidejü reflexiós változót kibocsátja. Itt egy egyszerü azonossággal van dolgunk, amelyben az output és az input per definitionem azonos ütembe van sorolva.

Amint arra már utaltunk, ezt az esetet - kivételképpen - összeférhetőnek minősitjük az ütembeosztás regularitásával.

7. A vegetativ müködési processzus

7.1. A tárgyalás szempontjai

A most következő fejezetben leirjuk mindazt, ami - az általánosság korlátozása nélkül - az egységek válaszfüggvényeiről, a rendszer müködéséről elmondható. Minden gazdasági rendszer folyamatosan müködteti reáltevékenységeit. Ezért a jelen fejezetben a müködésnek azokat az oldalait irhatjuk le, amelyek a reáltevékenységek végrehajtásához szorosan kapcsolódnak, azaz a reáltevékenységek előkészitését, lefolyását és közvetlen konzekvenciáit leiró változókat és az azokat összekapcsoló válaszfüggvényeket. /Ezt nevezzük majd a gazdasági rendszer "vegetativ müködési processzusának". A pontos definiciót a 7.4. szakaszban fogjuk megadni./ Viszont nem térhetünk ki a gazdálkodási egységek egymásközti közlésáramlásának leirására, mert arról - annak megállapitásán tul, hogy van - kutatásunk jelen állapotában nem mondhatunk semmi általánosat.[x/] Leirásunk tehát azokra a változókra és válaszfüggvényekre szoritkozik, amelyek valamennyi - az általunk most vizsgált széles modell-osztályba beletartozó - konkrét modellben feltétlenül szerepelnek. Egy-egy konkrét modellben a most leirásra kerülőkön felül további változók és válaszfüggvények is szerepelhetnek.

---

x/ Az általános modell továbbfejlesztésének egyik fő feladata: a közlésáramlás esetleges általános jellegzetességeinek modellezése.

Az elmondottakhoz igazodik a jelen fejezetben leirt ütembeosztás. A periódus 7 ütemből áll. Ez az ütembeosztás ugyanis eleget tesz a regularitás követelményeinek, azoknak a válaszfüggvényeknek a besorolásánál, amelyeket a jelen fejezetben leirunk. A konkrét modellekben sok esetben ennél több ütemre van szükség, annak érdekében, hogy a gazdálkodási egységek egymásközti közlés-áramlásának sorrendjében is megfelelő regularitást biztosithassunk. Mindenesetre $S > 7$ esetén nehézség nélkül elvégezhető a jelenleg 7 ütembe sorolt válaszfüggvények uj besorolása.

A leirás komplett modellre vonatkozik. Nem-komplett konkrét modell esetén értelemszerüen elmaradnak egyes válaszfüggvények. Ezzel együtt esetleg elégséges lehet 7-nél kevesebb ütem is.

A hét ütem tárgyalásának sorrendje közömbös, tekintettel a müködés ciklikus jellegére. A leirásban 1. és 2. ütemként a reáltevékenységek végrehajtását adjuk meg; a 3.-7. ütem a reáltevékenységekről beszámoló jelentésekkel és az uj periódus előkészitésével kapcsolatos. Tulajdonképpen csak az 1. és 2. ütem igényel együttesen igazi fizikai időt, a periódus egész időtartamát. A 3.-7. ütemben fizikai idő igénybevétele nélkül, a periódus "utolsó pillanatában" lezajló számitások szerepelnek.

A leirás fő feladata a válaszfüggvények részletesebb ismertetése. Nincs azonban szükség arra, hogy ezt mindig

az (5) formulához hasonló alakban tegyük. Ehhez képest a következő egyszerüsitéseket, illetve kiegészitéseket tesszük:

a/ Az f sorszámu egységhez az s ütemben egy meghatározott $z^{o}_{t,s}[k^{o},f,h^{o}]$ bemenő változó érkezik. Ezt memóriájában tárolja; mégpedig - e változóra vonatkozóan - a $\psi[f]$ memóriafüggvény teljes és pontos tárolást ir elő. Később, az s+L ütemben az egység az emlitett változó értékét leiró adatot kiveszi a memóriából és felhasználja egy válaszfüggvényben, amelynek outputja: $z^{\Delta}_{t,s+L}[f, l^{\Delta}, h^{\Delta}]$. Felesleges lenne ilyen esetben - a jelen tárgyalásban - a memória közvetitő szerepét feltüntetni. Ehelyett a $z^{\Delta}_{t,s+L}[f, l^{\Delta}, h^{\Delta}]$ outputot <u>közvetlenül</u> a $z^{o}_{t,s}[k^{o},f,h^{o}]$ input függvényében adjuk meg.

A memória tehát csak ott szerepel explicite a válaszfüggvény argumentumában, ahol nem ilyen egyszerü és közvetlen a kapcsolat egy korábbi input és egy későbbi output között. (Tehát pl. ha a $\psi[f]$ memóriafüggvény értelmében valamilyen összevont, vagy torzitott formában került az adat a memóriába, stb.)

b/ Megadjuk a válaszfüggvény lehetséges és szükséges inputjait és outputjait. Ezen valamely komplett modellben szereplő $\varphi_{t,s}[f,b]$ válaszfüggvény esetében a következőket értjük:

A $\varphi_{t,s}[f,b]$ válaszfüggvény l e h e t s é g e s i n p u t j a minden olyan $z_{t,s}[k,f,h]$ bemenő változó, amelyre a válaszfüggvény értelmezve van. Az input beérkezési

üteme lehet $s' = s-1$; de lehet $s' < s-1$, feltéve, hogy utóbbi esetben az f egységbe való beérkezés után a memóriában változatlan formában tárolják, a $\varphi_{t,s}[f,b]$ válaszfüggvényben való felhasználás céljára. (Lásd a fenti a/ megjegyzést.)

A $\varphi_{t,s}[f,b]$ válaszfüggvény s z ü k s é g e s i n p u t j a olyan lehetséges input, amelynek beérkezése nélkül a válaszfüggvény egyedüli outputja $z_{t,s}[f,\iota,0]$ minden ι-re; azaz üres közlés minden cimzettnek. Ha ez bekövetkezik, azt mondjuk: az egység l e á l l t .

A $\varphi_{t,s}[f,b]$ válaszfüggvény l e h e t s é g e s o u t p u t j a a függvény értékkészlete; minden olyan kimenő változó, amelyet generálni képes.

A $\varphi_{t,s}[f,b]$ válaszfüggvény s z ü k s é g e s o u t p u t j a az a lehetséges $z'_{t,s}[f,\iota^o,h]$ kimenő változó, amelyet ki kell bocsátania, hogy a cimzett ι^o egység legkésőbb a következő periódusban le ne álljon, mert szükséges inputja nem érkezett meg. Ez azonban nem minden cimzettre, hanem csak azok meghatározott körére vonatkozik /erre utal az ι^o megkülönböztetés/. Azokra a cimzettekre, akik maguk is feladói az f egység valamely szükséges inputjának. Ha tehát az f egység a t periódus s ütemében nem bocsátja ki a $z'_{t,s}[f,\iota^o,h]$ kimenő változót, ugy legkésőbb a $t+2$ periódusban maga is leáll.

Az áttekintés megkönnyitésére a lehetséges és szükséges inputokat és outputokat egyszerre adjuk meg, táblázatos formában, a 7.3. szakaszban.

> A lehetséges outputok olyan müködési változók, amelyeket a rendszer egységei egyáltalán kibocsátani képesek; a lehetséges inputok pedig olyan müködési változók, amelyeket az egységek egyáltalán képesek "megérteni". A szükséges inputok és outputok szerepe még nevezetesebb; ezek nélkülözhetetlenek; valamennyi szükséges input és output elmaradása esetén legfeljebb két perióduson belül leáll a rendszer.

7.2. A hét ütem leirása

1. ütem

Az 1. és 2. ütem kizárólagos szereplői a transzformációs egységek; itt zajlanak le a reáltevékenységek. Az f sorszámu transzformációs egységgel foglalkozunk ($f = 1,\dots,F$).

A reáltevékenységekkel kapcsolatban a következő feltevést alkalmazzuk:

4. feltevés. Rögzitett $v_{t,s}^{(-,-,-,i)}[f,f,m_o]$ és rögzitett $w_{t,s}^{(-,-,-,j)}[f,f,m_o]$ mellett $x_{t,s}^{(-,-,-,j)}[f,f,m_o]$ nem függ $v_{t,s}^{(-,-,-,i)}[k,k,m]$ -től, $w_{t,s}^{(-,-,-,j)}[k,k,m]$ -től és $x_{t,s}^{(-,-,-,j)}[k,k,m]$ -től ($1 \leqq m_o \leqq M[f]$; $k = f$, $m_o \neq m$; $m = 1,\dots,M[f]$ vagy $k \neq f$, $m = 1,\dots,M[k]$). /A reáltevékenységek s z e p a r a b i l i t á s a./

Verbális leirás. Amennyiben egy adott periódusra rögzitettük, végérvényesen megszabtuk valamely reáltevékenység minden egyes ráforditását, akkor e reáltevékenység kibocsátása nem függ attól, mi történik a többi reáltevékenységgel /akár ugyanabban a transzformációs egységben, akár másban/. Vagyis nem függ attól, milyen terjedelemben, milyen ráforditásokkal mennek végbe azok.

Ugyanezt a feltevést alkalmazza a matematikai programozás. Az angolszász közgazdasági irodalom e feltevést ugy nevezi: nem érvényesül "externality".

A feltevés alkalmazását a modell kezelésének egyszerüsitése indokolja. Nem jelenti az általánosság erős megszoritását, ha a termékeket és a reáltevékenységeket alkalmasan definiáljuk. Amennyiben több processzus hatása együttesen érvényesül, akkor ezeket közös reáltevékenységnek kell tekinteni; a közös hatást közös termékként kell leirni.

A transzformációs egység memóriatartalma - a 4. feltevésből következően - reáltevékenységenként elkülönithető.

Jelölés: $A_{t,s}[f,m]$ $(m = 1,\dots,M[f])$.

A t periódusbeli reáltevékenységek végrehajtásának leirásához vissza kell nyulnunk a $t-1$ periódus végéhez. Ez ugyan később ismétlésekhez vezet, mégis elkerülhetetlen, egyes jelölések bevezetéséhez.

Az előző periódus 6. ütemének végén küldte az i sorszámu erőforrás $(i = 1,\dots,I)$ elosztásáért felelős δ_i sorszámu diszpoziciós egység $(2F+1 \leqq \delta_i \leqq 2F+I)$ az f transzformációs egységnek a $q_{t-1,6}[\delta_i,f,i]$ erőforrásvolument.

Az előző periódus 7. ütemének végén küldte az f egység szabályozásáért felelős f+F sorszámu gazdálkodási egység az erőforrás-ráforditási utasitást, valamint a termékráforditási utasitást az f transzformációs egységnek. Ezek reflexiós változók; a transzformációs egység t periódusbeli erőforrás-ráforditásainak és termékráforditásainak előzetes reflexiói.

Jelölés:

$$r_{t-1,7}\left[f+F,f\left(v_{t,1}^{(-,-,-,i)}\left[f,f,m\right]\right)\right] = \text{az}$$

erőforrásráforditási utasitás.

$$r_{t-1,7}\left[f+F,f\left(w_{t,1}^{(-,-,-,j)}\left[f,f,m\right]\right)\right] = \text{a ter-}$$

mék-ráforditási utasitás.

Végül ugyancsak az előző periódus 7. ütemében küldte meg a külvilág a transzformációs egység számára az extern tényezőknek a következő periódusban ható intenzitását:

$$p_{t-1,7}^{(-,g)}\left[K+1,f\right] \text{ -t.}$$

Itt különösen szembetünő, hogy a változó mellett szereplő periódus- és ütemindex a változó megküldésének idejét adja meg. Valójában az extern tényező t-1,7 időindex-szekkel jelzett intenzitása a t periódusban, annak 2. ütemében ható intenzitást adja meg. Azért "érkezik meg" az előző periódusban, hogy a t periódus első pillanatától kezdve hathasson.

Hasonló a helyzet a ráforditási utasitásokkal.

Rátérve most már a transzformációs egységre: a tényleges erőforrás-ráforditás és a tényleges termék-ráforditás megegyezik a ráforditási utasitásokkal.

$$(6)\quad v_{t,1}^{(-,-,-,i)}[f,f,m] = r_{t-1,7}\left[f+F,f\left(v_{t,1}^{(-,-,-,i)}[f,f,m]\right)\right]$$

$$(7)\quad w_{t,1}^{(-,-,-,j)}[f,f,m] = r_{t-1,7}\left[f+F,f\left(w_{t,1}^{(-,-,-,j)}[f,f,m]\right)\right].$$

Verbális leirás. A (6) és (7) formulák kifejezésre juttatják azt, hogy a ráforditási utasitásokat reprezentáló reflexiós, közlési változókkal egybeesnek a tényleges ráforditások.

Ez nem azt jelenti, hogy a ráforditások alakulásában nem juthat szerephez az idő, a véletlen, az extern tényezők. Mindezeket a hatásokat azonban majd a (24) formulában irjuk le; abban a válaszfüggvényben, amely a ráforditásokat generálja.

2. ütem

A transzformációs egységben minden reáltevékenységhez egy-egy $\vartheta[f,m]$ transzformációs függvény tartozik ($m = 1,\ldots,M[f]$), amely a következő outputot állitja elő:

$$x_{t,2}^{(-,-,-,j)}[f,f,m] =$$

$$(8) \quad \vartheta[f,m]\left(A_{t-1,7}[f,m],\ v_{t,1}^{(-,-,-,i)}[f,f,m],\right.$$

$$\left. w_{t,1}^{(-,-,-,j)}[f,f,m],\ p_{t-1,7}^{(-,g)}[K+1,f],\ t,\ \omega_{t,2}^{(d)}\right).$$

Azt a processzust, amelynek során az m sorszámu reáltevékenység a (8) függvény argumentumában szereplő v erőforrásráforditásokból és w termék-ráforditásokból az x termékkibocsátásokat előállitja, t r a n s z - f o r m á c i ó nak nevezzük.

Periódusonként egy transzformáció megy végbe. Ez a modell periódicitásának "fizikai" tartalma.

Verbális leirás. A transzformációs függvény leirja, mitől függ a fizikai termék-kibocsátás. A független változók rendre:

1. A memóriatartalom.
2. Az erőforrás-ráforditások.
3. A termék-ráforditások.
4. Az extern tényezők.
5. Az idő.
6. A véletlen.

A transzformációs függvény a közgazdasági irodalomban "termelési függvényként" ismert összefüggés általánositott alakja.

Vegyünk pl. egy jellegzetes termelési függvényt, az általánositott Cobb-Douglas-Solow-féle függvényt:

$$x = e^{\lambda t} \prod_{i=1}^{I} v_i^{\alpha_i}$$

Láthatjuk, hogy ez a (8) transzformációs függvény egy speciális esete. A termékkibocsátás, x függ az erőforrás-ráforditásoktól, v -től és függ az időtől, t-től. Viszont feltételezi, hogy a termékkibocsátás nem függ a kibocsátó egység "multjától", "tehetetlenségétől" /azaz az egység "memóriatartalmától"/, nem függ extern tényezőktől, s nem függ a véletlentől.

A transzformációs függvény (8) szerinti, valamint a termékek és reáltevékenységek fogalmának a 3.1. szakaszban adott értelmezése módot ad arra, hogy ne csak termelést, hanem szállitást, beruházást, raktározást, fogyasztást is leirjunk a $\mathcal{F}$ függvénnyel. Ezt néhány példán mutatjuk be.

a/ Szállitás esetén a termék-ráforditás egy budapesti termék, a termék-kibocsátás egy szegedi termék. b/ A beruházás termék-ráforditása, többek között, egy 60 %-os készenléti foku épület, kibocsátása, többek között, egy 80 %-os készenléti foku épület. c/ A raktározás termék-ráforditása egy termék a t periódus kezdetekor, kibocsátása egy termék a t+1 periódus kezdetekor. d/ A fogyasztás kezelhető "improduktiv" transzformációként: ráforditása a fogyasztási cikk, kibocsátása nulla. Vagy kezelhető "produktiv" transzformációként: ráforditása a fogyasztási cikk, kibocsátása egy speciális "termék": a munkaerő. Előbbi esetben a munkaerő felhasználása erőforrás-ráforditásnak minősül; utóbbi esetben a munkaerő ráforditása termékráforditásként kezelendő.

A transzformációs függvény szükséges tulajdonságai.

Ha $v_{t,1}^{(-,-,-,i)}[f,f,m] = 0$ és $w_{t,1}^{(-,-,-,j)}[f,f,m] = 0$,

akkor $x_{t,2}^{(-,-,-,j)}[f,f,m] = 0$.

A fenti tulajdonság: a válaszfüggvény-együttes szükséges B. tulajdonsága.

Verbális leirás. A B. tulajdonság egy triviális követelményt fejez ki, amelyet minden specifikált transzformációs függvénynyel szemben támasztanunk kell: "semmiből nem lehet valamit csinálni".

A válaszfüggvény-együttes szükséges C. és D. tulajdonsága, hogy teljesülnie kell az alábbi két feltételnek:

$$(9) \quad \sum_{m=1}^{M[f]} v_{t,1}\,[f,f,m,i] = q_{t-1,6}\,[\delta_i,f,i] \qquad i=1,\dots,I$$

$$(10) \quad \sum_{m=1}^{M[f]} w_{t,1}\,[f,f,m,j] = u_{t-1,6}\,[f,f,j] \qquad j=1,\dots,J$$

A (9) és (10) feltétel teljesüléséhez általában szükséges, hogy a transzformációs egységhez rendelt reáltevékenységek között szerepeljenek "erőforrás-parlagonhevertető", ill. "termék-megsemmisitő" reáltevékenységek.

Verbális leirás. A C. és D. tulajdonság két követelményt fejez ki, amelyet minden specifikált transzformációs függvénnyel szemben támasztanunk kell:

Ad C. Nem lehet több erőforrást felhasználni, mint amennyi az egységben rendelkezésre áll.

Ad D. Nem lehet több terméket felhasználni, mint amennyi az egység termékkészlete.

A követelményeknek ez a megfogalmazása tulajdonképpen azt kivánná, hogy a (9) és (10) formulákat ne egyenlőség, hanem egyenlőtlenség, felső korlát formájában fogalmazzuk meg. Modelleinkben azonban - a matematikai programmozás "slack" változóival analóg módon - "erőforrás-parlagon-hevertető", ill. "termék-megsemmisitő" változókat szerepeltetünk. Ezek léte miatt jogosult a követelményeket egyenlőség formájában megformuláznunk.

A B., C. és D. tulajdonságok közgazdasági szempontból magátólértetődőek. Éppen ezért biztositani kell bármely rendszer szimulációjakor, hogy ezek az elemi követelmények okvetlenül teljesüljenek, tehát a modell reális rendszert irjon le. Mivel azonban a szimulációban véletlen tényezőket is hatni engedünk, a három követelmény teljesitése nem mindig oldható meg egykönnyen.

A (9) és (10) feltételek teljesüléséhez egyrészt a $\vartheta[f,m]$ transzformációs függvényeknek kell alkalmas tulajdonságokkal rendelkezniök. Ez azonban nem elég; a ráforditási utasitásoknak is megfelelőeknek kell lenniök. Erről majd a 7. ütem tárgyalásakor lesz szó.

(10)-ből kitünik, hogy a t-1 periódus végén fennálló - mondjuk j_o sorszámu ($1 \leqq j_o \leqq J$) - $u_{t-1,6}[f,f,j_o]$ termékkészlet a t periódusban <u>teljes egészében</u> ráforditássá válik. a/ Vagy egy termelési, szállitási stb. reáltevékenység ráforditásává, amely részben vagy egészében más j sorszámu ($j \neq j_o$) termékké alakitja át. b/ Vagy egy fogyasztási, esetleg "termék-megsemmisitési" reáltevé-

kenység ráforditásává, amely felhasználja, de nem alakitja át más termékké. c/ Vagy egy raktározási reáltevékenység ráforditásává, amely azonos j_o sorszámu, de a t+1 periódus kezdetén fennálló termékké alakitja át. Tehát valamilyen reáltevékenység közbejötte nélkül nem jelenik meg semmilyen $u_{t,2}[f,f,j_o]$ termékkészlet a transzformáció után.

3. ütem

a/ A transzformáció után a j sorszámu termékből ($j = 1,\ldots,J$) fennálló termékkészletről az f sorszámu transzformációs egység ($1 \leqq f \leqq F$) jelentést küld a j termék elosztásáért felelős e_j sorszámu tranzakciós egységnek ($2F+I+1 \leqq e_j \leqq K$). Ez utólagos reflexiós változó.

$$r_{t,3}\left[f,e_j,\left(u_{t,2}[f,f,j]\right)\right] =$$

(11)

$$= u_{t,2}[f,f,j] = \sum_{m=1}^{M[f]} x_{t,2}[f,f,m,j] \quad .$$

Verbális leirás. A készletekről adott jelentés megegyezik a tényleges készletekkel.

A tranzakció - azaz egyik egységtől a másik egységhez történő termék-átadás - során érvényesülnie kell majd annak a triviális feltételnek, hogy az egység nem adhat át többet, mint amennyivel rendelkezik. Annak érdekében, hogy a szimulációs modell müködtetése során e feltétel érvényesüljön, tökéletesen pontos jelentésre van szükség.

b/ A transzformáció jellemzőit, $v_{t,1}[f,f,m,i]$ -t, $w_{t,1}[f,f,m,j]$ -t és $x_{t,2}[f,f,m,j]$ -t, minden m-re, i-re és j-re át kell adni a transzformációs egység saját memóriájának, amely azt a $\psi[f,m]$ memóriafüggvények szerint tárolja. Ez befolyásolja majd a t+1 periódusbeli transzformációt, a (8) transzformációs függvény értelmében.

c/ Az f sorszámu transzformációs egységben végbemenő transzformációt megfigyeli az őt szabályozó, f+F sorszámu gazdálkodási egység. Ez abban fejeződik ki, hogy reflexiós változókat kap:

$$(12)\quad r_{t,3}\left[f,f+F,\left(v_{t,1}^{(-,-,-,i)}[f,f,m]\right)\right]=v_{t,1}^{(-,-,-,i)}[f,f,m]$$

$$(13)\quad r_{t,3}\left[f,f+F,\left(w_{t,1}^{(-,-,-,j)}[f,f,m]\right)\right]=w_{t,1}^{(-,-,-,j)}[f,f,m]$$

$$(14)\quad r_{t,3}\left[f,f+F\left(x_{t,2}^{(-,-,-,j)}[f,f,m]\right)\right]=x_{t,2}^{(-,-,-,j)}[f,f,m]$$

Verbális leirás. A transzformációs egység által saját gazdálkodási egységének adott reflexió pontosan tükrözi a ténylegesen végbement erőforrás-ráforditást, termékráforditást és termék-kibocsátást.

d/ Esetleg más l sorszámu gazdálkodási egységek ($F+1 \leqq l \leqq 2F$; $l \neq f+F$) is kapnak - megfigyelés céljára - reflexiós változókat.

A fenti c/ és d/ pontban tárgyalt m e g f i g y e - l é s sel kapcsolatban a következő eljárást alkalmaztuk:

Feltettük, hogy a transzformáció megfigyelését a transzformációs egységtől, mint feladótól a megfigyelést végző gazdálkodási egységhez, mint cimzetthez menő utólagos reflexiós változók irják le. Ez azt jelenti, hogy a megfigyelést közvetitő közlés pontos. A megfigyelés esetleges pontatlanságának, torzulásának a megfigyelést végző egység válaszfüggvényében kell kifejezésre jutnia.

4. ütem

A 4. ütemben generálja - a 3. ütemben kapott jelentések figyelembevételével - a j sorszámu termék elosztásáért felelős e_j sorszámu tranzakciós egység a j termékre vonatkozó t r a n z a k c i ó s u t a s i t á s t. Ez előzetes reflexiós változó. Jelölés:

$$r_{t,4}\left[e_j, f, \left(y_{t,5}[f, l, j]\right)\right] = \text{az } f \text{ sorszámu}$$

transzformációs egységnek adott, a j termékre vonatkozó tranzakciós utasitás $(1 \leq l \leq F;\ l \neq f)$.

A jelölés egyszerüsitésére feltételezzük, hogy a tranzakciós egység akkor is ad tranzakciós utasitást, ha a végrehajtandó tranzakció $y_{t,5}[f, l, j] = 0$.

Nevezzük azt a válaszfüggvényt, amelynek outputja a tranzakciós utasitás, t r a n z a k c i ó s u t a s i - t á s i f ü g g v é n y nek és jelöljük $\alpha\,[e_j]$ -vel.

$$r_{t,4}\left[e_j, f, \left(y_{t,5}\,[f, l, j]\right)\right] =$$

$$(15)\cdot\ \alpha\,[e_j]\left(A_{t,3}\,[e_j],\ r_{t,3}\left[1, e_j, \left(u_{t,2}\,[1,1,j]\right)\right], \ldots,\right.$$

$$\left. r_{t,3}\left[F, e_j, \left(u_{t,2}\,[F,F,j]\right)\right],\ t,\ \omega^{(d)}_{t,4}\right).$$

Verbális leirás. A tranzakciós utasitási függvény szabályozza: mennyit adjon át a j sorszámu termékből az f sorszámu transzformációs egység az l sorszámu transzformációs egységnek.

A független változók:

1. A tranzakciós egység memóriatartalma.

2. A transzformációs egységektől érkezett készletjelentések.

3. Az idő.

4. A véletlen.

Mindenekelőtt az α függvény outputját kell kommentálni. Itt nem valamilyen "ajánlásról" van szó, hanem szabályozásról. E függvény outputja azt irja le, mennyit ad majd tényleg át az f egység az l egységnek. Amennyiben pl. a tranzakciós egység egy inperszonális piaci processzus, ugy az α függvény outputja e piaci processzus végeredménye.

A tranzakcióval kapcsolatos bizonytalanságok az outputnak, a tranzakciós utasitásnak a meghatározásában játszanak szerepet. Maga

az utasitás azonban már nem bizonytalan; ez az a szám, ami a következő ütemben valóban megvalósul. Azért irjuk le közlési /és nem fizikai változóval/, mert - absztraktan - ugy képzeljük, mintha a tranzakciós egység erre vonatkozó utasitást adna a két érdekelt transzformációs egységnek, s azután ők lebonyolitják egymásközt a tranzakciót, annak fizikai oldalát. Tehát pl. a "szerszámgép-piac" /ahol a szerszámgépvétel- és eladás kialakul/ mintegy "utasitja" a gép vevőjét és eladóját, hogy hajtsák végre az ügyletet.

A tranzakció nagysága a következőktől függ:

Ad 1. A memóriatartalomtól. Ebben megjelenhet egyrészt a "mult", pl. szokásos vevői-eladói kapcsolatok, kialakult termelési gyakorlat stb. De megjelenhetnek különböző változók is.

Az $A_{t,3}[e_j]$ memóriatartalom tartalmazhatja a következő lehetséges /de nem szükséges/ inputokat:

— Közlési változók gazdálkodási egységektől;

— Közlési változók más tranzakciós egységektől;

— Reflexiós változók a külvilágtól; az extern tényezők intenzitásáról.

Ad 2. A Készletjelentések. Ezek szükséges inputok, hogy a tranzakciós utasitás okvetlenül végrehajtható legyen. /Lásd alább a (16) formulát./

Ad 3. Az idő. A tranzakciók jellegzetes összetételének, irányának lehet valamilyen idő-trendje, tipikus eltolódása az időben.

Ad 4. A tranzakciót befolyásolja a véletlen.

A (15) tranzakciós utasitási függvénynek ki kell elégitenie a következő feltételt:

$$\sum_{\substack{l=1 \\ l \neq f}}^{F} r_{t,4} \left[e_j, f, \left(y_{t,5} [f, l, j] \right) \right] \leq$$

(16)

$$\leq r_{t,3} \left[f, e_j \left(u_{t,2} [f, f, j] \right) \right] .$$

A (16) feltétel teljesitése <u>a válaszfüggvény-együttes szükséges E. tulajdonsága.</u>

Verbális leirás. Érvényesülnie kell annak a triviális feltételnek, hogy egyetlen egység sem adhat át több terméket, mint amennyivel rendelkezik.

E feltétel rögzitésével kapcsolatban is érvényes az a megjegyzés, amelyet már a (9) és (10) formula után tettünk.

Ezt a feltételt egyenlőtlenség formájában adtuk meg, mert a tranzakció után maradhat saját termékkészlet.

<u>5. ütem</u>

Az 5. ütemben lezajlik a - tranzakciós utasitás szerint - a tranzakció:

$$(17) \quad y_{t,5} [f, l, j] = r_{t,4} \left[e_j, f, \left(y_{t,5} [f, l, j] \right) \right]$$

Verbális leirás. Miután a tranzakció terjedelme érdemben eldőlt az α függvény kiszámitásakor, itt most ez végrehajtásra kerül.

Mint emlitettük, a tranzakciókkal kapcsolatban a véletlen szerepe az α függvény független változójaként jut kifejezésre, s nem itt, a tranzakció végrehajtásában.

A tranzakcióval egyidőben már megkezdődik - más formában is - a következő, t+1 periódus előkészitése. Ennek első lépéseként a külvilág eljuttatja az erőforrás ö s s z v o l u m e n e ket a diszpoziciós egységeknek:

$$q_{t,5}\left[K+1,\ \delta_i, i\right] = \qquad i = 1,\dots,I;$$

(18)

$$\xi[i]\left(A_{t,4}\ [K+1]\ ,\ t,\ \omega^{(d)}_{t,5}\right) \qquad \delta_i = 2F+1,\dots,2F+I$$

Nevezzük (18)-at e r ő f o r r á s f ü g g v é n y n e k.

Verbális leirás. Az egész gazdaság rendelkezésére álló erőforrás-összvolumen függvénye a külvilág memóriatartalmának, az időnek és a véletlennek.

Az erőforrások összvolumene - a definiciónak megfelelően - kivülről adott a gazdaság számára. Az időtől és a véletlentől való függés nem kiván magyarázatot. A "memóriatartalomtól" való függés a külvilág esetében azt jelenti: a külvilágban is érvényesülhet bizonyos tehetetlenség.

Ezt egy példán szemléltetjük. Legyen a periódus egy év; a vizsgált erőforrás a népesség száma, amely az időnek - mondjuk - lineáris függvénye. Érvényrejuttatjuk a szimulációs modellben a véletlen ingadoztató hatását. Ha mármost pl. 1962-ben a lakosság növekedése nagyon lassu volt /a véletlen tényező hatására/, ugy az 1963-as, 1964-es stb. növekedésre rányomja bélyegét az 1962-es tényleges helyzet. A "külvilág" 1963-as "memóriatartalma" az 1962-es helyzetet őrzi meg. Ez fejeződik ki a (18) formula alakjában.

6. ütem.

Visszatérünk a transzformációs egységhez. Az f sorszámu transzformációs egység megállapitja a tranzakció utáni zárókészletet:

$$u_{t,6}\,[f,f,j] =$$

(19)

$$= \sum_{m=1}^{M[f]} x_{t,2}\,[f,f,m,j] - \sum_{\substack{l=1 \\ l \neq f}}^{F} y_{t,5}\,[f,l,j] +$$

$$+ \sum_{\substack{k=1 \\ k \neq f}}^{K} y_{t,5}\,[k,f,j] \qquad j = 1,\dots,J$$

Verbális leirás. A tranzakció utáni termékkészlet egyenlő a transzformáció utáni termékkészlettel, levonva belőle az átadott /ill. hozzáadva az átvett/ termékmennyiséget.

A zárókészletet jelenti az f+F sorszámu gazdálkodási egységnek. Ez egyidejü reflexiós változó:

$$(20)\quad r_{t,6}\left[f,f+F,\ \left(u_{t,6}\ [f,f,j]\right)\right] = u_{t,6}\ [f,f,j]$$

$$j = 1,\ldots,J.$$

Verbális leirás. A zárókészlet-jelentés egyenlő a tényleges zárókészlettel.

Erre is érvényes az, amit már korábban a "megfigyelésre" mondottunk: a transzformációs egységből a saját gazdálkodási egységbe menő közlést abszolut pontosnak tekintjük. Azt a tényt, hogy a valóságban a megfigyelés - pl. a vállalati készletek nyilvántartása - pontatlan, nem itt, hanem a gazdálkodási egység viselkedését leiró (24) formulában fogjuk reprezentálni. /Abban, hogy viselkedését befolyásolja, torzitja a véletlen stb./

Ugyanebben az ütemben a diszpoziciós egységek elosztják az erőforrásokat a transzformációs egységek között. Nevezzük azt a válaszfüggvényt, amelynek outputja a transzformációs egységeknek adott erőforrásvolumen, e r ő - f o r r á s e l o s z t á s i f ü g g v é n y nek és jelöljük $\beta\left[\delta_i\right]$ -vel.

$$(21)\quad q_{t,6}\ \left[\delta_i,\ f,j\right] = \beta\left[\delta_i\right]\left(A_{t,5}\ \left[\delta_i\right],\ q_{t,5}\ \left[K+1,\ \delta_i,i\right],t,\omega^{(d)}_{t,6}\right)$$

Verbális leirás. Az i sorszámu erőforrást elosztó diszpoziciós egység által a különböző transzformációs egységeknek adott erőforrás-volumen a következőktől függ:

1. A diszpoziciós egység saját memóriatartalmától.

2. A külvilágtól kapott erőforrás-összvolumentől.

3. Az időtől.

4. A véletlentől.

Mindenekelőtt a β függvénnyel kapcsolatban is megismételhetjük azt, amit fentebb már az α függvénnyel kapcsolatban elmondottunk: az erőforrás-volumen, amelyet e függvény meghatároz, a tényleges elosztást adja meg. A véletlen befolyása a q volumenek kiszámitásakor mutatkozik meg.

Vegyük sorba a független változókat:

Ad 1. A memória-tartalomnak itt különösen nagy a jelentősége. A legtöbb specifikált modellben a diszpoziciós egység nem valóságos intézményt, hanem inperszonális egységet, valamilyen társadalmi processzust képvisel. Erőforrások esetében ennek különösen nagy a tehetetlensége. Modellünk felfogása szerint pl. a diszpoziciós egység periódusonként végrehajtja pl. a munkaerő, a földterület stb. "ujrafelosztását" az egységek között. Világos azonban, hogy ez sok esetben majdnem puszta megismétlését jelenti a korábbi felosztásnak.

Ezen tulmenően a memóriatartalom tartalmazhat további lehetséges /de nem szükséges/ inputokat:

— Közlési változók gazdálkodási egységektől;

— Közlési változók más diszpoziciós egységektől;

— Reflexiós változók a külvilágtól; az extern tényezők intenzitásáról.

Ad 2. Világos, hogy az erőforrások felosztása függ a felosztható összvolumentől.

Ad 3. és 4. Az idő és a véletlen hatása a korábbi függvényekhez hasonlóan értelemezendő.

A (21) erőforrásfelosztási függvénynek ki kell elégitenie a következő feltételt:

$$(22) \quad \sum_{l=1}^{F} q_{t,6} \left[\delta_{i}, l, i \right] \leqq q_{t,5} \left[K+1, \delta_{i}, i \right] .$$

A (22) feltétel teljesitése <u>a válaszfüggvény-együttes szükséges F. tulajdonsága.</u>

Verbális leirás. A felosztott erőforrások volumenének összege nem lehet több a rendelkezésre álló összvolumennél.

Itt ismét triviális követelményről van szó. /Lásd a (10) formulához füzött megjegyzést./

A diszpoziciós egység a transzformációs egységnek elküldött erőforrásvolumenről értesiti a transzformációs egységért felelős gazdálkodási egységet is:

$$(23) \quad r_{t,6} \left[\delta_{i}, f+F \left(q_{t,6} \left[\delta_{i}, f, i \right] \right) \right] = q_{t,6} \left[\delta_{i}, f, i \right]$$

Verbális leirás. A gazdálkodási egységnek küldött értesités egyenlő a transzformációs egységnek ténylegesen adott erőforrásvolumennel.

Ez az "értesités" azért szükséges, mert - mint látni fogjuk - a gazdálkodási egységnek olyan erőforrás-ráforditási utasitást kell kiadnia, amely teljesithető, tehát tudnia kell, mennyi erőforrás van saját transzformációs egységénél.

7. ütem.

A gazdálkodási egység meghatározza és elküldi a transzformációs egységnek az erőforrás-ráforditási és termék-ráforditási utasitásokat. Nevezzük azt a válaszfüggvényt, amelynek outputja az emlitett utasitások együttese, r á f o r d i t á s - u t a s i t á s i függvénynek és jelöljük $\gamma\,[f+F]$ -fel.

$$
\left[\begin{array}{l}
r_{t,7}\left[f+F,f,\left(v_{t+1,1}^{(-,-,-,i)}\ [f,f,m]\right)\right] \\
r_{t,7}\left[f+F,f,\left(w_{t+1,1}^{(-,-,-,j)}\ [f,f,m]\right)\right]
\end{array}\right] =
$$

$$
= \gamma[f+F]\Bigg(A_{t,6}\ [f+F], \qquad (1)
$$

$$
r_{t,3}\left[f,f+F,\left(v_{t,1}^{(-,-,m,i)}\ [f,f]\right)\right], \qquad (2)
$$

$$
r_{t,3}\left[f,f+F,\left(w_{t,1}^{(-,-,m,j)}\ [f,f]\right)\right], \qquad (3)
$$

$$
r_{t,3}\left[f,f+F,\left(x_{t,2}^{(-,-,m,j)}\ [f,f]\right)\right], \qquad (4)
$$

(24)

$$
r_{t,6}\left[f,f+F,\left(u_{t,6}\ [f,f,j]\right)\right], \qquad (5)
$$

$$
r_{t,6}\left[\delta_1,f+F,\left(q_{t,6}\ [\delta_1,f,1]\right)\right],\ldots, \qquad (6)
$$

$$
r_{t,6}\left[\delta_I,f+F,\left(q_{t,6}\ [\delta_I,f,I]\right)\right],
$$

$$
t,\omega_{t,7}^{(d)}\Bigg). \qquad (7),(8)
$$

Verbális leirás. A γ függvénynek kétféle outputja van: az első sorban szerepel az erőforrás-ráforditási utasitás, a második sorban a termék-ráforditási utasitás.

A független változók rendre, azzal a számozással, amelyet a formula jobboldali margóján is feltüntettünk:

1. A gazdálkodási egység memória-tartalma.

2. A transzformációs egység erőforrásráforditása a megelőző transzformációban.

3. A transzformációs egység termékráforditása a megelőző transzformációban.

4. A transzformációs egység termék-kibocsátása a megelőző transzformációban.

5. A transzformációs egység termék-készlete a tranzakció után.

6. A transzformációs egység számára, a következő periódusra "kiutalt" erőforrásvolumenek.

7. Az idő.

8. A véletlen.

A γ függvénynek központi szerepe van a modellben. Ez irja le a gazdálkodási egység és a hozzá tartozó transzformációs egység viszonyát.

A γ függvény outputjára ugyanaz érvényes, amit már az α és a β függvényekről elmondottunk: itt a jövő periódus tényleges ráforditását számitjuk ki.

Azt a tényt pl., hogy egy vállalat nem teljesiti a számára adott minisztériumi utasitást, nem ugy irjuk le, hogy a transzformációs egység eltér a γ függvény által generált utasitástól. A minisztériumi utasitás ugyanis nem a vállalat termelését reprezentáló transzformációs egység, hanem a vállalat irányitását reprezentáló gazdálkodási egység inputja. Azaz: beérkezve a gazdálkodási egységbe, annak memóriájába kerül, s a γ függvény egyik független változójaként szereplő memóriatartalom elemévé válik. A vállalat fegyelmezetlensége, a minisztériumi utasitástól való eltérése abban fejeződik ki, hogy a γ függvény által generált output, azaz a transzformációs egységnek adott ráforditási utasitás eleve eltér attól a ráforditástól, amely a minisztériumi utasitás teljesitéséhez szükséges lenne.

Vegyük sorra a független változókat.

Ad 1. A memóriatartalom, akárcsak a többi egységnél, egyrészt az egység "multját" reprezentálja. A memóriatartalomtól való függésben itt is kifejezésre juttatjuk a gazdálkodási egység "tehetetlenségét", ill. az uj impulzusokhoz való alkalmazkodási készségét.

Ezen tulmenően a memóriatartalom tartalmazhat további lehetséges /de nem szükséges/ inputokat:

— Közlési változók más gazdálkodási egységektől;

— Közlési változók diszpoziciós és tranzakciós egységektől;

— Reflexiós változók /megfigyelések/ más (k ≠ f) transzformációs egységek erőforrás-ráforditásairól, termék-ráforditásairól és termék-kibocsátásairól;

— Reflexiós változók a külvilágtól; az extern tényezők intenzitásáról.

Ad 2.-3.-4. A következő periódusbeli transzformációra befolyást gyakorolhat a most lezajlott transzformáció valamennyi jellemzője: mind a ráforditásoké, mind a kibocsátásoké.

Ad 5.-6. A most rendelkezésre álló termék-készletek és erőforrás-volumenek bekorlátozzák a lehetséges ráforditásokat. /Erről az alábbiakban még szólunk./

Ad 7.-8. Az idő és a véletlen szerepe hasonló ahhoz, amit már a többi függvénnyel kapcsolatban elmondottunk.

A ráforditás-utasitási függvénynek ki kell elégitenie a (9) és (10) feltételeknek, azaz érvényesülnie kell a válaszfüggvény-együttes szükséges C. és D. tulajdonságainak.

Itt a már korábban emlitett két követelmény érvényesitéséről van szó: nem lehet több terméket és ráforditást felhasználni, mint amennyi rendelkezésre áll. Itt ismét megemlitjük: noha ez a követelmény magátólértetődő, egy szimulációs modellben, amelyben egyes adatokat "randomizálva", véletlenszerüen választunk meg, ennek érvényesitése nem könnyü. Ezt egy egyszerü példán szemléltetjük.

Tegyük fel, hogy a γ függvényt következőképpen specifikáljuk:

Első lépésként matematikai programozással kiszámitjuk a transzformációs egységnek a gazdálkodási egység preferenciái szerinti optimális tervét, s ebből meghatározzuk egy előzetes terv-elgondolást. Az egység "tehetetlenségét" azzal reprezentáljuk, hogy - második lépésként - meghatározzuk az optimális előzetes terv-elgondolás és a korábbi tényleges ráforditás, ill. termelés sulyozott közepét. Utána, a véletlen hatásának reprezentálására - harmadik lépésként - e sulyozott közepeket még véletlenszerüen "ingadoztatott" számokkal szorozzuk be.

A probléma az, hogy a harmadik lépésben nyert terv esetleg teljesithetetlen, holott teljesithető előirányzatokhoz kell eljutnunk, hiszen a szimuláció valóságos müködést ir le. /Azaz nem irhat le olyat, ami lehetetlen./

Ezért - negyedik lépésként - az optimalizált, a "tehetetlenség" figyelembevételével módositott, majd "véletlenesitett" számokat esetleg ujra korrigálni kell, hogy teljesithető utasitásokat fejezzenek ki.

A pontosság kedvéért megemlitjük még a következőket:

A γ függvénynek természetesen nem közvetlenül a (9) és (10) formulákban leirt feltételeket kell kielégitenie, hanem - értelemszerüen - az emlitett formulák baloldalán a ráforditási utasitásoknak, a jobboldalon, az argumentumban pedig az erőforrás-volumenre és a termékkészletre vonatkozó reflexiós jelentéseknek kell szerepelniök. Ez következik abból,

hogy a γ függvény nem a reális transzformációt irja le, hanem annak a közlésnek a generálását, amely majd a transzformációt szabályozza.

Ugyanebben az ütemben kerül sor az extern tényezők intenzitásának kiszámitására. Az extern tényezők intenzitása minden transzformációs egységre vonatkozóan azonos:

$$p_{t,7}\,[K+1,\ i\ ,g] = p_{t,7}\,[K+1,\ K+1,\ g] =$$

(25)

$$\varrho[g]\left(A_{t,6}\,[K+1],\ t,\ \omega^{(d)}_{t,7}\right) \qquad \begin{array}{l} g = 1,\ldots,G; \\ i = 1,\ldots,F \end{array}$$

Nevezzük (25)-t az e x t e r n t é n y e z ő k f ü g g v é n y é nek.

Verbális leirás. Az extern tényező intenzitása függ a külvilág "memóriatartalmától", az időtől és a véletlentől.

E függvény analóg az erőforrások összvolumenét generáló ξ függvénnyel, a (18) formulával; az értelmezést lásd ott.

A gazdálkodási, diszpoziciós és tranzakciós egységekhez nem mennek fizikai változók, hanem csupán ezt tükröző egyidejü reflexiós változók:

$$r_{t,7}\left[K+1,\ l\ ,\ \left(p_{t,7}\ [K+1,\ K+1,\ g]\right)\right] =$$

(26)

$$= p_{t,7}\ [K+1,\ K+1,\ g] \qquad l = F+1,\ldots,K$$

Verbális leirás. A gazdálkodási, diszpoziciós és a tranzakciós egységeknek küldött "értesitések" az extern tényezők intenzitásáról azonosak a transzformációs egységeknek küldött megfelelő fizikai változókkal.

A (25) és (26) képlet megkülönböztetése teljesen formális. Kizárólag azért tesszük, hogy következetesek legyünk ahhoz az elvhez, hogy a gazdálkodási és diszpoziciós egységek inputja nem lehet fizikai, csak közlési változó. /Amint arra majd visszatérünk, a diszpoziciós egységekre vonatkozóan nem biztositható ez az elv teljes következetességgel./ A (26) formulában azonban a diszpoziciós egységekhez is reflexiós változókat cimeztünk.

7.3. Lehetséges és szükséges inputok és outputok

Az alábbiakban táblázatos formában tekintjük át a lehetséges és szükséges inputokat és outputokat. A táblázatokat az egységek sorszámának, s ezen belül az ütemek sorszámának sorrendjében rendeztük.

Az inputok beérkezési, és az outputok kiküldési ütemsorszámát csak ott adtuk meg, ahol ez a 7.2. szakaszban leirtakból egyértelmüen adott. /Ez a helyzet minden szükséges és egyes lehetséges inputokkal és outputokkal./ A többinél a táblázat ütem-sorszám oszlopában gondolatjel szerepel.

Transzformációs egységek inputjai és outputjai — 1. táblázat

INPUTOK

A változó megnevezése	Feladó	Csak lehetséges vagy szükséges is?	Beérkezés üteme
Tranzakciós utasitás	Tranzakciós egység	szükséges	4.
Tranzakció /terméket kap/	Más transzformációs egység	szükséges	5.
Erőforrásvolumen	Diszpoziciós egység	szükséges	6.
Erőforrás-ráforditási és termék-ráforditási utasitás	Saját gazdálkodási egység	szükséges	7.
Extern tényező intenzitása	Külvilág	szükséges	7.

OUTPUTOK

A változó megnevezése	Cimzett	Csak lehetséges, vagy szükséges is?	Kiküldés üteme
Erőforrás-ráforditás és termék-ráforditás	Önmaga: a transzformációs egység	szükséges	1.
Termékkészlet jelentése	Tranzakciós egység	szükséges	3.
Utólagos reflexió: erőforrás-ráforditás, termék-ráforditás és termék-kibocsátás megfigyelése	Saját gazdálkodási egység	szükséges	3.
	Más gazdálkodási egységek	lehetséges	3.
Tranzakció /terméket ad/	Más transzformációs egység	szükséges	5.
Termékkészlet jelentése	Saját gazdálkodási egység	szükséges	6.

Gazdálkodási egységek inputjai és outputjai — 2. táblázat

INPUTOK

A változó megnevezése	Feladó	Csak lehetséges vagy szükséges is?	Beérkezés üteme
Utólagos reflexió: erőforrás-ráforditás, termék-ráforditás és termék-kibocsátás megfigyelése	Saját transzformációs egység	szükséges	3.
	Más transzformációs egységek	lehetséges	3.
Termékkészlet jelentés	Saját transzformációs egység	szükséges	6.
Értesités a saját transzformációs egységnek adott erőforrásvolumenről	Diszpoziciós egység	szükséges	6.
Reflexiós változók: extern tényezők intenzitása	Külvilág	lehetséges	7.
Közlési változók	Más gazdálkodási egységek, diszpoziciós és tranzakciós egységek	lehetséges	-

OUTPUTOK

A változó megnevezése	Cimzett	Csak lehetséges vagy szükséges is?	Kiküldés üteme
Erőforrás-ráforditási és termék-ráforditási utasitás	Saját transzformációs egység	szükséges	7.
Közlési változók	Más gazdálkodási egységek, diszpoziciós és tranzakciós egységek	lehetséges	-

Diszpoziciós egységek inputjai és outputjai — 3. táblázat

INPUTOK

A változó megnevezése	Feladó	Csak lehetséges, vagy szükséges is?	Beérkezés üteme
Erőforrás-összvolumen	Külvilág	Szükséges	5.
Reflexiós változók: extern tényezők intenzitása	Külvilág	Lehetséges	7.
Közlési változók	Gazdálkodási egységek, más diszpoziciós egységek	Lehetséges	-

OUTPUTOK

A változó megnevezése	Cimzett	Csak lehetséges, vagy szükséges is?	Kiküldés üteme
Erőforrás-volumen	Transzformációs egységek	Szükséges	6.
Értesités a transzformációs egységnek adott erőforrásvolumenről	Gazdálkodási egységek	Szükséges	6.
Közlési változók	Gazdálkodási egységek, más diszpoziciós egységek	Lehetséges	-

Tranzakciós egységek inputjai és outputjai — 4. táblázat

INPUTOK

A változó megnevezése	Feladó	Csak lehetséges vagy szükséges is?	Beérkezés üteme
Termékkészlet jelentése	Transzformációs egységek	Szükséges	3.
Reflexiós változók: extern tényezők intenzitása	Külvilág	Lehetséges	7.
Közlési változók	Gazdálkodási egységek, más tranzakciós egységek	Lehetséges	-

OUTPUTOK

A változó megnevezése	Cimzett	Csak lehetséges vagy szükséges is?	Kiküldés üteme
Tranzakciós utasitás	Transzformációs egységek	Szükséges	4.
Közlési változók	Gazdálkodási egységek, más tranzakciós egységek	Lehetséges	-

A külvilág outputjai

5. táblázat

OUTPUTOK

A változó megnevezése	Cimzett	Csak lehetséges vagy szükséges is?	Kiküldés üteme
Erőforrás-összvolumen	Diszpoziciós egységek	Szükséges	5.
Extern tényezők intenzitása	Transzformációs egységek	Szükséges	7.
Reflexiós változók	Gazdálkodási, diszpoziciós és tranzakciós egységek	Lehetséges	7.

A lehetséges és szükséges outputok áttekintése után megadhatjuk az alábbi definíciókat:

L e h e t s é g e s v á l a s z f ü g g v é n y e k mindazon válaszfüggvények, amelyek outputjai lehetséges.

S z ü k s é g e s v á l a s z f ü g g v é n y e k mindazon lehetséges válaszfüggvények, amelyek outputja szükséges.

7.4. A vegetativ működési processzus és a kiegészitő kommunikációs processzus fogalma

Ezek után megadhatjuk a v e g e t a t i v m ü k ö d é s i p r o c e s s z u s definicióját.

A vegetativ működési processzust a (6) - (8), (11) - (15), (17) - (21) és (23) - (26) formulákban leirt szükséges válaszfüggvények és a hozzájuk tartozó szükséges inputok és outputok irják le.

A "vegetativ működési processzus" elnevezés arra utal, hogy itt a társadalmi gazdaság elemi "anyagcseréjéről", minden társadalmi rendszerben szükséges, nélkülözhetetlen folyamatairól van szó. Akár kapitalizmussal, akár szocializmussal van dolgunk, s bármilyen mechanizmussal működjenek is azok - mindig folyik transzformáció, tranzakció, erőforrás-elosztás, a transzformáció szabályozása stb. A vegetativ működési processzus szükséges válaszfüggvényei ezeket a minden rendszerben nélkülözhetetlen folyamatokat irják le.

Más kérdés, hogy a vegetativ müködési processzus nem egyformán megy végbe a különböző rendszerekben - erre még visszatérünk.

Jelöljük $\varkappa$ [k,c] -vel a válaszfüggvények egy eddig nem tárgyalt osztályát: a k sorszámu egység ($F+1 \leqq k \leqq K$) c sorszámu ($c = 1,\ldots,C[k]$) k ö z l é s i f ü g g v é n y é t . A közlési függvények együttese, minden gazdálkodási, diszpoziciós és tranzakciós egységre, alkotja a k i e g é s z i t ő k o m m u n i k á c i ó s p r o c e s s z u s t . Amennyiben a müködési processzus a vegetativ müködési processzuson tul még kiegészitő kommunikációs processzussal is kibővül, ugy ez módositja a vegetativ müködési processzust is:

a/ Az α , β és γ függvények argumentumában a szükséges inputokon kivül megjelennek további lehetséges inputok is. Ezek közlési változók, amelyeket a $\varkappa$ függvények generáltak.

b/ Esetleg /bár nem szükségképpen/ 7-nél több ütemre van szükség, a közlési függvények közti ütemeltérités biztositására.

A $\varkappa$ közlési függvények - az ütembeosztás szempontjából lehetséges, de nem szükséges válaszfüggvényeknek minősülnek.x/

---

x/ A lehetséges és szükséges válaszfüggvények fogalmát a 4.2. szakaszban, az ütem-beosztással kapcsolatban használtuk fel.

A vegetativ müködési processzus is magában foglal kommunikációs kapcsolatokat.

— A transzformációs egység utasitást kap saját gazdálkodási egységétől.

— A transzformációs egység müködését, ill. annak egyes oldalait megfigyeli saját gazdálkodási egysége és az érdekelt tranzakciós egységek.

— A gazdálkodási egység értesitéseket kap a diszpoziciós egységektől.

A gazdaságban ezen tulmenően rendszerint sokféle kommunikációs kapcsolat van. Minél bonyolultabb gazdaságról van szó, annál többféle. Ez utóbbiakhoz szükséges közlési változókat generálják a $\varkappa$ függvények.

Az általános modell keretei között csupán ilyen kapcsolatok létét állapitjuk meg; ezek részletezése már a modellek konkretizálásához tartozik.

8. Összefoglaló definiciók

8.1. A vegetativ müködési processzus regularitása

Valamely komplett modell müködését leiró vegetativ müködési processzust r e g u l á r i s nak nevezünk, ha megfelel a következő feltételeknek:

1. A szükséges válaszfüggvények ütembeosztása reguláris. /Szinkronizáltság./
2. Minden lehetséges output a cimzett egység lehetséges inputja. /Értelmezhetőség./[x]
3. Tetszőleges φ' válaszfüggvény egyértelmü meghatározásához szükséges input valamennyi elemét egyértelmüen szolgáltatják a többi φ'' válaszfüggvény ($\varphi' \neq \varphi''$) outputjai. /Egyértelmüség./
4. A válaszfüggvények együttese rendelkezik a szükséges A.-F. tulajdonságokkal és generálja az 1.-5. táblázatokban megadott szükséges outputokat. /Müködőképesség./

A regularitás nem jelent értékitéletet a leirt rendszer hatékonyságáról. A modellben szereplő vegetativ müködési processzus regularitásának biztositása célszerü annak érdekében, hogy a/ a modell számológépre programozható legyen és b/ "munkaképes" legyen; azaz rendelkezzék olyan elemi tulajdonságokkal, amelyek nélkül semmilyen valóságos rendszert nem reprezentálhatna.

A regularitás 1., 2. és 4. feltételének teljesitése általában nem okoz problémát; ez inkább csak a modell alkalmas megszerkesztését igényli. Viszont a 3. feltétel, az egyértelmüség követelménye már a modell tartalmával függ össze /a válaszfüggvények matematikai természete, a véletlen változók kezelése stb./.

Analóg regularitási kritériumok felállithatók egy kiegészitő kommunikációs processzussal kibővitett modellre is.

A további kutatásban elméletileg vizsgálható: milyen α , β , γ , ϑ , $\varkappa$, ξ és ϱ függvények együttese /a 7.2. szakaszban leirt egyéb relációkkal együtt/ elégiti ki a regularitás ismérveit, s különösen az egyértelmüség ismérvét.

8.2. Kommunikációs kapcsolat és hálózat

A k és az l sorszámu egységek kommunikációs kapcsolatban állnak egymással, ha a k sorszámu egység válaszfüggvényei közül legalább egynek a lehetséges outputjai között szerepel egy $r_{t,s}[k, l, h^0]$ közlési változó, amelynek cimzettje az l sorszámu egység és az l sorszámu egység válaszfüggvényei között van olyan, amelynek lehetséges inputjai között szerepel az $r_{t,s}[k, l, h^0]$ közlési változó.

A kommunikációs kapcsolatok összessége alkotja a rendszer k o m m u n i k á c i ó s h á l ó z a t á t. Ez leirható alkalmas gráffal, illetve az ahhoz hozzárendelhető mátrix-szal.

Valamely rendszer müködésébe mély bepillantást nyujt kommunikációs hálózatának leirása.

A kommunikációs hálózat nem önálló jellemzője a rendszernek. Ha megadtuk a rendszer válaszfüggvényeit, ezzel - implicite - megadtuk kommunikációs hálózatát is.

A kommunikációs hálózatot - első megközelitésben - jellemezhetjük egy négyzetes mátrix-szal, amelynek sorait és oszlopait az egységek sorszámai szerint rendezzük; a sorokat feladók, az oszlopokat cimzettek szerint. A k-adik sorban és l -edik oszlopban lévő elem 0, ha a k sorszámu egység, mint feladó és az l sorszámu egység mint cimzett között nincs kommunikációs kapcsolat; az elem 1, ha van ilyen kommunikációs kapcsolat.

8.3. Reálszféra és mechanizmus

A rendszer egységeit egyértelmüen két s z f é r á b a sorolhatjuk: 1. a r e á l s z f é r a : ide tartoznak a transzformációs egységek és a külvilág; 2. a m e c h a n i z m u s : ide tartoznak a gazdálkodási, diszpoziciós és tranzakciós egységek.

Mindkét szféra müködését leirják a szférába sorolt egységek válaszfüggvényei. Ezek közül egyesek alakja bármely konkrét modellben azonos. Ilyenek a (6), (7), (11) - (14), (17), (19), (20), (23) és (24) formulában leirt válaszfüggvények. Ezek egyszerü aritmetikai kifejezések, amelyek valamely konkrét rendszer müködésére nem jellemzőek.

Ezzel szemben vannak k a r a k t e r i s z t i k u s v á l a s z f ü g g v é n y e k , amelyek specifikált megadásával a különböző konkrét rendszereket megkülönböztetjük egymástól. A karakterisztikus válaszfüggvények a következők:

Reálszféra	Transzformációs egység	ϑ	transzformációs függvény /lásd a (8) formulát/
	Külvilág	ξ	erőforrásfüggvény /lásd a (18) formulát/
		ϱ	extern tényezők függvénye /lásd a (25) formulát/
Mechanizmus	Gazdálkodási egység	γ	ráforditás-utasitási függvény /lásd a (24) formulát/
	Diszpoziciós egység	β	erőforrás-elosztási függvény /lásd a (21) formulát/
	Tranzakciós egység	α	tranzakciós utasitási függvény /lásd a (15) formulát/
	Gazdálkodási, diszpoziciós és tranzakciós egységek	$\varkappa$	közlési függvény

A reálszféra és a mechanizmus megkülönböztetésére még a következőket szükséges megemliteni:

A reálszféra egységei között közvetlenül kizárólag fizikai változók áramlanak.

A mechanizmus egységei között közvetlenül kizárólag közlési változók áramlanak.

A reálszférától a mechanizmusba kizárólag reflexiós változók áramlanak.

A mechanizmustól a reálszférába - egy kivétellel[x/] - közlési változók áramlanak.

A vegetativ müködési processzusban résztvesz mind a reálszféra, mind a mechanizmus. A kiegészitő kommunikációs processzus kizárólag a mechanizmusban zajlik le és csak az α, β és γ függvényeken át hat a reálszférára.

---

x/ A kivétel: az erőforrásvolumen. Az erőforrások elosztása leirható lenne ugy is, hogy a diszpoziciós egység egy erőforrás-elosztási utasitást /közlési változót/ ad a külvilágnak, majd a külvilág osztja el /fizikai változóval/ a transzformációs egységek között.

Ezesetben következetesek lennénk ahhoz a szemponthoz, hogy a mechanizmusból a reálszférába csak közlési változók áramlanak. Viszont inputot kapna a külvilág is, ami ellentmond a külvilág definiciójának.

III. RÉSZ:

A MODELLEK KONKRETIZÁLÁSÁNAK UTJAI

1. A konkretizálás két fokozata

1.1. A tárgyalás áttekintése

Miután a tanulmány II. részében leirtuk, melyek a kutatásunkban alkalmazásra kerülő modell-család közös ismertetőjegyei, ebben a részben a modellek konkretizálásának kérdéseivel foglalkozunk.

Eddig mindössze egyetlen konkrét modellt szerkesztettünk meg. Ez az "1. modell" még nem alkalmas tényleges gazdasági összefüggések mélyebb, realisztikus jellemzésére. Inkább "ujjgyakorlatnak" tekintjük, a szimulációs modellek technikájának begyakorlására, rutin szerzésére. Jelen tanulmányban nem ismertetjük az 1. modellt, legfeljebb néhányszor hivatkozunk majd, illusztrációképpen, egyes vonásaira.x/

A tanulmány most következő III. részében két kérdésre felelünk:

Az 1. fejezetben: mit jelent a "modell konkretizálásának" fogalma.

A 2. fejezetben: milyen forrásokat vehetünk igénybe a modellek konkretizálásához.

A tárgyalás megkezdése előtt előre kell bocsátanunk egy általános megjegyzést. A modellek konkretizálása rendkivül nehéznek igérkezik. Már első konkretizálási kisérleteink is jelezték ezt. Kevés még a gyakorlati tapasztalatunk. Ezért a most következő fejezetek nem adhatnak kiforrott metodikát, inkább csak előlegezik metodikai elképzeléseinket.

---

x/ Az 1. modell vázlatát a [29] feljegyzés ismertette, részletes leirását az [54] tanulmány közli.

1.2. A modell specifikálása

Az általános modell konkretizálása két fokozatban történik. Az első fokozat: a modell s p e c i f i k á l á s a ; a második fokozat a már specifikált modell s z á m s z e r ü s i t é s e .

Mikor tekintjük a modellt specifikáltnak?

1. Meghatároztuk, hogy a modellben mely elem-kategóriák szerepeljenek. Tehát: "komplett modellel" dolgozunk-e, amelyben extern tényezők, termékek és erőforrások is szerepelnek, vagy nem-kompakt modellel. /Pl. eltekintünk extern tényezők létezésétől./

2. Specifikáltuk a modell karakterisztikus válaszfüggvényeit. /Felsorolásukat lásd a II. rész 8.3. szakaszában./ A válaszfüggvények specifikálása a következőket foglalja magában:

2-a/ Az általános modellben "tartalomjegyzékszerüen" felsoroltuk, hogy valamely függő változó mely független változóktól függhet. Most meg kell határoznunk, vajon valóban függ-e valamennyitől, vagy egyes függéseket figyelmen kivül hagyunk. Pl. az általános modell (8) transzformációs függvényében a termék-kibocsátás explicit függvénye az időnek. Ez azonban nem kötelező minden specifikált modellben; egyes esetekben dolgozhatunk pl. olyan transzformációs függvényekkel, amelyekben az időtől független konstans technológiai paraméterek szerepelnek. Vagy egy másik példa. Minden karakterisztikus függvényünket ugy irjuk le az általános modellben, hogy az output függ a véletlentől. Egyes modellekben eltekinthetünk ettől, s az outputot kezelhetjük determinisztikusan.

2-b/ Az általános modellben csupán a függés tényét jeleztük, most azonban meg kell adnunk, matematikailag, a függés természetét is. Ez egyszerübb esetekben egy függvénykifejezést jelent; más esetekben egyenletrendszereket, feltételes utasitásokat, matematikai programozási feladatokat stb. - általában meghatározott algoritmusokat - kell megadni.

2-c/ A 2-b/ alatt mondottak kiegészitéseképpen meg kell adni a függvényérték kiszámitásának algoritmusát. Ragaszkodnunk kell ahhoz, hogy az algoritmus véges legyen.[x/]

Nem kötelező, de természetesen célszerü gyors algoritmus alkalmazása, tekintettel arra, hogy itt nagyon sokszor - minden periódusban - ki kell számitani a szóbanforgó függvényt. Mivel itt nincsen nagy jelentősége a számitás pontosságának, rendszerint megelégedhetünk gyors közelitő módszerekkel.

2-d/ A válaszfüggvények specifikálásakor eldöntjük, hogy tulajdonképpen mit fejezzenek ki a müködési változók. Ezen belül is legkevésbé magátólértetődő, legspecifikusabb: milyen közlési változó-tipusokat szerepeltetünk. /Pl. piaci kereslati és kinálati ajánlásokat, vagy kötelező tervutasitásokat stb./

2-e/ Meg kell adnunk minden válaszfüggvényhez az inputok feladóinak és az outputok cimzetteinek körét. Ez valójában a rendszer kommunikációs hálózatának kijelölését jelenti: melyik egység mely egységekkel áll kapcsolatban.

e-f/ A vegetativ müködési processzusát rendszerint kibővitjük kiegészitő kommunikációs processzussal. Utóbbi ütembe-

---

x/ Lásd az általános modellben a válaszfüggvények szükséges A. tulajdonságát. /II. rész, 6. fejezet./

Ott már utaltunk arra, hogy amennyiben a függvényérték exakt meghatározása véges algoritmussal nem végezhető el, akkor olyan másik, közelitő függvénnyel kell pótolni, amelynek értéke véges algoritmussal meghatározható.

osztása egyszerübb esetekben megoldható a vegetativ müködési processzus ütembeosztásán belül, mégpedig olyankor, amikor a kommunikációs processzus is ismétlődő, ciklikus jellegü, s logikai sorrendjének érvényesitéséhez nincs szükség hét ütemnél többre. /Ez a helyzet pl. 1. modellünkben./ Ha ez nem oldható meg, akkor megfelelően biztositani kell a kommunikációs processzus logikus sorrendjét.x/ Ennek részleteire nem térünk ki.

A specifikált modell kétféle formában irható le.

A/ Matematikai formában. Ez esetben nem szerepelnek benne számok, csak szimbólumok. Biztositottuk azonban, hogy amennyiben a szimbólumok helyébe számokat helyettesitünk, akkor a válaszfüggvények értékei akár "kézzel" is kiszámithatók.

B/ Gépi program formájában. Ez esetben a specifikált modell a gépnek adott utasitások együttese, amely egy programszalag formájában közölhető a géppel. Ha ezekután egy megfelelő adatszalagot is beadunk a gépnek, akkor ez kiszámitja a válaszfüggvények értékeit.

A modell tehát akkor tekinthető specifikáltnak, ha kivétel nélkül tartalmazza mindazt az információt, amelyet egy szimulációs modell gépi programjának tartalmaznia kell, s kizárólag a számok, az adatok hiányoznak a számolás elindításához.

---

x/ Ez jelentheti egy második ciklus szerepeltetését; e ciklus független a transzformáció tartamához kapcsolódó, a vegetativ müködési processzus beosztását meghatározó periódustól. Ilyenkor az α , β és γ válaszfüggvényekre mindig csak az aktuális memóriatartalom révén gyakorol befolyást a kommunikációs processzus, függetlenül attól, hogy utóbbi éppen hol tart.

Jelöljük a továbbiakban a specifikált modelleket M_1 -gyel, M_2 -vel, ..., M_i -vel.x/

1.3. A modell numerikus jellemzői

A már specifikált M_i modell számszerüsitéséhez meg kell adni a modell n u m e r i k u s j e l l e m z ő i t . A numerikus jellemzők három fő csoportba sorolhatók:

1. Az egyes elem-kategóriákba /ezen belül az esetleges al-kategóriákba/ tartozó elemek száma. Pl. a modellben szereplő termékek, erőforrások, transzformációs egységek stb. száma. Nevezzük ezeket k e r e t p a r a m é t e r e k nek. Ezzel számszerüsitjük a rendszer szervezetét. Az elemek száma egy-egy kisérleti számitáson belül nem változik.

2. A müködési változók 0-periódusbeli, k e z d ő é r t é k e i . A müködési változók értékét az 1. periódustól kezdve a rendszer maga határozza meg, de kiinduló nagyságukat kivülről kell megadnunk.

A válaszfüggvények közti összefüggések természetétől, a rendszer szabadságfokától függően esetleg nem szükséges, ill. nem lehetséges valamennyi müködési változó kezdő, értékét egymástól függetlenül megadni.

3. A válaszfüggvényekben szereplő p a r a m é t e r e k . Ezek egy-egy kisérleti számitáson belül ugyancsak nem változnak. Ilyen paraméter pl. a fogyasztói transzformá-

---

x/ Itt - és a tanulmány hátralévő részében - felhasználunk jelölésekre olyan betüket is, amelyeket a II. részben, az általános modell leirásakor más fogalmak reprezentálására használtunk fel.

ciós egység válaszfüggvényében /gyakorlatilag: keresleti függvényében/ szereplő kitevők és együtthatók; a termelési transzformációs egység költségfüggvényében szereplő kitevők és együtthatók és igy tovább.

Jelöljük a már specifikált M_i modell számszerüsitéséhez szükséges numerikus jellemzők együttesét N_{ij} -vel. A specifikált modell, valamint a keretparaméterek ismeretében egyértelmüen meghatározható, hogy valamely M_i specifikált modellhez tartozó N_{ij} együttes hány elemből áll, azaz hány numerikus jellemzőt kell megadnunk, hogy a számitás megindítható legyen.

A specifikált és számszerüsitett modellt nevezzük k o n k r é t modellnek. Jelölése: M_{ij}.

Minden egyes számitás, amelyet valamely konkrét modellel lefuttatunk, egy-egy k i s é r l e t nek minősül. Ugyanazon konkrét modellel végzett kisérletek megismétlése nem jár okvetlenül azonos számszerü eredményekkel, mert hiszen - amint arról a következő szakaszban még szó lesz - szerephez juttatjuk a véletlent is.

Azoknak a kisérleteknek az együttesét, amelyek mindvégig azonos specifikált modellel, de egymástól eltérő numerikus jellemzőkkel /tehát pl. az $M_{1,1}$, $M_{1,2}$, $M_{1,3}$ stb. konkrét modellekkel/ hajtunk végre, k i s é r l e t s o r o z a t nak nevezzük.

Megkülönböztethetjük a kisérletsorozat két fokozatát. E g y s z e r ü k i s é r l e t s o r o z a t o t hajtunk végre, ha kisérletről-kisérletre csupán a változók kezdő értékeit módositjuk; ö s s z e t e t t k i s é r l e t s o r o z a t o t hajtunk végre a paraméter-értékek módositása esetén.

1.4. Randomizálás

A véletlentől való függés leirására első konkrét modelleinkben a lehető legegyszerübb eljárást választjuk.

Azokat a számokat, amelyekről feltesszük, hogy a véletlentől is függnek, először kiszámitjuk determinisztikus kifejezésekkel, a véletlen hatásának figyelembevétele nélkül. Utána pedig az igy kapott értéket megszorozzuk egy r a n d o m i z á l ó f a k t o r ral. A randomizáló faktor valószinüségi változó. Olyan szám, amelynek értéke az 1. konkrét modellben 1 körül ingadozik.

A modell specifikálásakor megadjuk minden olyan outputhoz, amely a véletlentől függ, a hozzátartozó randomizáló faktor eloszlásának tipusát. Pl. megadjuk, hogy a randomizáló faktor csonkitott normális eloszlásu változó, amely a [0,2] intervallumot nem lépheti tul, s várható értéke 1. A modell számszerüsitésekor pedig megadjuk a szórás számszerü nagyságát is.

A gépi programban azután szerepeltetünk egy eljárást, amelynek utasitására a gép véletlen számokat állit elő, mégpedig ugy, hogy eloszlásuk megfeleljen az előirt eloszlásnak. /A véletlen számok gépi generálásának technikájára itt nem szükséges kitérnünk./

Lássunk egy példát. Tételezzük fel, hogy a termelési terv tényleges teljesitése véletlenszerüen tér el a tervtől, mégpedig szimmetrikusan: a tulteljesitésnek és az elmaradásnak egyenlő az esélye.[x/] Ezt megtehetjük a fenti példában már leirt eloszlástipus alkalmazásával. Ezekután a tényleges

---

x/ Ez nem kötelező. Szimulálhatunk olyan véletlen eltérést is, amelyben mondjuk az elmaradás esélye nagyobb, mint a tulteljesitésé vagy megforditva.

termelést a gép ugy számitja ki, hogy az első periódusban a tervet megszorozza mondjuk 0,97-tel, a második periódusban 1,11-gyel, a harmadik periódusban 1,02-vel, a negyedik periódusban 0,89-cel és igy tovább, ahol 0,97; 1,11; 1,02; 0,89 ... a gép által generált véletlen számok. E számok sorozatának eloszlása megfelel a modellben feltételezett valószinüségi eloszlásnak. /Tehát pl. számtani közepük a periódusok számát növelve tart az 1-hez; sohasem negativ és nem több 2-nél és igy tovább./

A randomizáló eljárásra vonatkozó gépi program-részek egyébként olyan "épitőkockákat" alkotnak, amelyek nem csupán egyetlen, hanem egész sor specifikált modellbe épithetők bele.

További kutatásunkban - elsősorban a kérdés irodalmának beható tanulmányozása alapján - vizsgálni kivánjuk, milyen egyéb eljárásokat lehetséges és érdemes alkalmazni modelleinkben a véletlen hatások szimulálására.

1.5. Viselkedési paraméterek

A kisérletek, kisérletsorozatok célja: közgazdaságilag értelmezhető összehasonlitásokat tenni.

Tanulságos pl. megvizsgálni, hogyan müködik ugyanaz a mechanizmus, ha a termelő transzformációs egységekben növekvő, állandó vagy csökkenő hozadék érvényesül. E vizsgálatot kényelmesebbé teszi, ha nem kell háromféle specifikált modellel dolgoznunk, hanem a három eset reprezentálható ugyanazon specifikált modellen belül, csupán egy numerikus jellemző alkalmas módositásával. Igy pl. alkalmazhatjuk a következő nyereségfüggvényt:

$$R(x) = p\,x - (a + b\,x + c\,x^d),$$

ahol R a nyereség, x a termelés volumene, p az egységár, a, b, c és d pedig a költségalakulást jellemző paraméterek. Ebben a függvényben $0 < d < 1$ növekvő hozadékot, $d = 1$ állandó hozadékot, $d > 1$ pedig csökkenő hozadékot biztosit.x/

Egy másik példa. Feltételezzük, hogy a t periódusban a tényleges termelés P_t sulyozott közepe két nagyságnak, az előbbi periódusbeli tényleges termelésnek, P_{t-1} -nek és az uj, t-periódusbeli helyzethez optimálisan alkalmazkodó termelési terv-elképzelésnek, P_t' -nek:

$$P_t = \lambda\, P_{t-1} + (1 - \lambda)\, P_t' \qquad 0 \leqq \lambda \leqq 1$$

Itt λ egy "tehetetlenségi tényező". Ha $\lambda = 0$, akkor a termelő vállalat maximálisan alkalmazkodik az uj helyzethez, tekintet nélkül korábbi termelési szintjére. Ha $\lambda = 1$, akkor a vállalat teljesen "tehetetlen", csupán eddigi magatartását tudja mereven folytatni, s nem tud alkalmazkodni az uj helyzethez. Ha $0 < \lambda < 1$, ugy a két extrém viselkedés közti átmenet érvényesül.

Mint látjuk, a d költségkitevővel, a λ "tehetetlenségi tényezővel" az egységek viselkedését jellemezzük. Attól függően, hogy e paramétereknek milyen számszerü nagyságot adunk, egymástól lényegesen eltérő viselkedéseket irhatunk le. Nevezzük az ilyen paramétereket v i s e l k e d é s i

---

x/ "Növekvő hozadékon" azt értjük, hogy az R(x) függvény konvex; "csökkenő hozadékon" pedig azt, hogy konkáv. /Ez megfelel az angolszász irodalomban szokásos "increasing", ill. "diminishing returns to scale" megkülönböztetésnek./

p a r a m é t e r e k nek.[x/]

Kellő ügyességgel kiemelhetünk az összes numerikus jellemzők nagy tömegéből néhány olyan viselkedési paramétert, amelyek számszerü nagyságát váltogatva egymástól határozottan eltérő tartalmu konkrét modellekhez jutunk. Tesszük ezt anélkül, hogy eközben változtatnunk kellene akár a specifikált modellen /s ami ezzel egyet jelent: a gépi programon/, akár a többi numerikus jellemzőn.

---

x/ A viselkedési paraméter fogalmát csak illusztráljuk, de nem definiáljuk. Tulajdonképpen valamennyi numerikus jellemző számszerü meghatározása befolyást gyakorol a rendszer viselkedésére. A szimulációs kisérlet konkrét tartalmától függ, hogy a numerikus jellemzők sokaságából mit emelünk ki "viselkedési paraméterként". Nincs tehát éles elvi elhatárolás a viselkedési paraméterek és a többi numerikus jellemző között; ez mindig alkalmi jellegü, s a vizsgálat szempontjaitól függ.

2. A modellek konkretizálásának forrásai

2.1. Statisztikai megfigyelés

Az egyik forrás, amelyből merithetünk modelleink konkretizálásához, a statisztikai megfigyelés. A leginkább kézenfekvő összefüggések, amelyekre statisztikai megfigyelések és feldolgozások állnak rendelkezésre, a következők:

— Termelési függvények, azaz - a mi terminológiánkkal - a termelő transzformációs egységek erőforrás- és termékráforditásai és termék-kibocsátásai közötti összefüggések. Ideértjük mind az aggregált termelési függvényeket, mind az input-output-táblákat.

— Beruházási függvények: azaz összefüggések a beruházási reáltevékenységek és a termék-kibocsátás között.

— Keresleti függvények, azaz összefüggések a fogyasztói transzformációs egységek meghatározott inputjai /elsősorban ár és jövedelem/ és kereslete között.

— Demográfiai függvények, pl. a munkaerőnek, mint erőforrásnak időfüggvényei.

A fenti leginkább kézenfekvő lehetőségeken tulmenően adódik néhány további lehetőség:

— Találtunk egy dolgozatot kapitalista piaci folyamatok statisztikai megfigyeléséről, kifejezetten szimulációs célokra.[x/] Esetleg előkerülhetnek további hasonló források is.

— Ismeretesek a gazdaság müködésének leirására szolgáló, makroökonómiai jellegü un. ökonometriai modellek.[xx/]

---

x/ A vizsgálatot az amerikai Berkeley egyetemen végezték. Lásd a "Simulation of market processes" c. [4] tanulmányt.

xx/ Lásd elsősorban A.S.Goldberger [13] . Magyarnyelvü ismertetés található Andorka Rudolf, Danyi Dezső, Lipták Tamás és Martos Béla sajtó alatt levő [1] könyvében.

Ezek jellegzetessége, hogy a modell paramétereit elsősorban idősorok matematikai-statisztikai értékelése alapján becsülik meg. Magyarországon is folyik hasonló irányu kutatás.[x/] Az ökonometriai modellek számos egyenlete gazdasági egységek viselkedését irja le /"behavioral equations"/. Az ilyen egyenletek válaszfüggvényként foghatók fel, s beépithetők szimulációs modellekbe.

A kutatás további feladata lesz sokkal alaposabban körültekinteni a szakirodalomban, s további statisztikai forrásokat keresni.

A statisztikai megfigyelésekre alapozott modellek változói rendszerint sztochasztikus jellegüek. Ez sok gyakorlati nehézséget okoz olyankor, amikor a modellt /pl. egy keresleti függvényt, vagy egy makroökonómiai ökonometriai modellt/ számszerü ajánlások, előrebecslések megalapozására kivánják felhasználni. Mi azonban, amint arra korábban rámutattunk, nem számszerü ajánlásokhoz, hanem általánosabb megállapitásokhoz kivánunk eljutni.[xx/] Ezért bennünket nem zavar e nagyságok sztochasztikus jellege. A szimulációs technika lehetővé teszi, hogy a különböző adatok bizonytalanságát, e bizonytalanságok jellegzetességeit /pl. csökkenését vagy növekedését az időben; kisebb vagy nagyobb fokát stb./ megfelelően reprezentáljuk a modellben.

Ezzel kapcsolatban természetesen még igen nagyok a kutatási feladatok. Tanulmányoznunk kell az irodalmat, annak tisztázására, hogyan vezessük le a megfigyelt adatok bizonytalanságát jelző szokásos matematikai-statisztikai jellemzőkből /pl. a szórásból stb./ a válaszfüggvényben szereplő randomizáló változók paramétereit.

---

x/ A kutatást Halabuk László, Kenessey Zoltán és Theiss Ede vezeti. Lásd [17].

xx/ Lásd az I. rész 2.4. szakaszát.

2.2. Verbális empirikus leirás

Az eddigi magyar mechanizmusról már nagyszámu empirikus leirás készült. Egy részüket az 1955-58-as években dolgozták ki,[x/] másik részüket most, a mechanizmus-reform előkészitésekor.

Ezek a leirások gyakran jellemeznek verbálisan tipikus viselkedés-módokat, magatartásokat, azaz - általános modellünk terminológiájával - válaszfüggvényeket. Az empirikus leirásokban sohasem kerül sor e válaszfüggvények formalizálására, de megkisérelhető a formalizálás utólagos elvégzése.

Lássunk egy példát. A problémát szándékosan leegyszerüsitjük, annak érdekében, hogy a verbálisan leirt, közismert jelenség formalizálását minél érthetőbben szemléltethessük.

Ismeretes a vállalat konfliktusa a "ma" és a "holnap", a rövid- és a hosszulejáratu érdek között.

Feltesszük, hogy a vállalat érdekei "tisztán" kiszámithatók egy matematikai programozási modellel, amelyben a feltételrendszer állandó, de amelyhez kétféle célfüggvényt használhatunk. Az egyik a rövidlejáratu, a másik a hosszulejáratu érdeket reprezentálja. Pl. az első a következő periódus várható nyereségét maximalizálja, a másik egy hosszu, mondjuk T számu periódus várható nyereségeinek diszkontált összegét.

Jelöljük az első célfüggvényt $M(x)$ -szel, a második célfüggvényt $H(x)$ -szel. Az optimalizálást végezzük minden periódusban a következő célfüggvénnyel:

$$P(x) = \varrho\lambda M(x) + (1-\varrho\lambda) H(x) \qquad 0 \leqq \lambda \leqq 1$$

---

x/ Lásd pl. [26], [45], [46].

A fenti célfüggvényben a λ paraméter azt adja meg, milyen sulyt kap a vállalat magatartásában a "ma" és a "holnap". Mivel ez a sulyozás nem szigoruan következetes, a λ paramétert megszorozzuk még egy ρ randomizáló faktorral is. /A randomizáló faktor 1 várható értékü valószinüségi változó./

Ha λ közel van 1-hez, akkor a vállalatnál dominál a "ma"; ha közel van 0-hoz, akkor dominál a "holnap". Ha mármost λ -t viselkedési paraméternek tekintjük, ugy értékét változtatgatva kisérletezhetünk: hogyan viselkedik a rendszer, attól függően, mennyire rövid- vagy messzelátó.

Ez az erősen leegyszerüsitett példa jelzi, hogy egy viselkedésmód, amelyet verbálisan leirtunk, könnyen, egyszerü technikai fogásokkal formalizálható. Egyuttal jelzi azt is, hogy a verbális leirás rendszerint hiányos; nem kimerető. Kiegészitő feltevéseket kell tennünk, hogy a formalizálást elvégezhessük. Ilyen kiegészitő feltevés pl. az, hogy a két érdek sulyozott közepe jut érvényre.

A szimulációs technika terjedése arra késztetheti majd az empirikus vizsgálatok végzőit, hogy leirásaikat pontosabbá, egyértelmübbé, teljesebbekké tegyék. Elképzelhető, hogy azok a fogalmak, és relációk, amelyeket a tanulmány II. részében, az általános modellben bevezettünk, felhasználhatók létező gazdaságok, gazdasági mechanizmusok leirásához és összehasonlításához. Gondolunk itt olyan fogalmakra és relációkra, mint pl. a gazdaság egységei, szervezete, közlés-tipusai, memória-függvényei, válaszfüggvényei, kommunikációs hálózata és igy tovább.

Eddig csak a meglévő magyar mechanizmus empirikus leirásáról szóltunk. Felhasználhatunk azonban külföldi leirásokat is: egyrészt más szocialista országokét, másrészt kapitalista

mechanizmusok empirikus leirásait. Sajnos, amint azt már a tanulmány I. részében emlitettem: kevés az ilyen leirás, de azért akad.[x/]

Nehéz kérdés ilyenkor annak elbirálása, egyáltalán indokolt-e a szakirodalomban leirt viselkedésmód beépitése modellünkbe? A leginkább előtérbe kerül ez a probléma olyankor, amikor - az uj magyar gazdasági mechanizmus vizsgálatakor - piaci folyamatokat, a vállalati nyereségben érdekelt vállalatok viselkedését, szabad áralakulást stb. modellezünk. Jogosult-e ilyenkor feltételezni a hasonlóságot egy kapitalista gazdaság egyes piaci folyamataival, a kapitalista vállalat profitmaximalizáló magatartásával, szabad áralakulásával stb.? Nyilvánvaló, hogy mindez nem zajlana le azonos módon a mi körülményeink között. Éppen ilyenkor válik jól használhatóvá a szimulációs technika. Egész sor kisérletet hajthatunk végre; az egyikben a szocialista tulajdonban lévő vállalatokról erősen "kapitalistaizó" viselkedést tételezünk fel; majd további kisérletekben figyelembevesszük különböző ellensulyozó tényezőket, központi beavatkozásokat stb. Mindezen kisérletek eredményeit összehasonlithatjuk. Nyilvánvaló, hogy e kisérletek közül az elsőhöz közvetlen támpontokat merithetünk a kapitalista mechanizmus empirikus leirásaiból.

Ezzel kapcsolatban még egy nyomatékos figyelmeztetést kell tenni. Más a kapitalista mechanizmust empirikusan leiró irodalom /ez aránylag ritka/, s ismét más a kapitalista gazdaság müködését gyakran idealizaló, de legalábbis sematizáló elméleti irodalom. Utóbbiról még szó lesz - de ebben a szakaszban kifejezetten empirikus irodalomra utaltam.

---

x/ Lásd pl. G.Katona [21].

2.3. Interju-módszer

Egy további kinálkozó lehetőség: megkérdezünk egyes személyeket, hogy egy bizonyos hipotétikus helyzetben hogyan viselkednének. Lehetőleg azokat kell megkérdeznünk, akikről feltehető: valóban kerülhetnek ilyen helyzetbe. Pl. mit tenne egy jelenlegi igazgató, ha vállalata egy meghatározott uj mechanizmusban müködne.

Az ilyesfajta kérdésekre adott válasznál elkerülhetetlen bizonyosfoku felelőtlenség. Azok az emberek is, akik meggondoltan és tárgyilagosan felelnek, másnak képzelik viselkedésüket egy hipotétikus helyzetben, mint amilyen a valóságos viselkedésük lenne ugyanabban a helyzetben.

Noha ez a válasz megbizhatóságát lerontja, nem mondhatunk le a vizsgálatnak erről a módszeréről. Ismeretes, hogy az interju a modern szociológia egyik alapvető módszere, amelyen kutatások nagy tömege alapul. A szociológusok sokféle technikát dolgoztak ki arra, hogyan növeljék - a nehézségek ellenére - a kapott válaszok megbizhatóságát.[x/] Igy pl. sok mulik azon, hogy a kérdés ne legyen általános /"mi az ön válaszfüggvénye..."/, hanem legyen minél realisztikusabb, "életszagu". A kérdés legyen lehetőleg kissé indirekt. Nem a megkérdezett interju-alanynak, hanem a kutatónak kell levonnia a válaszból a szükséges következtetéseket. Egyszerre több, összefüggő kérdést kell feltenni; ezeket ugy kell megszerkeszteni, hogy ezzel is ellenőrizhessük a válaszok belső összhangját, logikáját.

A kérdéseket lehetőleg oly módon kell felállitanunk, hogy a válaszokra támaszkodva ne csak modellünk egyik-másik függvényének specifikálását végezhessük el, hanem azok szám-

---

x/ Lásd pl. R.König [32].

szerüsitését is. Mivel a problémát leginkább saját tapasztalataim alapján tudom illusztrálni, egy interjut ismertetek, amelyet a beruházási döntésekkel kapcsolatos kockázat-vállalás tisztázására végeztem.x/ A megkérdezettek elé terjesztett probléma a következő volt:

"Tegyük fel, hogy egy beruházási feladat végrehajtásához két alternativa kinálkozik. A termelés és az üzemeltetési költség mindkettőnél azonos, de a beruházási költségek eltérőek. Az 1. alternativa jellemzője: a beruházási költségek nagyságát pontosan ismerjük, a beruházási költség tehát biztos. A 2. alternativa jellemzője: a beruházási költségek nagysága bizonytalan, csupán az alsó és felső határt ismerjük. Pontosabban: ismerjük a középértéket és tudjuk, hogy attól a lehetséges eltérés legfeljebb ± 20 %.

Tegyük fel, hogy öt esetben kerülünk ilyen választási probléma elé. Az 1. alternativa beruházási költsége mind az öt esetben azonos, ezzel szemben a 2. alternativáé mindig más. Az öt alternativát az alábbi táblázat foglalja össze.

Esetek	1. alternativa beruházási költsége	2. alternativa beruházási költsége	
		középérték	"-tól-ig"
A/	100	98,5	79-118
B/	100	94,5	76-113
C/	100	90,0	72-108
D/	100	86,5	69-104
E/	100	83,5	67-100

---

x/ A részletekről lásd "A gazdasági szerkezet matematikai tervezése" c. [30] könyvemet. /148-150. old./

Világos, hogy az E/ problémánál a 2. alternativát kell előnyben részesiteni, hiszen ez még a legrosszabb esetben is 100 millió forintba kerül /vagyis ugyanannyiba, mint az 1. alternativa/, de az is lehet, hogy kevesebbe. Melyik előnyösebb azonban az A/, B/, C/ és D/ esetben? Láthatjuk, hogy A/-tól E/-ig haladva egyre kisebb a 2. alternativa középértéke. Kérdés: melyik esetnél kompenzálja a 2. alternativa kisebb középértéke és jóval kisebb alsó határértéke azt a veszélyt, hogy a beruházási költség esetleg /nem biztosan!/ tulhaladhatja az 1. alternativa biztos 100 millió forintos költségét?"

Előzetesen kidolgoztuk azt az eljárást, amellyel a kapott válasz alapján arra következtethettünk: milyen "bizonytalansági pönáléval" sujtja gondolatban a megkérdezett gazdasági vezető a bizonytalan alternativát. Ez módot adott arra, hogy a válaszok alapján nemcsak formalizálva, hanem mindjárt számszerüsitve irjuk le a vezető állásfoglalását a rizikóval szemben.

A fenti példában csupán egyetlen szempontból végeztünk interjut a megkérdezettekkel: meg akartuk ismerni magatartásukat a bizonytalansággal kapcsolatban. Szimulációs modelleinkhez sokkal többirányu kérdés-sorozatra lesz szükség. Mivel ez lesz kutatásaink egyik fő módszere, szükségessé válik egy gazdaság-szociológus bekapcsolódása. E gazdaság-szociológusnak ki kell majd dolgoznia azoknak az interjuknak a módszertanát, amelyek anyaga - a fenti példához hasonlóan - formalizálható, s szimulációs modellek számszerüsitéséhez felhasználható.

Érdemes lesz ugyanezt a közremüködőt nemcsak az interjuk elvégzésével megbizni, hanem a 2.2. szakaszban tárgyalt empirikus megfigyelések egyrészének lebonyolitásával is.

Egyenlőre ugyanis - legalábbis részben, kisegitésképpen - kénytelenek leszünk néhány empirikus megfigyelést magunk lebonyolitani, egyes szimulációs modellek megfelelő konkretizálása érdekében.

2.4. "Business-game"

A 2.3. szakaszban leirt interju-módszer alkalmazása esetén a kutató kikérdezi az interju-alanyt, majd a választ - sok más megkérdezett válaszaival együtt - statisztikailag értékeli. Ennek alapján végeredményben a kutató maga specifikálja és számszerüsiti a válaszfüggvényt.

Járható egy másik ut is. Ezt az Egyesült Államokban alakitották ki; ott "business-game"-nek; üzlet-játéknak nevezik.x/

A mi témánk esetében ez a következőket jelentené:

A müködési processzus egyrészét a gép szimulálja. Meghatározott válaszfüggvények outputját azonban nem a gép, hanem eleven emberek generálják. Kombináljuk egymással az élő, emberi döntést és a gépi szimulációt. Emberi döntés számára tartjuk fenn pl. a γ ráforditás-utasitási függvény outputjának meghatározását, a következőképpen:

Egy erre felkért személy /mondjuk egy igazgató/ ott ül a számológép mellett. Amikor a müködési processzusban sor kerülne a t-edik periódusbeli ráforditási utasitások meghatározására, a gép kiirja a γ válaszfüggvény inputjait, azaz azokat a gazdasági információkat, amelyek e döntés meghozatalához szükségesek. A közremüködő személy ennek alapján "tervez", "dönt": megadja az utasitást. Ezt megfelelő formában

---

x/ Lásd pl. K.J.Cohen - M.H.Miller [8].

betáplálják a gépbe, amely folytatja a szimulációt, majd a következő periódusban ismét sor kerül erre az aktusra.

Mint látjuk, itt a "fekete doboz" az eleven emberi tudat. Nem vizsgáljuk, mi zajlik le a közremüködő személy gondolkodásában, s miért. Csupán regisztráljuk, hogy meghatározott inputra /a közölt gazdasági információkra/ meghatározott outputtal /gazdasági döntéssel, tervvel/ válaszolt. A γ válaszfüggvény formalizálására itt egyáltalán nem kerül sor, mert a döntésthozó válaszát minden periódusban közvetlenül közöljük a géppel.

Egy ilyen "játékhoz" persze nem egyetlen közremüködő kell, hanem több; legalább annyi, ahány egységet közvetlenül akarunk irányittatni. Az USÁ-ban ezt a technikát főképpen didaktikai célokra használják, a managerek döntési készségének fejlesztésére. Elképzelhető azonban e módszer felhasználása a gazdasági mechanizmus szimulációjához. Ilyen körülmények között nyilván nem kell törődni didaktikai megfontolásokkal, ezért megengedhető, hogy egy-egy egység döntését ne egyetlen személy, hanem egy kis kollektiva hozza meg.

E módszer alkalmazása csak erősen leegyszerüsitett modellel képzelhető el, annak érdekében, hogy a döntés meghozatala ne váljon tulságosan bonyolulttá. A közremüködők betanitása nem járna tul nagy nehézséggel, hiszen nem maguknak kell kezelniök az elektronikus gépet. Számukra érthető formában /pl. megfelelő táblázatokon/ irathatjuk ki a szükséges információt, s ugyancsak számukra érthető formában adhatnák meg /pl. valamilyen ürlapon/ utasitásaikat. Természetesen a közremüködők számára igen nehéz feladat lesz, hogy mintegy "beleéljék" magukat a képzeletbeli szituációba; egy hipotétikus helyzetben müködő vállalat vezetésébe.

Az alkalmazás egyik nehézsége: hosszu időre köti le az elektronikus számológépet. Egy-egy döntés meghozatalához gondolkodási időt kell adni. A jelenlegi nagyon szükös gépi lehetőségek mellett ez egyenlőre nem oldható meg.[x/] A későbbiekben azonban nem akarjuk kizárni a "business-game"-t sem a kutatás módszerei közül.

2.5. Mechanizmus-javaslatok, hipotézisek modellezése

A szimulációs modellek konkretizálásának egyik fontos forrása: a mechanizmus-reformokkal kapcsolatban kidolgozott javaslatok. Modellezhetjük mind az elfogadott, mind az elvetett javaslatokat.

Felvetődhet a kérdés: mi remélhető az ilyen vizsgálattól? Minek elektronikus számológépen szimulálni egy olyan javasolt mechanizmus müködését, amelyről tulajdonképpen nem tudunk többet, mint amennyit a javaslattevő átgondolt?

Kétféle hasznot remélhetünk ettől. Egyrészt: a modell formalizálását a javaslattevők közremüködésével kell elvégezni. Eközben kiderül majd, mennyire gondolta át saját javaslatait, rejtett feltevéseit, s a várható konzekvenciákat. A formalizálás bizonyos "kényszert" jelent a javaslat teljesebb, logikusabb átgondolására.

---

x/ A business-game kényelmesebb megszervezését teszik majd lehetővé a nagyobb, korszerübb - un. multiprogramozásu - gépek, amelyek képesek egyszerre több feladaton dolgozni. Mialatt a játék résztvevői gondolkodnak, a gép nem vesztegel, hanem más számitást végez.

Másrészt: igen sok az olyan javaslat, amely csupán a mechanizmus egyik vagy másik oldalát vizsgálja. /Pl. csak a vállalat müködését, vagy csak az árrendszert./ A többi oldalt is némileg szem előtt tartja - de csak vázlatosan, nem eléggé átgondoltan. Megkisérelhetjük több rész-javaslat együttes modellezését. Eközben kiderülhet: összeférnek-e egymással ezek a javaslatok; nem mondanak-e ellent egymásnak.

Itt tulajdonképpen eljutottunk a szimulációs módszer alkalmazásának egy igen széles területéhez. A módszer alkalmas lehet különböző hipotézisek összeegyeztethetőségének, konzisztenciájának vizsgálatára. Sok elméleti és gyakorlati közgazdász képes - elég könnyedén - rész-hipotéziseket felállitani. Az viszont már igen nehéznek, sőt gyakran megoldhatatlannak tünik a szemükben, hogy ezek kölcsönhatását, bonyolult összefüggéseit együttesen áttekintsék. Éppen ezt kisérelhetjük meg egész rendszerek szimulációjával.

2.6. Elméleti közgazdasági modellek átfogalmazása

Az elméleti közgazdaságtan számos olyan modellt ismer, amely átfogalmazható a II. részben leirt általános modell-"család" tagjává, egy meghatározott rendszer szimulációs modelljévé.

Lássunk egy példát. Ismeretes Oscar Lange-nak a 30-as években publikált tanulmánya, a szocialista gazdaság egy modelljéről.[x/] E modell alapgondolatai némi leegyszerüsitéssel - saját terminológiánkkal - a következők:

---

x/ Lásd [33]. Magyarnyelvü ismertetését lásd Morva Tamás [41] cikkében.

A gazdaságban háromféle egység müködik: termelő vállalatok, fogyasztók és a Tervhivatal. A gazdaság fő közlés-tipusa: az ár. Az árat a Tervhivatal periódusról-periódusra változtatja, de egy-egy periódusra a vállalatok és a fogyasztók számára adva van. Mindhárom egységfajtának ismeretes a válaszfüggvénye. A vállalat - a számára kivülről adott árak mellett - olyan termelési és beszerzési tervet állit össze, amely egyrészt minimalizálja önköltségét, másrészt biztositja saját termékeinél az ár és a határköltség egyenlőségét. A fogyasztó maximalizálja haszonfüggvényét. A Tervhivatal csökkenti az árat tul-kinálat, növeli az árat tul-kereslet esetén.

A modell formalizálása, általános modellünk szerinti átfogalmazása, majd szimulációs kisérletekre való felhasználása jól megoldható. Ezt a következő időben meg is akarjuk tenni.

Lange csupán verbálisan irta le modelljét. Már a formalizálás első lépései közben kitünt, mennyire nem-egyértelmü a verbális leirás még az olyan exakt gondolkodásra kész matematikai közgazdásznál sem, mint amilyen O.Lange volt. Számos kiegészitő feltevést kell tehát tennünk a modell konkretizálása érdekében.

A szimulációs kisérletben megfigyelhetjük, hogyan müködik a Lange-féle mechanizmus különböző kiegészitő feltevések mellett:

— Növekvő vagy csökkenő hozadék esetén;

— A bizonytalanság figyelembevételekor;

— A "külvilág" befolyásának figyelembevételekor;

— A fogyasztói magatartás másféle, realisztikusabb modellezése esetén;

— A Tervhivatal ár-korrekciós szabályainak alternativ konkretizálásai esetén.

Megállapithatjuk, hogy e különböző esetekben konvergál-e a Lange-féle mechanizmus egy egyensulyi állapot felé, vagy oszcillál; tartósan életképesek-e a vállalatok, vagy egyesek tönkremennek és koncentráció megy végbe és igy tovább.

A Lange-féle modell csupán egyetlen, kiragadott példa. Minden olyan elméleti modell, amely a gazdaság többféle egységének együttes, egymással összefüggő müködését irja le, alkalmas ilyen átfogalmazásra. Akárcsak a Lange-modell esetében, nem kellene megelégedni egyszerü átfogalmazással, hiszen ez még nem nyujt uj ismeretet. Itt mindig arról van szó, hogy mód van az elméleti modell egyes szigoru feltevéseinek feloldására s általánosabb feltevésekkel való pótlására.

2.7. "Tanuló" egységek

Nem kell okvetlenül előre állástfoglalni abban, hogy az egységek milyen magatartást tanusitsanak. Kidolgozhatunk olyan modellt, amelyben az egység "tanul", saját tapasztalatai alapján fejleszti tovább viselkedését.

Az eljárás lényegét egy nagyon leegyszerüsitett példán illusztrálom.

Valamely egység, mondjuk a k sorszámu gazdálkodási egység ráforditás-utasitási $\gamma[k]$ válaszfüggvényét vizsgáljuk. Tegyük fel, hogy az egységnek ötféle alternativ γ függvénye van: $\gamma[k,1]$, $\gamma[k,2]$, ..., $\gamma[k,5]$. Ez az ötféle függvény ötféle stratégiát, ötféle termelési, müszaki-fejlesztési, expanziós stb. politikát képvisel. Mindegyik megvalósitható; önmagában nem ésszerütlen.

A modellben megadjuk: milyen kritérium alapján kell értékelni, hogy valamely stratégia bevált e vagy sem. Legyen pl. a kritérium a következő: mi volt az egység nyeresége a ráforditási utasitást követő három periódusra összesitve. Ki kell számitani a korrelációt az egyes stratégiák és a stratégiák alkalmazását követő nyereségesség között.

Mármost az egység véletlenszerüen választ a stratégiák között. Az eloszlás kezdetben egyenletes; minden stratégiára kb. egyforma gyakran kerül sor. Később azonban - alkalmas szabály beiktatásával - mind nagyobb sulyt kapnak, gyakrabban kerülnek alkalmazásra azok a stratégiák, amelyeknél erősebb a korreláció a nyereséggel. Az egység "tanul"; előnyben részesiti azokat a stratégiákat, amelyek "beváltak".

Persze modellezhetünk ennél árnyaltabban is tanulási folyamatokat; jobb, sokoldalubb kritériumokat adhatunk arra, mennyire vált be egyik vagy másik stratégia és igy tovább.

Az itt jelzett eljárás nagy előnye, hogy nem kell előre állást foglalni valamely stratégia mellett. Természetesen a gépi program igy sokkal bonyolultabbá, a számitás hosszadalmasabbá válik. Ennek ellenére későbbi kisérleteinkben ki akarunk dolgozni "tanulást" szimuláló programokat is.

2.8. A rorrások kombinálása

Foglaljuk össze az elmondottakat. Az előbbiekben a 2.1.-2.6. szakaszokban szimulációs módszerek konkretizálásának hatféle utját, hatféle forrását ismertettük:

1. Valóságos gazdasági folyamatok adatainak megfigyelése és statisztikai feldolgozása.

2. Ténylegesen létező mechanizmusok empirikus megfigyelése és verbális leirása.

3. Interju-módszer; potenciális döntésthozók megkérdezése arról, mit tennének hipotétikus helyzetekben.

4. A gép és az élő ember "kombinációja"; egyes döntéseket a szimulációs számitást végző gép, másokat erre felkért "döntésthozók" hoznak meg.

5. Formalizálunk mechanizmus-javaslatokat, hipotéziseket.

6. Szimulációs modellé fogalmazzuk át a közgazdasági elmélet egyes modelleit.

Nem szükséges, hogy egy-egy modell konkretizálásához kizárólag vagy az egyik, vagy a másik eszközt vegyük igénybe. Egyrészt: a különböző forrásokból nyert információkat összevethetjük egymással; felhasználhatjuk őket egymás kölcsönös ellenőrzésére. Másrészt - és ez a legfontosabb - kombinálhatjuk a forrásokat. Pl. a modellel megkiséreljük leirni egy empirikusan megfigyelt valóságos rendszer működését, majd egy-két lényeges ponton módositást hajtunk végre, miközben követjük: hogyan reagál erre a módositásra a rendszer. Ez gyakorlatilag azt jelentheti például, hogy a válaszfüggvények egyrészét statisztikai alapon konkretizáljuk, másik részük viszont valamely reform-javaslat hipotéziseit formalizálja. Ily módon megállapithatjuk, hogy e hipotézisek összeegyeztethetők-e a valóságban megfigyelt viselkedésmóddal. Vagy: kombináljuk az empirikus leirásokból és az elméleti irodalomból vett feltevéseket.

Tulajdonképpen a "tanulás" szimulálása is a források egyfajta kombinálását jelenti. Alternativ viselkedési módok, döntési szabályok szerepelnek a modellben /ezek egyrésze származhat empirikus megfigyelésből, másik részük az elméleti irodalomból stb./. A modellszerkesztő nem választ előre közöttük, hanem a szimulált egység maga választja meg legalkalmasabb kombinációjukat.

Akár a "tanulás" szimulálása révén tesszük is, akár pedig a modellszerkesztő eleve különböző módszerekkel megalapozott viselkedés-módokat épit be a modellbe, mindenképpen a modell-konkretizálás forrásainak kombinálása igérkezik a gyakorlatilag leginkább járható, legtöbb eredményt igérő módszernek.

IV. RÉSZ:

KUTATÁSUNK ÉS AZ IRODALOM

1. Az ismertetés feladata

A tanulmány következő IV. része nem törekszik a kérdés irodalmának teljes áttekintésére. Nem ad sem átfogó ismertetést, sem kellően kiegyensulyozott birálatot. A kutatás jóval későbbi stádiumában esetleg erre is sor kerülhet; most azonban nem vállalkozunk erre.

Az áttekintésnek két fő célja van.

Az egyik cél: világossá tenni az olvasó előtt, mit vettünk át más szerzőktől, melyek a kutatás fő irodalmi forrásai. Ez egyuttal rávilágit arra, hogy többféle tudományág, többféle kutatási irány, többféle megközelitési módszer bizonyosmérvü szintetizálására van szükség ahhoz, hogy a gazdaság, s ezen belül a mechanizmus modellezését megoldjuk.

Az áttekintés másik célja: az eltérések tisztázása. Birálatra tulajdonképpen még nemigen van erkölcsi alapunk; még nem tudtuk igazolni, hogy saját kutatásaink eredményesebbek lesznek, mint azoké a kutatóké, akiktől el akarunk térni. Egyenlőre tehát arra szoritkozunk, hogy megmutassuk: miben tér el e tanulmány felfogása, az itt vázolt módszer az irodalomból ismert más tanulmányokétól.

2. A modern matematikai közgazdaságtan

2.1. A modern egyensulyelmélet

A nem-marxista közgazdaságtudománynak a gazdasági mechanizmussal kapcsolatos kutatásai az un. általános egyensulyelméletben /general equilibrium theory/ érték el legjelentősebb eredményeiket.

A kutatási irány kiindulópontja L.Walras, majd V.Pareto munkássága. Később összekapcsolódik az un. "jóléti közgazdaságtannal" /welfare economics/, amelynek kezdetét Pigou könyvétől számithatjuk.[x/] Modern formája - s egyuttal eddigi csucsteljesitménye - az un. Arrow-Debreu modell.[xx/] Ez a matematikai közgazdaságtan legujabb, legfejlettebb apparátusával dolgozik; elsősorban a konvex halmazok matematikai elméletét használja fel. Arrow és Debreu eredeti munkáinak megjelenése óta több kisérlet történt e modell továbbfejlesztésére, általánositására, ill. egyes speciális esetekre történő alkalmazására; a tételeknek az eredetitől eltérő bizonyitására, ill. interpretálására. Érdemes kiemelnünk Koopmans tanulmányát[xxx/], amely a matematikai programozás alkalmazói előtt jól ismert lineáris gazdasági modell, az "activity analysis" formanyelvén fejti ki az Arrow-Debreu-modell alapgondolatait.

---

x/ Lásd A.C.Pigou [47].

xx/ A modellt először K.J.Arrow állitotta fel, 1950-ben [2] munkájában, majd G.Debreu fejlesztette tovább. Legfontosabb összefoglalása: [10]. Dinamikus továbbfejlesztését adja [4].

xxx/ Lásd T.C.Koopmans [23].

A továbbiakban ezt az iskolát "modern egyensulyelméletnek" nevezem.[x/]

Az alábbi ismertetésben nem a szerzők saját terminológiáját használom, hanem - legalábbis részben - jelen tanulmány általános modelljének terminológiáját. Nem adok formális leirást; ez megtalálható a felsorolt müvekben. Ehelyett néhány alapgondolatot, kiinduló feltevést és végkövetkeztetést emelek ki.

A gazdaságban véges számu terméket állitanak elő és fogyasztanak el.

A termékeket termelő egységek - pl. vállalatok - termelik. Minden termelő számára adva van a lehetséges termelési tervek halmaza. Ezt a halmazt, más tulajdonságok mellett, az jellemzi, hogy konvex. A modell kizárja a növekvő hozadék esetét.

A termékeket fogyasztói egységek - pl. háztartások - fogyasztják. Minden fogyasztási egység számára adva van a lehetséges fogyasztási tervek halmaza. E halmaz konvex. Minden fogyasztói egység egy hasznossági függvénnyel rendelkezik, amelyben kifejezésre jutnak az egység preferencia-relációi. A fogyasztó preferenciáit jellemző indifferencia-felületek alulról konvexek. Ez gyakorlatilag a következőket jelenti. Ha pl. két termék fogyasztásának a fogyasztó szempontjából indifferens, egyenlő hasznosságu kombinációit tekintjük, s az indifferencia-görbe mentén elindulunk egy adott kombinációból, ugy az egyik termék fogyasztását rendre egy-egy egységgel csökkentve, a kiesést a másik termék fogyasztásának mind nagyobb és nagyobb adagjaival kell pótolni, ellensulyozni /a

---

x/ A modern egyensulyelmélet tömör matematikai összefoglalása található S.Karlin [20] könyvében, 280-288 és 292-301. old. Közgazdasági alapgondolatait népszerübb formában irja le R.Dorfman-P.A.Samuelson-R.M.Solow [11] könyve, 13. és 14. fejezet.

többi termék fogyasztásának változatlan szintje mellett/. Feltételezik továbbá, hogy a fogyasztó szükségletei nem telitődnek.

A fogyasztó jövedelmei több forrásból erednek. Egyrészt kezdeti készleteiből. Másrészt a termelésben keletkező profitból való részesedésből: ez a részesedés előre rögzitett arányban megy végbe; a részarány lehet egyes fogyasztóknál nulla is. A munkával szerzett jövedelmeket a modell ugy reprezentálja, mint egy speciális termékért - a munka-szolgáltatásért - kapott árat.

Ezekután két fogalmat kell még megismernünk. Az egyik a "kompetitiv egyensuly" fogalma. Kompetitiv egyensulyról akkor beszélünk, ha 1. minden termék ára nem-negativ /pozitiv vagy nulla/, 2. minden termelő egység profitja maximális, az adott egyensulyi árak mellett, 3. minden fogyasztói egység hasznossági függvénye a maximális értéket veszi fel; emellett a fogyasztási egység nem költ többet vásárlóerejénél és 4. minden kereslet ki van elégitve; s minden olyan terméknek, amelynek kinálata nagyobb, mint a kereslete, nulla az ára.

A másik fogalom, amelyet az elmélet felhasznál, a "Pareto-optimum" fogalma. Egy gazdaságnak számos Pareto-optimális állapota lehet. A Pareto-optimalitás kritériumának meg nem felelő állapotokat az jellemzi, hogy legalább egy fogyasztó fogyasztása növelhető anélkül, hogy a többi fogyasztó fogyasztása csökkenne. Ezzel szemben a Pareto-optimális állapotban lévő gazdaságban már csak ugy javithatjuk bármely fogyasztó helyzetét, hogy eközben lerontjuk legalább egy másikét. Az elmondottak alapján világos, hogy egy Pareto-optimális állapot elérése /nem-Pareto-optimális helyett/ nem sérti egyetlen fogyasztó érdekét sem, miközben legalább egy /vagy esetleg több/ fogyasztó érdekeit határozottan szolgálja.

A modern egyensulyelmélet - a fentiekben vázlatosan körvonalazott feltevések és definiciók mellett - deduktiven bizonyit három fő tételt:

1. Mindenekelőtt egy exisztencia-tételt: a gazdaságban létezhet kompetitiv egyensuly. /Természetesen nem egyetlen, hanem sokféle kompetitiv egyensulyi állapot állhat fenn ugyanabban a gazdaságban./

2. Minden kompetitiv egyensuly Pareto-optimális állapotot jelent.

3. Minden Pareto-optimális állapot megköveteli a kompetitiv egyensulyt.

E nagyon rövid ismertetés után térjünk rá az értékelésre.

Mindenekelőtt ki kell emelni az elmélet kidolgozásában elért módszertani eredményeket. Az elmélet felépitése szigoruan exakt, axiomatikus jellegü. A tételek - az adott axiomák mellett - igazak; matematikailag bizonyitottak.

Mindezt a szigoru elemzést nem valamilyen szük részletproblémán végzik, hanem egy nagyon átfogó modellben, amelyben megjelenik mind a reálszféra, mind a mechanizmus; reprezentálódnak a termelő és a fogyasztó egységek, a kinálat és a kereslet, az árak, a költségek és a nyereség, a termelő vállalat profitmaximalizálási és a fogyasztó hasznosság-maximalizálási törekvése és igy tovább.

A tárgyalás jellegzetessége: a korrektség, "őszinteség". Nincsenek elrejtett feltevések; a szerzők az olvasók elé tárják azokat a premisszákat, amelyekből konkluzióik logikai uton következnek.

Ennek ellenére a modern egyensulyelmélet tulajdonképpen nagyon kevéssé "használható", kevéssé "munkaképes". A feltevések egyrésze nagyon erős; messze elszakad a realitástól.

Ugyanakkor végeredményben a tételek is keveset mondanak. Nézzük meg ezt kissé közelebbről:

A/ A modern egyensulyelmélet reálgazdasága szigoruan determinált. Nem ismeri a véletlen tényezők hatását; az ezzel járó bizonytalanságot. Valójában pedig minden igazi gazdasági mechanizmus eredményessége egyebek között azon itélhető meg, hogyan képes szabályozni egy olyan reálszférát, amelyre hat a véletlen; hogyan tud alkalmazkodni előre nem látott eseményekhez; hogyan viszonyul a kockázathoz. Hogyan képesek a gazdaság szereplői, egységei reagálni egymás cselekvésére - egyebek között egymás előre nem látott akcióira.

Legutóbb Roy Radner tett kisérletet az Arrow-Debreu modell általánositására a bizonytalanság figyelembevételével.[x/] Végső következtetése azonban az volt, hogy kevés a remény a "klasszikus" optimalitási tételek /lásd a fenti 2. és 3. tétel/ fenntartására a bizonytalanságot is magában foglaló általánosabb modellben.

B/ Az általános egyensulyelmélet eredeti, Arrow-Debreu-féle formája kizárja a növekvő hozadék esetét. Pedig ez a gazdaság egyik legfontosabb jelensége. Éppen a tömegtermelés révén keletkező relativ előnyök visznek a termelés koncentrációja és centralizációja felé, ez pedig tovább fokozza a növekvő hozadék megjelenését. A koncentráltabb gazdaságban megjelennek az oligopóliumok, monopóliumok, s ezzel együtt az ár nem lesz többé kivülről "adott" a vállalat számára. A növekvő hozadék elhanyagolása esetén nem tanulmányozhatók olyan fontos problémák, mint éppen a centralizáció és decentralizáció - a gazdasági mechanizmus e központi kérdése.

---

x/ Lásd R.Radner [49].

Történtek kisérletek az elmélet ezirányu továbbfejlesztésére; ennek eredményei azonban még nem ismertek előttem.[x/]

C/ Az "Arrow-Debreu gazdaságnak" csak kétféle szereplője van: termelő és fogyasztó egységek. A valóságos világ - és különösen a modern világ - ismer más fontos egységeket is: kormányt, tervhivatalt, árhivatalt, bankot, konjunktura-kutató intézetet, adóhivatalt, vámhivatalt, egyszóval különböző adminisztrativ és közlési funkciókat ellátó egységeket, amelyeknek igen nagy a befolyásuk a gazdaságra.

D/ A modern egyensulyelmélet mechanizmusában áramló közlések egyedüli tipusa: az ár. Ehhez kapcsolódik minden, a gazdaság müködésére ható információ: a nyereség, a költség stb. A valóságos gazdaság, s különösen a modern gazdaság azonban, amint arra már rámutattunk, ennél sokkal összetettebb jelzésrendszerrel, közlés-áramlással müködik.

E/ A Pareto-optimum fogalma nagyon keveset mond a rendszer müködésének elbirálásához. A rendszer sokféle Pareto-optimális állapotot vehet fel; a különböző Pareto-optimális állapotok a lakosság, az egyes rétegek, osztályok, csoportok szempontjából élesen eltérőek lehetnek.

F/ A modell feltételezi mind a termelő vállalatok, mind a fogyasztók szigoruan racionális viselkedését, teljes preferencia-rendszerét. Ez még a termelőkről sem mondható el, még kevésbé a fogyasztókról.

Az a birálat, amelyet a fenti pontokban összefoglaltam, ill. annak egyes elemei megtalálhatók más szerzők müveiben is.[xx/]

---

x/ Debreu az Econometric Society 1965. évi római kongresszusán előadta saját elméletének ezirányu továbbfejlesztését. Az előadás szövege azonban nem áll rendelkezésünkre, ezért ezt egyenlőre még nem tanulmányozhattuk.

xx/ Lásd pl. T.C.Koopmans [24], R.Radner már emlitett [49] tanulmánya.

Az elmondottak ellenére az általános egyensulyelmélet modern változatainak nagy a hatása a közgazdasági gondolkodásra. Egyrészt a matematikai közgazdászokra, mégpedig nemcsak Nyugaton, hanem a szocialista országokban is. Kétségtelen ennek az elméletnek a rokonsága a matematikai programozás dualitási tételeinek közgazdasági interpretációjával, azaz az optimális termelési és fogyasztási tervekhez hozzárendelt optimális árrendszer létezésének bizonyitásával. Emellett - sok áttételen át - ez az elmélet befolyásolja a nem-matematikai kutató közgazdászok, vagy éppenséggel gyakorlati szakemberek gondolkodását is. Alátámasztja pl. az un. egyensulyi árak, egyensulyi kamatláb, a nyereség-maximalizálás stb. egyoldalu, tuloptimista értékelését.

A modern egyensulyelmélet birálata tulajdonképpen nagyon könnyü feladat, hiszen megalkotói álcázás nélkül elénktárják gyenge pontjaikat - de végeredményben keveset ér. Nem elég ezt az elméletet birálni, hanem tul kell haladni. Helyettesiteni kell olyan általánosabb elmélettel vagy elméletekkel, amelyek feltevései reálisabbak.

Mi, a magunk részéről, nagyon messze vagyunk ettól, s eddig tulajdonképpen még semmi kézzelfoghatót nem tudunk adni - de legalábbis szeretnénk előrelépni az általános egyensulyelmélet konstruktiv birálatának, tulhaladásának irányában. Ez a törekvés nyomja rá a bélyegét kutatásunknak az egyensulyelmélettel való viszonyára. Egyrészt tanulunk belőle, felhasználjuk eredményeit.[x/] Ugyanakkor viszont szabadulni igyekszünk logikájának "szépségétől", attól a kisértés-

---

x/ Igy pl. a modern egyensulyelmélet, s a vele összefonódó "activity analysis" irodalom végezte el a "termék", "tevékenység" és "erőforrás" fogalmainak azt a nagyfoku általánositását, amelyet mi is alkalmazunk általános modellünkben. Itt a közgazdasági elméletnek sikerült eljutnia három olyan alapfogalomhoz, amely nem vezethető vissza tovább még egyszerübb, még általánosabb fogalmakra.

től, hogy kész apparátusával dolgozzunk, kész feltevéseit alkalmazzuk, a már kitaposott ösvényen haladjunk tovább. Többek között a szimulációs technikától reméljük, hogy segitségével más utra térhetünk át.

2.2. A dekompoziciós módszerek közgazdasági interpretációja

Néhány évvel ezelőtt dolgozta ki Dantzig és Wolfe az un. dekompoziciós módszert, speciális szerkezetü, nagyméretü lineáris programozási feladatok megoldásának egyszerüsitésére.[x/] Azóta mások is kidolgoztak hasonló célu algoritmusokat, igy többek között Lipták Tamás és a szerző is.[xx/]

E dekompoziciós módszerek felfoghatók egy matematikai feladat megoldására alkalmas ujfajta - az eddigiektől eltérő - algoritmusoknak, amelyek kihasználják a feladat különleges szerkezetét.

Ugyanakkor azonban a dekompoziciós módszereknek adhatunk közgazdasági értelmezést is. Kutatásunkban éppen ezt használhatjuk fel. Valamennyi eddig ismert dekompoziciós eljárás közös tulajdonsága, hogy a számitási feladat egyrészét egy "központ", másik részét pedig alsóbbfoku egységek /pl. "szektorok", "vállalatok"/ oldják meg. A központi és az alsóbbfoku egységek között közlések áramlanak. Mind a központ, mind az alsóbbfoku egységek meghatározott - matematikailag formalizált - válaszfüggvényekkel rendelkeznek. Az alsóbbfoku egység a központtól kapott inputra saját válaszfüggvénye

---

x/ Lásd G.B.Dantzig - P.Wolfe [9]. Magyarnyelvü közgazdasági interpretációja a [28] tanulmányban olvasható.

xx/ Lásd [27], [30] és [33a] .

alapján kiszámitja outputját, s azt közli a központtal. A központ - az alsóbbfoku egységektől kapott inputok alapján, saját válaszfüggvénye szerint - határozza meg uj outputját és igy tovább.

A különböző dekompoziciós módszerek abban különböznek egymástól, hogy a különböző feladók és cimzettek között milyen közlés-tipusok áramlanak; mi az egységek válaszfüggvénye; hogyan használja fel az egység válaszfüggvénye a korábbi inputokat és outputokat, azaz hogyan viszonylik saját memóriatartalmához és igy tovább. Igy pl. a Dantzig-Wolfe módszerben a központ, mint feladó árakat küld az alsóbbfoku egységeknek, s mint cimzett terv-javaslatokat kap tőlük. A magyar szerzők által kidolgozott eljárás esetében a központ tervutasitásokat - kibocsátási feladatokat és erőforráskereteket, anyagkereteket - ad az alsóbbfoku egységeknek és azok értékelését /árnyékárait/ kapja vissza-jelentésként. Mivel a tervezés két szinten, a központban és az alsóbbfoku egységekben folyik, az eljárást "kétszintü tervezésnek" neveztük el. /Ezt az elnevezést eredetileg saját algoritmusunknak adtuk; a név azonban általánositható, minden dekompoziciós eljárásra./

Az elmult években több szerző kezdett foglalkozni - kezdetben egymástól függetlenül -, a dekompoziciós eljárások közgazdasági értelmezésével. Igy pl. az 1963. évben, Cambridgeben tartott konferencián Malinvaud professzor előadást[x/] tartott a Dantzig-Wolfe-módszer, a szerző pedig a már emlitett magyar módszer közgazdasági interpretációjáról. Malinvaud professzor a Lange-féle szocializmus-modellt is a "kétszintü tervezés" eljárásai közé sorolta. Legutóbb az USÁ-ban T.Marschak foglalkozott a Dantzig-Wolfe-módszer hasonló szempontok szerinti értékelésével.[xx/] Egyebek között vizsgálta

---

x/ Lásd E.Malinvaud [34].
xx/ Lásd T.Marschak [36].

azt a kérdést is, mi az előnye és a hátránya a szigoruan centralizált, ill. decentralizált döntéseknek. Belgiumban Waelbroeck összefoglaló tanulmányban kisérelte meg áttekinteni a matematikai közgazdaságtannak ezt az irányzatát.[x/]

A Közgazdaságtudományi Intézetben végzett vizsgálataim megkezdésekor a dekompoziciós módszerek közgazdasági interpretálása állt munkám előterében. Biztatónak éreztem, hogy a kétszintü tervezés modelleinek egy lényeges előnyük van pl. a modern egyensulyi elmélet modelleivel szemben: éppen kétszintü jellegük. Az egyensulyelmélet "egyszintü" gazdaságot mutat be, amelyben csak egymás mellé rendelt egységeket /vállalatokat és fogyasztókat/ találunk. Márpedig a modern gazdaságra, különösképpen pedig a szocialista gazdaságra a többszintüség jellemző.

Sajnos, ettől a lényeges különbségtől eltekintve az eddig ismert dekompoziciós módszerek is - amennyiben a gazdaság müködésének formalizálására, modellezésére kivánjuk őket felhasználni - hasonló gyengeségekkel rendelkeznek, amelyekről az előző szakaszban, az egyensulyelméletről szólva már beszéltünk. E gyenge pontok: a determinisztikus jelleg, a konvexitás /sőt linearitás/ kikötése, teljes preferencia-rendszer és igy tovább. Ezért is kezdtem végülis más utakat keresni a gazdasági mechanizmus matematikai modellezésében.

Most azonban, hogy általános szimulációs modellünk már kialakult, ismét felvethető a gondolat: érdemes lenne a dekompoziciós módszereket is átfogalmazni ebbe a modelltipusba. Láthattuk már a fenti rövid leirásnál is, milyen könnyedén irhatók le a dekompoziciós, kétszintü tervezési modellek a jelen tanulmány terminológiájával. De persze szükség van bizonyos átalakitásokra.

---

x/ Lásd J.Waelbroeck [57].

Mindenekelőtt: a kétszintü tervezés módszerei tervezési, nem pedig müködési /tehát ezen belül elsősorban termelési, értékesitési és fogyasztási/ processzust irnak le. A kétszintü tervezést beépithetjük müködési modellünkbe, mint kommunikációs processzust, amelyhez azonban hozzá kell csatolni egy vegetativ müködési processzust is.

Ugyanakkor a szimulációs technika lehetővé teszi, hogy némileg fellazitsuk a dekompoziciós módszerek tul szigoru feltevéseit s tul merev válaszfüggvényeit. Pl. megfigyelhetjük, mi történik, ha az alsóbbfoku egység némileg torzitott jelentéseket küld a központnak; akár nem-szándékos, akár tendenciózus torzitással; ha a véletlen hat a rendszer müködésére stb.

2.3. "Team"-elmélet

1955-ben jelent meg a matematikai közgazdaságtan egyik veteránjának, J.Marschaknak a cikke a "team"-ek, munkacsoportok elméletéről.[x/] Gondolatait később R.Radner fejlesztette tovább.[xx/] Jelenleg közös könyvük van sajtó alatt erről a témáról.

A team lehet pl. egy vállalat vezérkara: az egyes managerek külön-külön is rendelkeznek információkkal és hatáskörrel, egymással is kapcsolatban állnak, s végeredményben együttesen érdekeltek a vállalat jó eredményeiben.

---

x/ Lásd J.Marschak [35].

xx/ Lásd R.Radner [48].

Az általam ismert tanulmányokban kevés még a befejezett eredmény; inkább az uj fogalmak és kérdésfeltevések figyelemreméltóak. Radner pl. megkülönböztet döntési változókat és informativ változókat; némileg rokon értelemben, a mi modellünkben szereplő fizikai változó - közlési változó fogalompárral. A probléma: hogyan kell optimálisan megválasztani a döntési és informativ változók együttesét.

Marschak cikkében felvetődik az "információs struktura" fogalma, a gazdaság leirása abból a szempontból, hogy az egységek miről és kitől kapnak információkat. Minden információs strukturához meghatározott döntési szabályok tartoznak. Felveti a különböző információs strukturák lehetőségét, s a köztük való választás problémáját. Kommunikációs hálózatról beszél, amelyhez megfigyelési pontok tartoznak. /Egy-egy megfigyelési pont a "team" egy-egy tagjához csatlakozik./ A team tagjai között kommunikációs hálózat van.

E cikkek kiemelik, hogy maga az információ feldolgozása és továbbitása költségekkel jár; ezt tehát figyelembe kell venni a különböző alternativ információs strukturák összehasonlitásakor.

2.4. Hurwicz "alkalmazkodási processzus" elmélete

Kutatásunk kérdésfeltevéséhez legközelebbálló szemlélettel L.Hurwicz egy cikkében találkoztunk.x/

---

x/ Lásd L.Hurwicz [18]. Ezen a helyen szeretnék köszönetet mondani Lipták Tamásnak, aki segitséget nyujtott Hurwicz cikkének feldolgozásához, s a jelen tanulmányban tárgyalt néhány más probléma tisztázásához.

Gondolatmenete a következő:

Adva van egy "környezet" /environment/. E környezetben gazdasági tevékenységek zajlanak le, amely egy erőforrás-áramlási mátrix-szal irható le. Definiálunk meghatározott formális kritériumokat az erőforrás-áramlás elbirálására: mikor nevezzük hatékonynak, nem-pazarlónak, Pareto-optimálisnak stb.

Hurwicz-nál eleve adva van a gazdaság felbontása egységekre /a mi általános modellünk terminológiája szerint értelmezve az egység fogalmát/. Ez is egyik összetevője a környezetnek.[x/]

Mármost a probléma a következő: keressük az adott környezethez hozzárendelhető legjobb "alkalmazkodási folyamatot" /adjustment process/. Az alkalmazkodási folyamat leirható azzal, hogy megadjuk a gazdasági egységek "nyelvét", valamint a hozzájuk beérkező üzenetekre adott reakciókat kifejező válaszfüggvényt.[xx/]

Hurwicz szerint a probléma <u>adata</u>: a környezet, <u>ismeretlenje</u>, amelyet meg akarunk határozni; a hozzá rendelhető alkalmazkodási folyamat.

Az alkalmazkodási folyamat értékelésére Hurwicz ugyancsak több kritériumot vezet be, többek között az "információs hatékonyság" fogalmát. Ezt - némi egyszerüsitéssel - igy fogalmazhatjuk meg: két alkalmazkodási folyamat közül az rendelkezik nagyobb információs hatékonysággal, amely ugyanazt az eredményt kevésbé részletesen bontott információval éri el.

---

x/ Mint látjuk, a Hurwicz-féle "környezet" értelmezése lényegesen eltér attól, amit mi az általános modellben "külvilágnak" nevezünk.

xx/ A "válaszfüggvény" fogalmát Hurwicz a kibernetikából, az idegrendszer matematikai modelleiből vette át. A közgazdasági irodalomban azonban kizárólag az ő munkájában találkoztam ezzel az elnevezéssel.

A tanulmány végül két alkalmazkodási folyamatot ismertet konkréten. Az egyik: a "kompetitiv folyamat"; ez lényegében az Arrow-Debreu-modell dinamizált változatának felel meg. A másikat "mohó /greed/ folyamatnak" nevezi. Utóbbi "nyelve" nem tartalmaz árakat, minden egység egy iterativ eljárás keretében mintegy hozzáidomul a többi egység közvetlen ajánlataihoz. Hurwicz megállapitja, hogy a kompetitiv folyamat információs hatékonysága nagyobb - viszont csak olyan környezetben képes müködni, amelyben nincs növekvő hozadék. A másik /ár-nélküli/ folyamat információs hatékonysága kisebb, viszont müködhet növekvő hozadék mellett is.

Nézetem szerint Hurwicz tanulmányában nem a fent emlitett végső megállapitások a leginkább figyelemreméltóak, hanem maga a kérdés feltevése, a probléma megközelitésének módja és néhány fontos fogalom bevezetése. Saját tanulmányunk a Hurwicz-féle kutatás egyenes folytatásának tekinthető; a II. részben leirt modell az ő modelljének további általánositását jelenti.

Hurwicz az általa leirt két konkrét alkalmazkodási folyamatra vonatkozó tételeit deduktiv uton bizonyitja. Mi - amint jeleztük - fő kutatási módszerként szimulációs technikát akarunk használni. Éppen ez teszi lehetővé, hogy általános modellünk, s ezzel együtt egyes konkrét modelleink is sokkal kevesebb megszoritást tartalmazzanak majd, mind Hurwicz modellje; pl. ne legyenek determinisztikus jellegüek, hanem vegyék figyelembe a bizonytalanságot, a véletlen szerepét.

E korlátok azonban nem kisebbitik a Hurwicz-tanulmány érdemeit, gondolatébresztő hatását.

2.5. A közgazdasági elméletek osztályozásáról

A 2.1.-2.4. szakaszokban beszámoltam arról, hogy a matematikai-közgazdaságtan mely forrásaiból meritettem kutatásaimban. Ezek áttekintése után szeretnék még egy gondolatot felvetni, ha egyenlőre még nagyon éretlen formában is.

A II. részben leirt általános modell; az ott szereplő elem-kategóriák és válaszfüggvények és változók egyfajta "tartalomjegyzéket" alkotnak. E tartalomjegyzék felsorolja azokat az elemeket, összefüggéseket, amelyek egy formalizált modellben egyáltalán szerepelhetnek. Amennyiben igaz az, hogy e tartalomjegyzék eléggé teljes, ugy ennek alapján könnyen megadhatjuk egy-egy elmélet, modell lényeges ismérveit; megmondhatjuk: mit vesz figyelembe és mit hanyagol el.

Inkább csak illusztrációképpen emlitek néhány példát.

Mindenekelőtt a modellek, elméletek egyrésze kizárólag a reálszférára szoritkozik, tekintet nélkül a mechanizmusra. /Pl. Leontief modellje./ A modellek másik része /mondjuk Walras-é/ mindkét szférát érinti.

A modellek egyik része meghatározott egységfajták viselkedését, válaszfüggvényeit önmagukban irja le: pl. a fogyasztás, a kereslet elmélete a fogyasztói gazdálkodási és transzformációs egységekét, a termelési függvények elmélete a termelési transzformációs egységekét, a vállalat elmélete a termelési gazdálkodási egységekét, a piaci formák elméletei meghatározott tranzakciós egységekét és igy tovább.

Ugyanakkor vannak szintétikus elméletek, amelyekben többféle egység szerepel. /Pl. a már emlitett Lange-modellben, az Arrow-Debreu-modellben és igy tovább./ Ezeknél megadható, hogy milyen egység-fajták jelennek meg modelljükben, s melyek létezését hagyják figyelmen kivül.

Ha azután közelebb lépünk ezekhez az elméletekhez, s megnézzük, hogyan irják le az egységek viselkedését, kitünik: mindegyik valamilyen meghatározott módon specifikálja a válaszfüggvényeket. /Pl. hogyan függ az időtől, függ-e a véletlentől; szigoru racionalitás érvényesül-e benne stb./

A modellek jól osztályozhatók aszerint, milyen közlés-tipusokat ismer; pl. ismer-e egyáltalán az árakon kivül egyébfajta közlés-tipust is.

Egyenlőre csak e néhány példával kivántam illusztrálni e gondolatot. Ha most az elé a feladat elé kerülnék, hogy próbáljam rendszerezni a formalizált, matematikai modellek elmélettörténetét, megkisérelném e fentiekben vázolt módon tenni. Lehetséges azonban, hogy a megvalósitás nem sikerülne; egyes elméletek nem férnének bele az általános modell szerinti osztályozás Prokrustes-ágyába. Mindenesetre a gondolat egyik próbája a különböző elméleti modellek szimulációs modellé való átfogalmazása lesz, ahogyan azt a III. rész 2.7. szakaszában, a Lange-modell példáján jeleztem.

3. A szimuláció irodalma

Amikor kutatásunk forrásait felsoroljuk, ki kell emelnünk a szimuláció irodalmát. A szimulációs technikát természetesen nem mi találtuk ki, hanem az évek óta ismert s mi átvettük.

A szimulációs módszerek gazdasági alkalmazásának egyenlőre nem tul nagy az irodalma.[x/] Néhány fontos vizsgálatot végeztek e módszerrel az USÁ-ban. Sajnos, ezek tárgyköre rendszerint nagyon eltért a miénktől, pl. demográfiai előrebecslést, vállalati operáció-kutatást szolgáltak.[xx/] A legközelebb esik témánkhoz a már emlitett piaci szimuláció.[xxx/]

A mi vizsgálatunk tárgya - egy gazdasági rendszer müködése, mechanizmusa - lényegesen eltér az emlitettektől, s számos uj kérdést vet fel. Ilyen célra, tudomásom szerint, még nem alkalmaztak szimulációs módszereket. Ezért inkább módszertani, gépi programozási stb. szempontból támaszkodhatunk a szimuláció irodalmára, mintsem konkrét eredmények felhasználásában.

Magyarországon néhány kutatásról értesültünk, amelynek iránya némileg rokon a miénkkel. Igy pl. Máriás Antal, Kálmán Róbert és mások - analóg számológépek segitségével - kivánnak egyes gazdasági folyamatokat szimulálni. Frigyes Ervin a jövedelemeloszlás problémáit kivánja szimulációs modellel vizsgálni.[xxxx/] Szimulációs kutatások folynak a Nehézipari Minisztérium Számolóközpontjában is. Célszerü lesz a jövőben e kutatókkal szoros kooperációt kialakitani.

---

x/ Az összefoglaló jellegü müvek közül leginkább kiemelhető G.H.Orcutt és mások [44], valamint H.Guetzkow [16] munkái.

xx/ Lásd a már emlitett [44] könyvet, valamint M.Shubik [51] cikkét.

xxx/ Lásd [5].

xxxx/ Lásd [12].

4. Kibernetika, automata-elmélet

A szerző tájékozottsága a kibernetika, az információelmélet, az absztrakt automaták elmélete és a gépi nyelvek irodalmában nagyon szük és felszines. Mindenesetre az az ismeretanyag, amelyet eddig szereztem, már eddig is elősegitette a gazdaság bizonyos összefüggéseinek megértését, uj fogalmak kialakitását. Világossá vált számomra, hogy a felsorolt elméletek, kutatási ágak a mi kutatásunk nélkülözhetetlen "segédtudományai" lesznek.x/ Ezért is tekinthető szerencsésnek, hogy a kutatásban résztvevő matematikus-kollektiva két tagja kifejezetten specialistája a kibernetikának, az automaták és a gépi nyelvek elméleteinek.

A leglényegesebb érintkezési pont az automata-elmélettel mutatkozik. A kutatásban közreműködő matematikusok rámutattak arra, hogy a gazdasági egység, amelyet az általános modell (2) - (5) válaszfüggvényei jellemeznek, felfogható

---

x/ E tanulmány irása közben került kezembe egy kötet, amely az un. rendszer-elmélettel /general system theory/ foglalkozik. /Lásd [40] /. Tárgya: rendszerek általános absztrakt vizsgálata, tekintet nélkül arra, hogy mi a rendszer konkrét tartalma: gép, élő szervezet vagy társadalom. Világos, hogy a "rendszerelmélet" közeláll, vagy éppenséggel átfedi a kibernetika területét. A rendszerelmélet olyan fogalmakkal dolgozik, mint a rendszer strukturája, inputja, outputja, állapota stb. E szavak puszta megemlitése is jelzi, hogy tárgyköre mutat bizonyos hasonlóságot a mi vizsgálatainkkal.

Egyébként a kibernetika gazdasági alkalmazásáról eddig kevés érdemleges könyv jelent meg. Megemlithetjük S.Beer [5] könyvét, Greniewski működését. /Lásd [14] és [15]/. O.Lange is foglalkozott ezzel a tárgykörrel.

un. véges automatának.[x/] Ezzel együtt a rendszer egésze, amely egységek egymással összekapcsolt hálózatából áll, ugyancsak felfogható véges automatának, amely maga is véges automatákból, mint elemekből tevődik össze. Ennek megfelelően feltételezhető, hogy az automata-elmélet egyes tételei kiterjeszthetők lesznek általános modellünkre is.

A kérdés további kutatást igényel. Mindenesetre szükséges ezzel kapcsolatban megtennünk egy előzetes megjegyzést.

A tudományos igényü közgazdászok közül számosan megcsömörlöttek a "gazdasági kibernetika" kifejezéstől. Akik ezt a fogalmat kompromitálták, rendszerint megelégszenek néhány frázissal; sürün dobálódznak az olyan szavakkal, mint "visszacsatolás", "információ-áramlás", "önszabályozás" - anélkül, hogy egy lépéssel is előre mennének a gazdaság valóságos megismerésében.[xx/] A magunk részéről szeretnénk tartóz-

---

x/ Az automata-elmélet ma már klasszikusnak minősülő tanulmányai /Ashby, Kleene, Mc Carthy, Shannon, Neumann, Uttley és mások munkái/ az "Automata Studies" c. tanulmány-kötetben jelentek meg. /Lásd [50]/.

Magyar nyelven többek között rendelkezésre áll Neumann J. néhány munkája /pl. [42] és [43] ; az [52] válogatás a kibernetika klasszikusainak müveiről, valamint Tarján Rezső [55] és [56] könyvei.

xx/ Valósággal karikaturája az ilyen kibernetikai hardabandázásnak egy német szerző, G.Klaus "Kibernetika és társadalom" c. könyve [22]. E könyv megirásának technikája a következő:

A szerző hol elővesz egy kibernetikai fogalmat, modellt, s keresi rá a párhuzamot a közgazdaságban. Hol pedig elővesz egy közgazdasági fogalmat, modellt és keresi rá a párhuzamot a kibernetikában. Dehát mit mond a gazdaság müködéséről egy kis blokkdiagram, amely bemutatja: a brigád ujitási javaslata "visszacsatolás" a brigád és az üzemvezetés mint szabályozó között?

kodni az ilyen analógia-gyártó "üresjárattól" - miközben persze tisztában vagyunk az analógia fontos szerepével az egymással érintkező tudományokban. /Az alábbiakban mi is ismertetünk néhány analógiát./ Az analógia legfeljebb gondolatébresztő lehet, de nem pótolhatja a gazdaság "belülről" való megismerését.

A fentiekben emlitettem az általános modellben szereplő egység véges automataként való leirásának lehetőségére. Amikor az általános modellt igyekeztem megfogalmazni, erre nem jöttem rá magamtól, hanem matematikus munkatársaim vezettek rá erre. Noha jobb lett volna ezt előbb magamnak észrevennem, e kerülő utnak is van bizonyos előnye. E modell nem ugy keletkezett, hogy kerestük: vajon hol találhatunk a véges automatákkal analóg jelenséget a gazdaságban, hanem ugy, hogy igyekeztünk nagyon általános formában leirni a gazdaság müködését, s eközben tudatosodott ennek analógiája az automatákkal.

Az analógiákkal kapcsolatos fenntartások leszögezése után - szeretném magam is két analógiára felhivni a figyelmet.

1. A matematikai közgazdasági elmélet bebizonyitotta a tökéletes verseny maximális takarékosságát az információkkal. A tökéletes verseny mechanizmusa képes ugy müködni, sőt az erőforrások optimális elosztását biztositani, hogy eközben kizárólag egyetlen közlés-tipussal operál: az árakkal, beleértve az árak közé a szolgáltatások és erőforrások árait is.

Feltünő azonban, hogy semmilyen valóságos gazdasági mechanizmus nem ilyen takarékos az információval. Az információk megtöbbszöröződését tapasztaljuk. Vegyünk pl. egy termelési akciót. Ezt megelőzi sokféle közlés: rendelés, a

Az élő szervezetek köréből vegyük a mechanikai egyensuly problémáját. Ennek elsődleges, automatikus szabályozója a belső fülben elhelyezkedő egyensuly-szerv. Másodlagos szabályozója: a látás révén szerzett benyomás a test helyzetéről, s az ennek alapján müködésbe lépő feltételes reflexek. Végül, "legfelsőbb szinten" szabályozhatjuk akaratlagosan is helyzetünket.

Mindkét példában a szabályozás többszintüsége a különálló szabályozó rendszerek kölcsönös korrekcióját szolgálja. Mindkét esetben az állandó, folyamatos szabályozást, a vezérlés "aprómunkáját" automatikák látják el, mig a bonyolultabb beavatkozások központilag, tudatos döntések alapján történnek.

A közlés-áramlás megtöbbszöröződése és a szabályozás többszintüsége egyébként egymással bizonyos fokig összefüggő jelenségek. Ezért érdemes lesz ezt együttesen vizsgálni gazdasági szimulációs modelleinkben.

V. RÉSZ:

A KUTATÁS TERVEI

1. Az eddig végzett munka összefoglalása

A tanulmány végére érve mindenekelőtt összefoglaljuk: hol tart a kutatás jelen pillanatban, 1966. márciusában.

1. Eddig főképpen annak tisztázása folyt: mit vizsgáljunk és hogyan? Mennyiben folytassuk más kutatók tevékenységét vagy mennyiben térjünk el azoktól?

Ezekre a kérdésekre - legalábbis önmagunk számára - most már tudunk felelni; válaszaink lényegét tartalmazza e tanulmány. Kialakitottuk elgondolásainkat a kutatás irányára és módszertanára. Fő vonalakban tisztáztuk viszonyunkat más irányzatokhoz.

2. Miután eldöntöttük, hogy kutatásunk fő "technikája" a szimuláció lesz, kidolgoztuk az alkalmazásra kerülő szimulációs modellek "családjának" közös ismertetőjegyeit. Ezt foglalja össze az általános modell, melyet a tanulmány II. része ismertetett.

Az általános modell fő hivatása a kutatók közös terminológiájának kialakitása, a fogalmak tisztázása. Egyfajta "sémát", "tartalomjegyzéket" ad a specifikált, számszerüsitett modellek megszerkesztésének megkönnyitésére és egységesitésére. Módot ad arra, hogy az egymástól eltérő konkrét modellek egyes közös elemeire olyan gépi programrészek készüljenek, amelyek azután többféle modellbe beépithetők.

Elképzelhető, hogy az általános modell ezen tulmenően is használhatónak bizonyul. Az itt bevezetett fogalmak és relációk alkalmasak lehetnek egyrészt létező gazdaságok leirására, másrészt különböző közgazdasági elméletek osztályozására, rendszerezésére.

3. Kidolgoztuk az első specifikált modellt. Ennek gépi programja kész; kipróbálására és első numerikus futtatására e pillanatban még nem került sor, de a közeli jövőre várható.

2. A soronkövetkező feladatok

Az eddig végzett munka nagyon széles fronton, igen általános formában vetette fel azokat az elméleti és módszertani kérdéseket, amelyek a gazdaság /s ezen belül a gazdasági mechanizmus/ müködésének formalizálásával kapcsolatban felvetődnek. A kérdés-feltevésnek ez a szélessége jellemző a jelen tanulmányra is.

Ez elkerülhetetlen volt a kezdő fázisban, amikor az irányvételt kellett eldöntenünk.

A kérdések elméleti, általánositott, absztrakt jellegü vizsgálatát a továbbiakban is szeretnénk nagy erővel folytatni. Ugyanakkor a legközelebbi idő központi feladata specifikált, majd számszerüsitett konkrét modellek kidolgozása és gépi futtatása lesz.

1. Ami az elméleti munkát illeti: az általános modellnek a tanulmányban szereplő formája még nem eléggé kiérlelt, nem eléggé exakt. További lépéseket kell tenni továbbfejlesztésére; megkisérelni axiomatikus formában való megfogalmazását stb.

Kutatócsoportunk egyik matematikus tagja, Dömölki Bálint felvetette azt a gondolatot, hogy el kellene készitení az általános modell - s ezen belül elsősorban a "vegetativ müködési processzus" - gépi programját. Ezzel együtt ki kellene alakitani egy speciális gépi nyelvet, amely kényelmesen használható az általános modellben körvonalazott modell-"család" gépi programjainak leirásához.

2. Már az 1. modellel végzett számitások - és még inkább a további konkrét modellek - egyebek között arra is alkalmasak lesznek, hogy ellenőrizzük módszertani elgondolásaink helyességét.

Az 1. modell egy erősen leegyszerüsitett "piaci gazdaságot" szimulál, amelyben egyáltalán nincsen központi irányitás. Terveink szerint a 2. modell a "Lange-féle tervgazdaság", központi ár-szabályozás átfogalmazása lesz, olymódon, hogy alkalmassá váljék szimulációs kisérletekre. A 3. modell a központi terv-utasitások mechanizmusát formalizálja.

Később megkezdjük e modellek különböző "épitőkockáit" egymással kombinálni.

A jelen pillanatban nem akarjuk tovább részletezni a későbbi modellek tervezetét. Érdemes lesz ezzel kapcsolatban megvárni az első konkrét számitások tapasztalatait.

A munka előrehaladása eléggé lassunak igérkezik. Pillanatnyilag a "legszükebb keresztmetszet" a számológépi munka. Hosszu ideig tart a számológépi programok kidolgozása, kipróbálása, "bejáratása". De ezen tulmenően is: a feladat méreteihez képest nagyon csekélyek azok az erők, amelyeket jelenleg erre a kutatásra forditunk.x/

Ha egyébről nem is, arról bizonyára meggyőzte a tanulmány az olvasót, milyen rendkivül bonyolult feladathoz láttunk hozzá. A szerzőben éppen e beszámoló irása közben tudatosodott az eddiginél sokkal mélyebben a feladat roppant nehézsége; annak felismerése, hogy nagy - talán tul nagy - fába vágtuk a fejszénket. Amennyiben a kutatás iránya biztatónak tünik, érdemes lesz nagyobb erőket összpontositani a feladat elvégzésére.

---

x/ A jelen pillanatban egyetlen félállásos közgazdász foglalkozik a témával; a közremüködő négy matematikus közül egy eddig inkább csak konzultánsként vett részt, s a többiek is negyed-fél "kapacitással" dolgoznak ezen a munkán.

Irodalomjegyzék

[1] ANDORKA R. - DANYI D. - LIPTÁK T. - MARTOS B.: Dinamikus népgazdasági modellek. Budapest, Közgazdasági és Jogi Könyvkiadó, sajtó alatt.

[2] ARROW, K.J.: "An extension of the basic theorems of classical welfare economics", megj. a Proceedings of the Second Berkeley Symposium on Mathematical Statistics and Probability c. kötetben, Berkeley and Los Angeles: University of California Press, 1951.

[3] ARROW, K.J. - KARLIN, S. - SUPPES, P./ed/: Mathematical Methods in the Social Sciences, Stanford: University Press, 1960.

[4] ARROW, K.J. - HURWICZ, L.: "Decentralization and computation in resource allocation", Essays in Economics and Econometrics, Chapel Hill: University of North Carolina Press, 1960.

[5] BALDERSTON, F.E. - HOGGATT, A.C.: Simulation of Market Processes, Berkeley: Institute of Business and Economic Research, 1962.

[6] BEER, S.: Kybernetik und Management, Frankfurt a.M.: S.Fischer, 1962.

[7] BRÓDY, A.: "A hóvégi hajrá és a készletek", MTA Közgazdaságtudományi Intézetének Évkönyve, I. Budapest: Akadémiai Kiadó, 1957.

[8] COHEN, K.J. - MILLER, M.H.: Management games, information processing and control, Pittsburgh: Carnegie Institute of Technology, 1963.

[9] DANTZIG, G.B. - WOLFE, P.: "The decomposition algorithm for linear programs", Econometrica, 29 /1961/ 767-778. old.

[10] DEBREU, G.: Theory of Value, New York: Wliey, 1959.

[11] DORFMAN, R. - SAMUELSON, P.A. - SOLOW, R.M.: Linear Programming and Economic Analysis, New York: McGraw-Hill, 1958.

[12] FRIGYES E.: A munkások és alkalmazottak jövedelemeloszlásának elemzése és tervezési módszerei, kandidátusi disszertáció, Budapest, 1966.

[13] GOLDBERGER, A.S.: Econometric Theory, New York: Wiley, 1964.

[14] GRENIEWSKI, H.: "Kybernetik und Planung", Wirtschaftswissenschaft, /1963/, 531-543.

[15] GRENIEWSKI, H.: "Kybernetisch-ökonomische Modelle", megjelent a [39] kötetben, II. kötet, 327-337. old.

[16] GUETZKOW, H./ed/: Simulation in Social Science, Englewood Cliffs: Prentice-Hall, 1962.

[17] HALABUK, L. - KENESSEY Z. - THEISS E. - KOTÁSZ Gy. - NYÁRI ZSIGMOND: "A magyar népgazdaság M-1. statisztikai makromodellje", Nemzetközi módszertani füzetek, 1965. 7. szám.

[18] HURWICZ, L.: "Optimality and informational efficiency in resource allocation", megjelent a [3] kötetben, 27-46. old.

[19] KALMÁR L.: A matematika alapjai, I. kötet, 1. füzet, Budapest: Felsőoktatási Jegyzetellátó Vállalat, 1956.

[20] KARLIN, S.: Mathematical Methods in Games, Programming and Economics, Reading, Mass.: Addison-Wesley, 1959. Vol.I.

[21] KATONA G.: Psychological Analysis of Economic Behavior, New York: McGraw Hill, 1963.

[22] KLAUS, G.: Kybernetik und Gesellschaft, Berlin: VEB Deutscher Verlag der Wisschenschaften, 1964.

[23] KOOPMANS, T.C.: "Allocation of resources and the price system", megjelent a [25] kötetben, 1-126. old.

[24] KOOPMANS, T.C.: "The construction of economic knowledge", megjelent a [25] kötetben, 167-220. old.

[25] KOOPMANS, T.C.: Three Essays on the State of Economic Science, New York: McGraw-Hill, 1957.

[26] KORNAI J.: A gazdasági vezetés tulzott központosítása, Budapest: Közgazdasági és Jogi Könyvkiadó, 1957.

[27] KORNAI J. - LIPTÁK Th.: "Two-level Planning", Econometrica, 33 /1965/ 141-169. old.

[28] KORNAI J.: "A Dantzig-Wolfe dekompoziciós eljárás közgazdasági értelmezése és alkalmazásának problémái", Népgazdasági programozás /1966-70/, 11. tájékoztató, 1965.

[29] KORNAI J. - DÖMÖLKI B.: A gazdasági mechanizmus szimulációja - Feljegyzés az 1. számu kisérletsorozat matematikai modelljéről, Budapest: MTA Közgazdaságtudományi Intézet, 1965. Kéziratban.

[30] KORNAI J.: A gazdasági szerkezet matematikai tervezése, Budapest: Közgazdasági és Jogi Könyvkiadó, 1965.

[31] KORNAI J.: Gazdasági rendszerek szimulációjának általános modellje, Budapest: MTA Közgazdaságtudományi Intézet, 1965.

[32] KÖNIG, R.: Das Interview, Formen, Technik, Auswertung, Köln-Berlin: Kiepenhauer-Witsch, 1962.

[33] LANGE,O.: On the Economic Theory of Socialism, Minneapolis: The University of Minnesota Press, 1948.

[34] LIPTÁK T.: "Two-level programming", megjelent a Colloquium on the Application of Mathematics to Economics Budapest, 1963, Budapest: Akadémiai Kiadó, 1965. 243-253. old.

[35] MALINVAUD, E.: Decentralised Procedures for Planning, Cambridge: International Economic Association, 1963.

[36] MARSCHAK, J.: "Elements for a theory of teams", Management Science 1 /1955/ 127-137.

[37] MARSCHAK, T.: Computation, Decomposition and Internal Pricing, Berkeley: Committee on Econometrics and Mathematical Economics, évszám nélkül, valószinüleg 1963. Sokszorositva.

[38] MARX, K.: A Tőke, I. kötet, Budapest: Szikra, 1948.

[39] MARX, K.: A politikai gazdaságtan birálatához, Budapest: Szikra, 1953.

[40] — Mathematik und Kybernetik in der Ökonomie, Internationale Tagung - Konferenzprotokoll, Berlin: Akademie-Verlag, 1965.

[41] MESAROVIC, M.D./ed/: Views on General Systems Theory, New York: Wiley, 1964.

[42] MORVA T.: "A tervgazdaság Lange-féle piaci modellje", Közgazdasági Szemle, 13 /1966/ 156-170.old.

[43] NEUMANN, J.: Válogatott előadások és tanulmányok, Budapest: Közgazdasági és Jogi Könyvkiadó, 1965.

[44] NEUMANN, J.: "Az automaták általános és logikai elmélete", megjelent magyarul az [52] kötetben, 55-114. old.

[45] ORCUTT, G.H. - GREENBERGER, M. - KORBEL, J. - RIVLIN, A.M.: Microanalysis of Socioeconomic Systems: A Simulation Study, New York: Harper, 1961.

[46] OZSWALD, L.: A müszaki dolgozók anyagi ösztönzési rendszere, Budapest: Közgazdasági és Jogi Könyvkiadó, 1963.

[47] PÉTER GY.: A gazdaságosság és jövedelmezőség jelentősége a tervgazdálkodásban, Budapest: Közgazdasági és Jogi Könyvkiadó, 1956.

[48] PIGOU, A.C.: Economics of Welfare, London: MacMillan, 1920.

[49] RADNER, R.: "The application of linear programming to team decision problems", Management Science, 5 /1959/ 143-150. old.

[50] RADNER, R.: Competitive equilibrium under uncertainty, Berkeley: Center for Research in Management Science, 1965.

[51] SHANNON, C.E. - McCARTHY,J./ed/: Automata Studies, Princeton: Princeton University Press, 1956.

[52] SHUBIK, M.: "Simulation of the industry and the firm", The American Economic Revue, 50 /1960/ 908-919. old.

[53] SZALAI S. /szerk./: A kibernetika klasszikusai, Budapest: Gondolat, 1965.

[54] SZÉP J.: Analizis, Budapest: Közgazdasági és Jogi Könyvkiadó, 1965.

[55] TANKÓ J.: A gazdasági mechanizmus szimulációja. Az 1. számu kisérletsorozat modelljének és gépi programjának ismertetése /kéziratban/, Budapest: MTA Közgazdaságtudományi Intézet, 1966.

[56] TARJÁN R.: Gondolkodó gépek, Budapest: Bibliotheca, 1958.

[57] TARJÁN R.: Kibernetika, Budapest: Gondolat, 1964.

[58] WAELBROECK, J.: "La grande controverse sur la planification et la théorie économique mathématique contemporaine", Cahiers de l'ISEA, /1964/ No. 146, 3-24. old.

Ny. 1104/1966.