Georg Wintgen

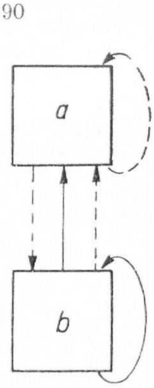
A kibernetikai rendszer fogalma és alkalmazása a közgazdaságtanban

A kibernetikai rendszer fogalommeghatározásának vitájában fő fogalomként két különböző általános rendszer fogalom terjedt el. Az egyik, nevezzük itt röviden rendszernek, a rendszert elemek strukturált összességének tekinti, míg a másik a rendszernek azt a képességét fejezi ki, hogy ingerekre reakciókkal válaszol. A rendszer ilyen módon történő meghatározását, melyet Greniewski [1] relatív izolált rendszernek nevez, mi O. Lange után [3] aktív elemnek nevezzük. A továbbiakban mind a két fent említett fogalmat a rendszert és az aktív elemet egzaktan definiáljuk, majd felállítjuk a kibernetikai rendszer egzakt definícióját, amelyben mind a két fogalom összeolvad.

Egzakt definíció alatt halmazelméleti definíciót értünk. A halmazelméleti fogalom élessége együtt jár azzal, hogy bizonyos tulajdonságokról, melyeket elképzelünk akkor, amikor rendszerről, illetve kibernetikai rendszerről beszélünk, le kell mondanunk. Megvan azonban az az előnye, hogy teljesen egyértelmű és biztos alapot ad a tudományos nyelvben kifogástalan terminológia felállítására, valamint különböző kibernetikai rendszerekre vonatkozó tételek matematikai levezetéséhez. Továbbá megadunk néhány általánosítást és specializációt a rendszerrel és a kibernetikai rendszerrel kapcsolatban, amelyek a közgazdasági rendszerek analízise és konstrukciója szempontjából jelentősek lehetnek.

Végül megvizsgálunk egy kibernetikai alapmodellt, egy egyszerű társadalmi gazdasági rendszerre, amelynek segítségével az ösztönzés problémáját kíséreljük megközelíteni. A rendszerfogalmak bevezetéséhez egy üzem erősen leegyszerűsített modelljéből indulunk ki. Az üzem egy ,,a'' irányítószervből és egy ,,b'' termelőrészlegből áll. Tekintsünk el minden sajátosságtól és akkor marad a tény, hogy egy M = {a, b} két elemű halmazzal van dolgunk, ahol M a vizsgált rendszer elemhalmaza. Rendszerünknek az elemhalmazon kívül struktúrája is van, amely abban áll, hogy az elemek egymással fizikailag (anyagi vonatkozásban) és információs szempontból össze vannak kapcsolva. A fizikai összekapcsolás b-től a-ig és b-től b-ig tart. Termékekkel történő ellátást jelent. Tekintsünk el az összekapcsolási viszonyok speciális természetétől és akkor marad az, hogy ez tulajdonképpen egy R_p reláció, amelyet M-ből vett rendezett elempárok halmazaként definiálhatunk: $R_p = \{[b, a], [b, b]\}$. (Az x elem akkor van y elemmel R_p relációban, ha $[x, y] \in R_p$. $[x, y] \neq [y, x]$ ez az, ami a rendezett $[x, y]$ párt megkülönbözteti az $\{x, y\}$ halmaztól.) Az információs kapcsolatok egy második relációt $R_i = \{[a, a], [a, b], [b, a]\}$ alkotnak (lásd 1. ábra).

Rendszerünk struktúrája az $S = [R_p, R_i]$ rendezett pár, ahol R_p és R_i az M fölött definiált relációk, az egész rendszert pedig a $\Sigma = [M, S]$



1. ábra

rendezett párként definiáljuk, amit rendezett hármasként is írhatunk $[M, R_p, R_i]$.

Általánosan definiáljuk a következőket:

1. definíció. Egy *rendszer* rendezett pár $[M, S]$, amely az M halmazból és az $S = [R_1, R_2, \ldots]$ sorozatból áll, ahol R_i M fölötti relációk. M-et a rendszer *elemhalmazának* S-et pedig a rendszer *struktúrájának* nevezzük. Hasznos lehet kétértékű relációk mellett többértékűeket is figyelembe venni.

Háromértékű reláció pl. három üzemrész közötti reláció, amely azt fejezi ki, hogy az első részleg a harmadiknak szóló közléseit a másodikon keresztül bonyolítja le.

Az 1. definícióból kiindulva alapvető rendszerelméleti fogalmakat, összefüggéseket és műveleteket definiálhatunk, mint pl. homomorfia és izomorfia, környezet, rendszerek egyesítése és közös része, részrendszer, parciális rendszer és aggregáció.

2. definíció. Legyen adva két rendszer $[M, S]$ és $[M', S']$, ahol $S = [R_1, \ldots, R_m]$ és $S' = [R'_1, \ldots, R'_m]$ R_i, ill. R'_i n_i, ill. n'_i értékű relációk M, ill. M' fölött; $[M', S']$ *homomorf* az $[M, S]$-sel, ha $m = m'$, $n_i = n'_i$ $(i = 1, \ldots, m)$ és ha létezik M-nek olyan egyértelmű f leképzése M'-re, hogy az $[a_1, \ldots, a_{n_i}] \in R_i$-ből következik, hogy $[f(a_1), \ldots, f(a_{n_i})] \in R'_i$.

$[M', S']$ *erősen homomorf* $[M, S]$-sel, ha homomorf $[M, S]$-sel és ezenkívül létezik minden i-re az M' elemeinek n_i rendezett csoportjához — mely csoport $[a'_1, \ldots, a'_{n_i}] \in R'_i$ — legalább egy olyan n_i rendezett csoport, amely $[a_1, \ldots, a_{n_i}] \in R_i$ és fennáll $a'_1 = f(a_1), \ldots, a'_{n_i} = f(a_{n_i})$.

$[M', S']$ *szigorúan homomorf* $[M, S]$-sel, ha homomorf $[M, S]$-sel és ha minden i-re az $[f(a_1), \ldots, f(a_{n_i})] \in R'_i$-ből az $[a_1, \ldots, a_{n_i}] \in R_i$ következik.

$[M,' S']$ *izomorf* $[M, S]$-sel, ha létezik M-nek megfordítható, egyértelmű és erősen homomorf leképzése M'-re.

Példák:

Az $[\{A, B, C\}, \{[A, B], [B, C]\}] \sim [\{a, b\}, \{[a, b], [b, a], [b, b]\}]$ homomorfizmus, amelyet az $f(A) = a$, $f(B) = f(C) = b$ leképzéssel hozunk létre nem erős, mivel a második rendszerben levő $[b, a]$ rendezett párnak nincs megfelelője az első rendszerben. Az ugyanezen leképzéssel előállított

$$[\{A, B, C\}, \{[A, B], [B, C]\}] \sim [\{a, b\}, \{[a, b], [b, b]\}]$$

homomorfizmus erős ugyan, mivel az $[a, b]$ párnak az $[A, B]$ és a $[b, b]$ párnak a $[B, C]$ pár felel meg, de a $[B, B]$ pár nem szerepel az első rendszerben. Csak ha bevesszük az első rendszerbe az összes $[a, b]$ és $[b, b]$-nek megfelelő párokat, lesz a homorfizmus szigorú, így tehát az

$$[\{A, B, C\}, \{[A, B], [A, C], [B, B], [B, C], [C, B], [C, C]\}] \sim$$
$$\sim [\{a, b\}, \{[a, b], [b, b]\}$$

szigorú homomorfizmus.

A csoportelmélettel ellentétben két rendszer kölcsönös homomorfiájából nem lehet azok izomorfiájára következtetni. Csak az alábbi *tétel* érvényes:

Ha $[M', S']$ homomorf $[M, S]$-sel és $[M, S]$ homomorf $[M', S']$-sel, valamint M és M' véges halmazok, akkor $[M, S]$ és $[M', S']$ izomorf.

Az izomorfia és homomorfia a valóságos rendszerek és azok modelljei közötti kapcsolatokat precizírozzák. Az izomorfia a modellezett rendszer hű leképzését adja. A homomorfia pedig annak egyszerűsített mását szolgáltatja. Látjuk, hogy csak az erős és még inkább a szigorú homomorfia alkalmas a modellezéshez, mert egy gyengén homomorf modellben lehetnek olyan kapcsolatok, amelyeknek az eredeti rendszerben nincs megfelelőjük. Az erősen homomorf modell kapcsolatait mindig kimutathatjuk az eredetiben is, ezek azonban nem állnak fent valamennyi eredeti pár között, amelyek a megfelelő képpárhoz tartoznak. Ez csak a szigorú homomorfiánál áll fenn.

A rendszer környezetének fogalmát a halmazelméletben ismert komplementer halmaz fogalmára támaszkodva definiáljuk. A halmazelmélet teljeshalmaz I, fogalmához hasonlóan bevezetjük az *univerzális rendszert* $[I, Q]$, ahol az *univerzális struktúra* $Q = [Q_1, Q_2, \ldots]$ az I fölötti valamennyi relációt magába foglalja. Az univerzális Q struktúrát csak olyan bonyolultságban tételezzük fel, hogy az a vizsgálat szempontjából érdekes valamennyi relációt tartalmazza. Így tehát az univerzális rendszer éppen úgy, nem egyértelműen meghatározott fogalom, mint a teljeshalmaz fogalma.

A lényeg csak az, hogy eléggé átfogóan válasszuk meg és hogy az a vizsgálat folyamán állandó maradjon.

Egy rendszer környezetének definiálásához szükségünk van az M felett definiált n értékű $R \subseteq M \times M \times M \times \ldots$ relációnak az M halmaz N részhalmazára vonatkozó *korlátozása* $R \mid N$ fogalmára. Ez alatt az $R \cap N \times N \times \times N \times \ldots$, közös részt értjük, ami N felett definiált reláció. Ennek megfelelően írhatjuk $S \mid N = [R_1, R_2, \ldots] \mid N =_{\mathrm{Def}} [R_1 \mid N, R_2 \mid N, \ldots]$. Ezen megállapítás után definiáljuk:

3. definíció. Egy $[M, S]$ rendszer *környezete* az $[\overline{M}, \overline{S}]$ rendszer, ahol

$$\overline{M} \cup M = I, \ \overline{M} \cap M = \emptyset \text{ és } \overline{S} = Q \mid \overline{M}.$$

A halmazelmélethez analóg módon képezhetjük rendszerek egyesítését és közös részét is. A nehézség abból adódik, hogy két rendszer egyesítésénél figyelembe kell venni azokat a relációkat, amelyek az első és a második rendszer elemei között állnak fenn, de nem adódnak a rendszerek struktúráiból. Hasonló probléma lép fel a közös rész képzésénél is. Ezeket a nehézségeket feloldhatjuk, amennyiben a két művelet definíciójánál az univerzális Q struktúrát vesszük alapul.

4. definíció. Két rendszer $[M_1, S_1]$ és $[M_2, S_2]$ egyesítését és közös részét az

$$[M_1, S_1] \cup [M_2, S_2] =_{\mathrm{Def}} [M_1 \cup M_2, Q \mid M_1 \cup M_2],$$
$$[M_1, S_1] \cap [M_2, S_2] =_{\mathrm{Def}} [M_1 \cap M_2, Q \mid M_1 \cap M_2]$$

rendszerekkel definiáljuk.

A gráfelmélethez hasonlóan érvényes:

5. definíció. Egy $[M, S]$ rendszer részrendszere alatt az $[N, S \mid \mathrm{N}]$ rendszert értjük, ahol $N \subseteq M$. Az $[M, S] = [M, S_1, S_2, \ldots]$ rendszer parciális rendszere alatt az $[M, R] = [M, R_1, R_2, \ldots]$ rendszert értjük, ahol $\emptyset \subseteq R_i \subseteq S_i$, $(i = 1,2, \ldots)$. Az $[M, S] = [M, S_1, S_2, \ldots]$ rendszer parciális részrendszere alatt az $[N, R] = [N, R_1, R_2, \ldots]$ rendszert értjük, ahol $N \subseteq M$ és $R_i \subseteq \subseteq S_i \mid N$, $(i = 1, 2, \ldots)$.

A közgazdaságtan számára fontos aggregáció problémájának kezeléséhez szükségünk van a rendszer felbontásának fogalmára. Egy $[M, S]$ rendszer *felbontása* alatt a rendszernek véges sok diszjunkt részhalmazból álló részrendszerek egyesítéséből történő előállítását értjük, azaz

$$[M, S] = [M_1, S_1] \cup \ldots \cup [M_n, S_n], \text{ahol } S_i = S \mid M_i, M_i \cap M_k = \emptyset,$$

$(i, k = 1, 2, \ldots, i \neq k)$. Egy rendszer minden egyes felbontásához tartozik egy aggregáció.

6. definíció. Az $[M, S] = [M_1, S_1] \cup \ldots \cup [M_n, S_n]$ felbontáshoz tartozó *aggregáció* egy olyan $[M', S']$ rendszer, amelynek M' elemhalmaza az összes $m_i = [M_i, S_i]$ rendszerekből áll és amelynek S' struktúrája éppen annyi relációt tartalmaz, mint az S, éspedig S minden relációjához egy megfelelő R'-t — $[m_i, m_k, \ldots] \in R'$ — akkor ha létezik egy $x_i \in M_i$; egy $x_k \in M_k, \ldots$ úgy hogy $[x_i, x_k \ldots] \in R$.

Egy rendszer minden aggregációja erősen homomorf az adott rendszerrel. Egy $[M, S]$ rendszer minden erősen homomorf leképzésének egy $[M', S']$ rendszerre, megfordítva megfelel az $[M, S]$ egy aggregációja és egy felbontása, ahol a részhalmazok $M_i \subseteq M$, az M elemeiből állnak, amelyeket az M' ugyanazon elemére képezünk le.

Ezzel a fogalom alkotással ugyan nem oldjuk meg a konkrét esetek komplikált aggregációs problémáit, de mindenesetre hozzájárulunk e problémák fogalmi tisztázásához, ami a gyakorlati aggregációs kérdéseknél is hasznos lehet.

Az 1. definíció szerinti rendszer fogalom fontos általánosítása az asszociatív rendszer, amelynél a relációk nem az M elemhalmaz, hanem a P/M halmaz, valamennyi részhalmaza fölött vannak definiálva, és az erősen asszociatív rendszer, ahol a relációk a részrendszerek között állnak fenn. E fogalmak segítségével többek között leírhatók az összrendszer hatásai a részrendszerekre, ami szociológiai rendszerekben fontos lehet. Továbbá hasznos változó rendszereket is figyelembe venni, amelyekben az elemhalmaz és a struktúra is az idő függvényei. Bizonyos nehézséget jelentenek a konstans struktúrával és változó elemhalmazzal bíró rendszerek, mivel az 1. definíció szerint a struktúrát az elemhalmaz felett definiáljuk. Ebben az esetben a struktúrát az L, üres helyekből álló halmaz felett definiáljuk, amit az I L-be történő változó leképzése segítségével elemekkel töltünk meg.

A rendszer fogalom ezen általánosításaival kapcsolatos részletek az [5] munkában találhatók.

Tekintsük vállalati modellünk b elemét reakcióképes objektumnak. Ez inputként bizonyos nyersanyagokat kap a rendszer környezetétől, és információkat az a-tól. Átalakítja azokat és válaszként termékeket és információkat ad a környezetnek, illetve a-nak. Az input itt egy időtől függő $x(t)$ vektor és a válasz egy időtől függő $y(t)$ vektor. Más input függvényhez általában más válaszfüggvény tartozik. Az objektum viselkedése teljesen le van írva, ha minden lehetséges input függvényre adva van a válasza. Ilyen szemlélet mellett a b-t aktív elemként kezeljük.

Általánosan definiáljuk a következőket:

7. definíció. Az *aktív elem* egy rendezett hármas $[E, A, F]$, ahol E, ill. A függvényekből álló halmazok, amelyek egy rendezett halmazt T (az időpontok halmaza) az X (bemeneti halmaz), illetve az Y (kimeneti halmaz) halmazra képeznek le. Az E halmazt *bemenetnek* nevezzük, elemei bemeneti függvények vagy bemeneti jelek. Az A halmazt válasznak nevezzük. Elemei válasz függvények, válasz jelek. F egy operátor, amely a bemeneti és a válasz függvények közötti kapcsolatot teremti meg. F-t az aktív elem viselkedésének nevezzük. Ha F egyértelmű leképzése E-nek az A-ra, akkor az aktív elemet *determináltnak* nevezzük, ha F egyértelmű leképzése E-nek az A összes részhalmazaiból álló $P(A)$ halmazra akkor az aktív elemet *nem-determináltnak* nevezzük, ha F egyértelmű leképzése E-nek, az A fölötti valószínűség eloszlások halmazára $W(A)$, akkor az aktív elemet *sztochasztikusnak* nevezzük.

Általában az X bemeneti halmaz elemei x vektorok, $x_1, x_2, \ldots$ komponensekkel. Ekkor legyen $X = X_1 \times X_2 \times \ldots$ és ennek megfelelően $E = E_1 \times \times E_2 \times \ldots$. Az E_i halmazok mindegyikét az aktív elem egy *inputjának*, az X_i halmazt pedig az E_i inputok bemeneti halmazának nevezzük. Az A választ felbontjuk az A_z *állapotra* és az A_a, *kibocsátásra*, $A = A_z \times A_a$. Mindkét halmazt tovább bonthatjuk, vagyis $A_z = A_{z1} \times A_{z2} \times \ldots$ és $A_a = A_{a1} \times A_{a2} \times \ldots$ Az A_{zi}, ill. A_{ai} az állapot, ill. a kibocsátás komponensei és ha általában a választ az $A = A_1 \times A_2 \times \ldots$ formában bontjuk fel, akkor az A_k-t az aktív elem k-adik *output*jának nevezzük. Az E_i inputok X_i bemeneti halmazához hasonlóan vizsgáljuk, az A_k outputok válasz halmazát, továbbá az Y_z állapot halmazt és az Y_a kibocsátás halmazt, valamint ezek komponenseit.

Az aktív elem itt bevezetett fogalma még annyira általános, hogy viselkedése bizonyos körülmények között paradox lehet. Egy determinált aktív elem válasz függvényének értéke egy bizonyos t_0 időpontban egyértelműen meghatározott a bemeneti függvény teljes lefutása által, vagyis adott esetben a bemeneti függvény olyan értékei által is, amelyeket csak t_0-nál későbben adunk meg. Felmerül az az igény, hogy az aktív elemek egy szűkebb osztályát vizsgáljuk, amelyek nem mutatnak ilyen paradox viselkedést. Ilyen osztályt alkotnak a Greniewski által bevezetett prospektív rendszerek, amelyeket mi prospektív aktív elemeknek fogunk nevezni. (Az automaták elméletében ebben az összefüggésben egyenesen retrospektív operátorokról beszélnek, lásd [4].) Prospektív aktív elem esetén egy bemeneti függvény képének értéke egyértelműen meghatározott a bemeneti függvény t időpontbeli és t előtti valamennyi időpontbeli értéke által. A bemeneti függvény t utáni időpontokra vonatkozó értékei nincsenek befolyással a kép t időpontbeli értékére. A definíciót a következő módon fogalmazhatjuk meg:

8. definíció. Az $[E, A, F]$ aktív elemet *prospektívnek* nevezzük akkor, ha minden $t \in T$-re és E bármely két elemére, $x_1(t)$ és $x_2(t)$ érvényes; hogyha $x_1(\tau) = x_2(\tau)$ minden $\tau \leq t$-re, akkor $F(x_1)\,(t) = F(x_2)\,(t)$.

Különösen jól kidolgozott példa prospektív determinált aktív elemre a véges absztrakt automata. A bemeneti függvények itt egy véges bemeneti *ábc*-ből X, vett sorozatok $x_1, x_2, \ldots$ Az állapot és kibocsátás függvények szintén véges *abc*-ből Z, Y származó sorozatok. Ha adva van egy ilyen automata kezdőállapota z_1, akkor a kibocsátás és az állapot függvények rekurzív összefüggések segítségével adódnak:

$$y_t = g(x_t, z_t), \; z_{t+1} = h(x_t, z_t), \qquad t = 1, 2, \ldots,$$

ahol g és h az automata kibocsátás, illetve átmenet függvényei [4].

Az aktív elemek hatást gyakorolnak egymásra annyiban, hogy egy elem output függvényeit input függvényként visszük át más elemekre. Ezt az eljárást nevezzük összekapcsolásnak.

9. definíció. Az a aktív elemet a b aktív elemmel egyszerűen sorbakapcsoltnak nevezzük, ha az a egy $y_k(t)$ outputjának értéke megegyezik a b egy $x_i(t)$

inputjának értékével. Ebben az esetben azt is mondjuk, hogy a és b az $R(k', i)$ összekapcsolási relációban áll egymással. Az összekapcsolás fennállhat egy időpontra $t = t_0$, mindent t-re egy $t_1 \leq t \leq t_2$ időintervallumban vagy minden $t \in T$-re. Olyan összekapcsolásokat is vizsgálhatunk, amelyekben kettőnél több elem szerepel. Ehhez kettőnél több értékű relációkra van szükség. Az összekapcsolási reláció következő általános fogalmát vezetjük be.

10. definíció. Az *összekapcsolási reláció* több aktív elem közötti reláció, amely az elemek bizonyos, az indexük által adott inputjainak és outputjainak az azonosságát jelenti.

Így pl. $[a, b, c] \in R(1', 2, 4)$ az a aktív elem 1. outputjának azonosságát jelenti a b elem 2. és a c elem 4. inputjával.

Mint az egyszerű sorbakapcsolásnál, itt is megkülönböztetünk időpontra, időintervallumra vonatkozó és tartós összekapcsolást.

Mindezek után most már módunkban van a kibernetikai rendszert igen általánosan és egzaktan definiálni:

11. definíció. A *kibernetikai rendszer* egy $[M, S]$ rendszer, amelynek M elemhalmaza aktív elemekből áll, és amelynek $S = [R_1, R_2, \ldots]$ struktúrája az M fölötti összekapcsolási relációk sorozata. Egyetlen aktív a elemet is kezelhetünk kibernetikai rendszerként. Ezt a rendszert a következő formában írjuk fel: $[\{a\}, \emptyset]$. Megfordítva, bizonyos kibernetikai rendszereket is kezelhetünk aktív elemként, éspedig azokat a kibernetikai rendszereket, amelyekben van legalább egy szabad, azaz egy összekapcsolásban sem szereplő inputtal, és legalább egy szabad outputtal rendelkező aktív elem. Ebben az esetben a szabad inputok összessége a vizsgált kibernetikai rendszernek megfelelő aktív elem bemenete, a szabad outputok összessége pedig az elem válasza. A létrejövő aktív elem viselkedése azonban nem adódik egyértelműen és ellentmondás mentesen, akármilyen aktív elemek tetszőleges összekapcsolása esetén. A 11. definíció az automaták elmélete séma fogalmának egy általánosítása (lásd [4], 84. oldal). Ott egy séma korrekt szervezettségének fogalma van kifejtve. Egy korrektül szervezett séma együttes viselkedése egyértelműen és ellentmondás mentesen adódik az egyes elemek viselkedéséből. Ezt a problémát az általános kibernetikai rendszerek esetében még meg kell oldani.

A közgazdaságtan kibernetikai rendszereinek elemzésekor célszerűen közgazdasági rendszerekből indulunk ki, amelyek az anyag társadalmi mozgásformájának alkotó részei. Ezeket a rendszereket *társadalmi-gazdasági rendszerek*nek nevezzük. Ezek tartalmilag a következő három tulajdonsággal jellemezhetők:

1. A rendszer embereket foglal magába, pontosabban a rendszernek legalább egy eleme ember vagy egy rendszer, amely kellő mélységű felbontás esetén elemei között embert tartalmaz.

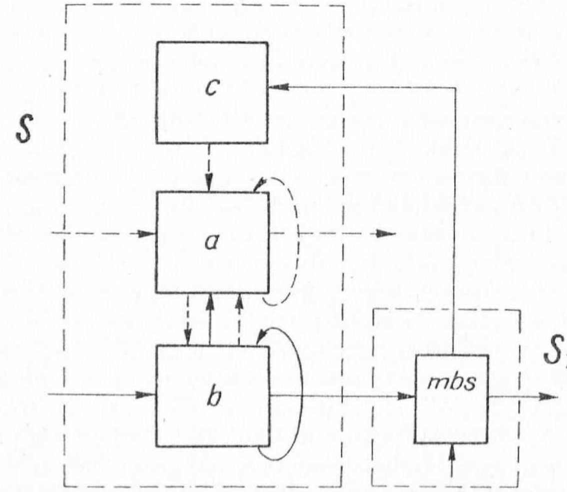
2. A rendszer „termel", ez azt jelenti, hogy a környezetnek legalább egy anyagi vagy információs terméket szállít, amely egy más rendszer igényének kielégítésére szolgál.

3. A rendszer „fogyaszt", ami azt jelenti, hogy saját igényének kielégítésére átvesz más rendszerből legalább egy anyagi vagy információs terméket.

Példaként társadalmi-gazdasági rendszerre felhozhatjuk a vállalatot és annak részrendszereit, le egészen az egyes munkásig, mint termelőig, illetve fölérendelt rendszereit fel egészen a népgazdaságig, továbbá kereskedelmi és szállítási vállalatokat, bankokat és piacokat. A munkaerő újraelőállítására szolgáló intézményeket, mint pl. kórházak, iskolák és az egyes háztartások is társadalmi-gazdasági rendszernek számítanak. Ezzel szemben nem társadalmi-gazdasági rendszer egy gép vagy géprendszer vagy akár egy egész automatizált üzem, ha nincs legalább egy ember felelősként hozzárendelve. A társadalmi-gazdasági rendszer fogalma relatív, a vizsgálattól függ, hogy egy adott objektum társadalmi-gazdasági rendszernek tekintendő-e vagy sem. A munkás és a család elsősorban biológiai rendszerek. Ezért beszélünk mi a munkásról mint termelőről, ami alatt a munkás a munkahelyén, szerszámaival vagy gépével együtt értendő. A család akkor lesz társadalmi-gazdasági rendszer, ha azt mint háztartást tekintjük, azaz ha fogyaszt és újratermeli egyes tagjai munkaerejét, vagy a jövő dolgozóit, gyerekeket nevel.

A társadalmi-gazdasági rendszerre megadható egy modell, amelyben a rendszer alapvető kibernetikai összefüggéseit és a környezethez való viszonyát írjuk le, erősen leegyszerűsített formában. Ezt a modellt a *társadalmi-gazdasági rendszer kibernetikai alapmodelljének* nevezzük. Ez a Greniewski-féle „Informatív-fizikai standardháló" [2] kibővítése. Ez egy kibernetikai rendszer (amelynek struktúráját az 1. ábrán mutattuk be), ahol az irányítószerv a információkat kap a környezettől, illetve ad át annak, a kivitelező szerv b pedig egy inputtal és egy outputtal van a környezettel fizikailag összekapcsolva.

A Greniewski-féle rendszert, amely éppúgy lehet önvezérlésű gép, mint egy élő szervezet vagy társadalmi szervezet, kibővítjük oly módon, hogy figyelembe vesszük a társadalmi-gazdasági rendszer első tulajdonságát: a rendszer embereket foglal magába. Egy önvezérlésű gép vezérlő berendezésének beindítása kevésbé bonyolult feladat, mint egy embert helyes cselekvésre ösztönözni. A vezérlő berendezés — jó konstrukciót és az előre nem látható zavarokból adódó hibákat is feltételezve — helyesen viszi véghez a konstruktőr által tervezett funkciókat. Az azonban, hogy egy ember helyesen „funkcionál"-e nemcsak képességeitől, hanem akaratától is függ. Ezért rá megfelelő ösztönző intézkedések segítségével hatást kell gyakorolni, hogy így az emberből vagy általánosabban egy társadalmi-gazdasági rendszerből helyesen funkcionáló rendszert csináljunk. Ezeket az összefüggéseket először Gerhardt elemezte kibernetikailag és használta fel effektív ösztönzési rendszerek kidolgozásánál [6]. Gerhardt szerint a társadalmi-gazdasági rendszerek vagy azok bizonyos részrendszerei potenciálisan ultra- vagy multistabil rendszerek; azonban csak ösztönzés következtében válnak ténylegesen ultra- vagy multistabillá. Ha ezeket a gondolatokat lehetőleg egyszerű módon figyelembe akarjuk venni, akkor az aktív elemet két elemre kell bontani, ezek közül az egyik — ezt ismét a-val jelöljük — a vezérlési vagy irányítási funkciókat gyakorolja, míg a másik, c, a motiváció funkcióját veszi át. Így adódik a társadalomgazdasági rendszer kibernetikai alapmodellje, ezt a második ábrán mutatjuk be, ahol a az irányítórendszer, b a kivitelező szerv, c pedig a motivációs centrumot jelenti. A b-t kivitelező szervnek és nem termelő szervnek nevezzük, mivel b terméke információ is lehet. A motivációs centrumra ösztönző hat, amely lehet fizikai vagy informatív (anyagi vagy eszmei ösztönzés). A társadalmi-gazdasági rendszer három szervből a, b és c tevődik össze, és S-sel jelöljük. Az a, b és c három különálló blokkba történő rajzolása nem azt jelenti, hogy ezek a valóságban helyileg elkülönülnek. Így pl. c igen gyakran a-val, néha b-vel van egyesítve. Itt arról van szó, hogy S-ben a három fogalmilag különböző funkció: motiváció, irányítás és kivitelezés jól felismerhető legyen. Ahhoz, hogy az S rendszer helyesen funkcionáljon, szükséges, hogy visszacsatolást létesítsünk az eredmény és a motivációs centrum között. Ez az *mbs* aktív elemen keresztül tör-



2. ábra

ténik, amely nem az S rendszerhez, hanem annak környezetéhez tartozik. Ennek feladata a mérés, értékelés és ösztönzés. S eredményét az *mbs* aktív elembe beadott előírt értékkel történő összehasonlítás alapján megmérjük (értékeljük), és átváltjuk valamilyen megfelelő ösztönzőre, amely a legtágabb értelemben kapcsolatban van S jutalmazásával vagy megbüntetésével. Mivel az S rendszer az $[a, a]$ önösszekapcsolás révén tapasztalatokat tárolhat, megvan az a képessége, hogy magatartását idővel úgy alakítsa, hogy jutalmat kapjon és a büntetést elkerülje.

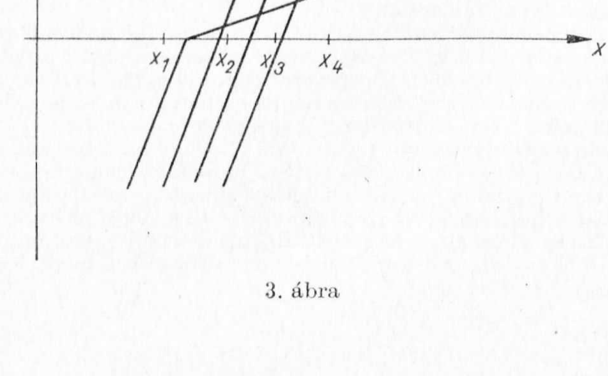
Jó eredményt csak különböző tényezők együttes hatása révén érhetünk el. Ezek közül elsődlegesek az S rendszer tulajdonságai, éspedig az, hogy legyen irányítható, (ez a legegyszerűbb eset), esetleg tanuló vagy önszervező. Továbbá az eredményt helyesen és megfelelő pontossággal kell mérnünk, végül pedig az értékelésnek és ösztönzésnek arra kell irányulnia, hogy az S rendszer képességeit optimálisan használja ki a kívánt eredmény elérése érdekében.

Az *mbs* aktív elem maga is legyen társadalmi-gazdasági rendszer, vagy tartozzon egy ilyen rendszerhez. Ezt a rendszert S_1-el jelöljük. A kibernetikai alapmodell különböző lehetséges szituációkat ölel fel. S_1 lehet S-nek fölérendelt rendszer, azaz gyakorolhatja az S fölötti irányítási funkciókat, azonban S is lehet az irányító és S_1 az irányított rendszer. Ebben az esetben például azt mutatjuk be, hogy hogyan van az S irányító tevékenysége az alulról jövő tudatos vagy nem tudatos kritikának alávetve. S és S_1 lehetnek kooperáló vagy konkuráló rendszerek, S azonban minden esetben az S_1-től származó ösztönzőben, S_1 pedig S termelésében érdekelt.

Az S és S_1 rendszereknek az alapmodellben leírt együttműködése legtöbb esetben hiányosságot mutat, amely mindkét rendszerre károsan hat ki. Az eredményeknek a motivációs centrumhoz történő visszacsatolása csak akkor következik be, amikor az eredmény már rendelkezésre áll. Az eredmény javítása és az ebből eredő jutalmazás az adott körülmények között igen hoszszú időt vesz igénybe. Az ebből adódó tétlenség mindkét rendszer által csökkenthető. Így pl. S_1 kiértékelheti az a-ból kiinduló informatív outputot, amelyben az S rendszer tervezett eredményét ismerteti. S_1 ehhez egy pótlólagos aktív elemet mbs' használ fel, amelyen keresztül informatív módon ösztönzi S-et, úgyhogy az, ígéret formájában a tervezett eredménynek megfelelő jutalmat kap. Mind az S-nek, mind az S_1-nek előnyös, ha előre látja a másik rendszer magatartását. E célból pl. S saját tapasztalatai alapján képezi magának az mbs aktív elem egy belső elemét. A belső modellen keresztüli ösztönzés gyorsabban hat, és hatékony marad, ha a várt jutalmazás nem marad el. Az mbs belső modelljét különböző módokon közölhetjük is az S rendszerrel (képzés, oktatás, utasítás, stb). S-nek azonkívül érdekeltnek kell lennie abban, hogy lehetőleg pontos ismeretekkel rendelkezzék a b kivitelező szerv átviteli tulajdonságaira vonatkozóan.[6] alatt jelzett művében Gerhardt felvázolta az anyagi ösztönző rendszerek egy új alapelvét, amely ebben az összefüggésben érdekes lehet. Befejezésül ezzel az alapelvvel akarunk még röviden foglalkozni.

Feltesszük, hogy S_1 az S eredményét egy x mutatószámmal értékeli, és hogy az ösztönzés a $p(x)$ prémiummal történik, amely általában x monoton növekvő függvénye. A hagyományos ösztönzési módszer szerint a $p(x)$ függvény még egy paramétertől függ, egy norma szerinti vagy tervezett eredménytől x_0, amelyet általában az S közreműködésével határoznak meg. Ilyen körülmények között S-nek nem érdeke, hogy magas x_0-t ajánljon fel, mivel ezáltal a tervtúlteljesítés nehezebbé válik és a magas prémium elérésének kilátásai csökkennek. Így olyan tervjavaslat születik, amelyik nem felel meg S tényleges teljesítőképességének.

A Gerhardt-féle elv lényege, hogy az S_1 az S rendszernek több $p(x)$ prémiumfüggvény variációt javasol, jelleggörbe-sereg formájában, amelyek közül S kiválaszthatja a számára legelőnyösebbnek látszót. Ilyen görbesereget ábrázol a 3. ábra. Melyik prémium variánst fogja itt S választani? Tegyük fel, hogy S a ξ eredmény elérésére számíthat. Ekkor azt a $p_i(x)$ jelleggörbét fogja választani, amelyre $p_i(\xi)$ maximális, vagyis ha pl. ξ x_2 és x_3 között van, akkor a $p_2(x)$ jelleggörbét. A jelleggörbe kiválasztása által S_1 is megtudja az S által



3. ábra

várt eredményt. S számára továbbra már nem jelent előnyt valóságos teljesítőképességének leplezése, mivel a $p_1(x)$ utáni premizálás kisebb prémiumot jelentene. A $p_3(x)$ választása, ami pedig a teljesítőképesség túlértékelését jelentené, szintén veszteséggel járna. Így tehát S érdekelve van abban, hogy saját teljesítőképességét pontosan becsülje meg. A javasolt ösztönzési eljárás tehát tudományos módszerek felhasználására ösztönöz, az S irányító szervén (a) keresztül, hogy lehetőleg pontos ismereteket nyerjünk b magatartására vonatkozóan. Az S-en belüli vita, a helyes premizálási jelleggörbe kiválasztásáról megköveteli ezenkívül valamennyi társadalmi-gazdasági részrendszer érdekeltségét, hogy jó munkával és együttműködéssel elérjék a kitűzött célt.

(Beérkezett: 1969. I. 10.)

IRODALOMJEGYZÉK

[1] GRENIEWSKI, H.: Cibernetics without mathematics, Warszawa, 1960.
[2] GRENIEWSKI, H.: Kybernetik und Planung. Wirtschaftswissenschaft 4, 1963. 535. p.
[3] LANGE, O.: Ganzheit und Entwicklung in kybernetischer Sicht, Berlin 1966.
[4] KOBRINSKI, N. E.,-TRACHTENBROT, B. A.: Einführung in die Theorie endlicher Automaten, Berlin 1967.
[5] WINTGEN, G.: Zu mengentheoretischen Definition und Klassifizierung kybernetischer Systeme, Wissenschaftliche Zeitschrift der Humboldt-Universität zu Berlin, Ges.-Sprachw. Reihe XVII 1968. 6., 867—885. p.
[6] GERHARDT, G.: Struktur und Prozeßqualität materieller Anreizsysteme, Wissenschaftliche Zeitschrift der Humboldt-Universität zu Berlin, Math. Mat. Reihe XVI., 1967. 6 S., 915—923. p.

THE CYBERNETIC SYSTEM — ITS CONCEPT AND APPLICATION IN ECONOMIC THEORY

The author attempts to build up an exact definition of the cybernetic system, to enable the investigation of the most general characteristics of the socio-economic systems with the aid of formal models.

In approaching the problem, the tools of the theory of sets are employed. The basic concept is the „system" consisting of the set of elements and of the aggregate of certain relations over them, the „structure" of the system.

Employing the concepts of homomorphism and isomorphism, it will be possible to establish the relationship between the real systems and their formal models, and abstraction itself will become interpretable. The environment concept serves to provide a basis for the connection between the modelled system and the outside world. Definitions are given for operations over systems such as union, intersection and partition. All this facilitates the precise definition of the concept of aggregation, which is so highly important in the case of socio-economic systems.

In the description of living and functioning systems, the concept of the „active element" plays a fundamental part. The cybernetic systems are built up of active elements. The author distinguishes between the general concept of the cybernetic system on the one hand and the concept of the socio-economic system on the other, defining the latter as one of which „man" constitutes an indispensable element.

Since the socio-economic systems necessarily include human activities, great care must be taken of the proper functioning of the „human elements" in such systems. As a matter of fact, the functioning of the „human element" depends not only on what the element is capable of but also on what it wants. It is this fact that lends great importance to incentive in the socio-economic systems. In the concluding section of the article, the author deals with the basic principles of a system of material incentives worked out by G. Gerhardt.

ПОНЯТИЕ КИБЕРНЕТИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ И ЕЕ ПРИМЕНЕНИЕ В ЭКОНОМИЧЕСКОЙ НАУКЕ

Автор старается дать точное определение понятию кибернетической системы, чтобы с ее помощью можно было с применением формальных моделей изучать наиболее общие специфические черты общественно-экономических систем.

Приближение к решению производится с использованием положений теории множеств. Исходным понятием суть «система», состоящая из т. н. множества элементов и из совокупности определенных взаимоотношений внутри этого множества, т. е. «структуры» системы.

Употребляя понятия гомоморфизма и изоморфизма, можно установить взаимосвязи между действительными системами и их формальными моделями; приобретает смысл и сама абстракция.

Понятие среды служит обоснованию взаимозависимостей между моделируемой системой и внешним миром. Даются определения операций, имеющих смысл внутри систем, как — объединение, образование общей части и подразделение. Все это способствует уточнению понятия агрегации, столь важной с точки зрения общественно-экономических систем.

При описании живых, функционирующих систем фундаментальная роль принадлежит понятию «активного элемента». Ибо т. н. кибернетические системы строятся из активных элементов. Автор различает общее понятие кибернетической системы и понятие общественно-экономической системы, указывая на то, что неотъемлемым элементом последней является «человек».

Ввиду того, что общественно-экономические системы обязательно содержат человеческую деятельность, большое внимание следует уделять «человеческим элементам» таких систем. Ибо функционирование «человеческого элемента» зависит не только от того, на что способен этот элемент, но и от того, чего он хочет. Именно поэтому стимулирование играет большую роль в общественно-экономических системах.

В заключительной части статьи автор знакомит читателя с основными принципами системы материального поощрения, разработанной Г. Герхардтом.