

AZ ÉRTELMI TEVÉKENYSÉGEK ÉS AZ ÉLETMŰKÖDÉSEK MECHANIZMUSÁNAK KÉRDÉSE A MATEMATIKAI-LOGIKAI ÉS KIBERNETIKAI KUTATÁS ÚJABB EREDMÉNYEINEK MEGVILÁGÍTÁSÁBAN

I. RÉSZ. AZ AUTOMATIKA FEJLŐDÉSE ÉS A MECHANIZMUS FOGALMÁNAK
ÁTALAKULÁSA

SZALAI SÁNDOR

„A növény mozgása a fény irányában és az igazság keresése matematikai elemzés útján nem egy és ugyanazon sorba tartozó jelenségek-e? Vajon nem ezek-e az egész világban mutatkozó *alkalmazkodások* mondhatnók végtelen sorának utolsó láncszemei?”

„Minden állati szervezet, mint a természet egy része, bonyolult, elkülönített rendszer, amelynek belső erői mindaddig, amíg a szervezet mint olyan létezik, *egyensúlyban* állnak a környezet külső erőivel... Ily módon az egész élet, a legegyszerűbb szervezettől a legbonyolultabbig — természetesen az embert is beleértve — a külső környezettel való kiegyensúlyozások hosszú sorából áll... Eljön majd az idő — bár még távol van —, amikor a matematikai analízis a természettudományos analízisre támaszkodva fenséges formuláival átfogja mindezeket a kiegyensúlyozási folyamatokat és végül önmagát is befoglalja”. (Pavlov)¹

Bevezetés

A matematikai logika, amely a XIX. század első felére eső kezdeti próbálkozásaiban a formális logika hagyományos következtetésmódjainak algebrai alakban való kifejezését és szabatosítását igyekezett elérni, majd a századforduló előtti évtizedekben a matematikában használatos következtetési módok elméletévé vált, hogy azután — főleg Russell és Hilbert érdeméből — a matematika alapjainak szigorú logikai megfogalmazását tegye lehetővé, még negyedszázad előtt is olyan tudományszaknak számított, amelynek különösebb „gyakorlati haszna” sem a matematikai, sem a filozófiai kutatás, még kevésbé persze valamely más, praktikusabb alkalmazás szempontjából nem ígérkezik. S valóban: a matematikusok továbbra is a maguk feje szerint jártak el új tételeik felfedezésénél, és éppoly kevésbé (vagy éppoly ritkán) folyamodtak levezetéseik matematikai-logikai megfogalmazásához, mint ahogy a filozófusok, sőt még a formális logika szakmai művelői sem szokták következtetéseiket szillogisztikus vagy más előírászerű alakba foglalni, ami — nota bene — éppoly kevésbé szól a logika tudományának szükségessége ellen, mint ahogy a filozófiát általában nem teszi feleslegessé az a tréfás heinei megjegyzés, hogy eleddig még semmiféle fogfájáson nem tudott segíteni. Hiszen a fiziológia sem válik haszontalanná azáltal, hogy a legtöbb ember mindennemű szakismeret nélkül kitűnően meg tudja emészteni az ebédjét.

¹ I. P. Pavlov, Válogatott művei. Akadémiai Kiadó, Budapest 1953. 300. és 324. o.

Ettől függetlenül azonban a matematikai-logikai elméletek és módszerek a harmincas évek közepéig még a matematikusok és a logikusok közül is csak igen keveseket érdekeltek, s csupán néhány, a kutatás fő irányaitól távol fekvő, bár persze fontos területen (a halmazelmélet axiomatizálásában, bizonyos axiómarendszerek teljességének és ellentmondásmentességének vizsgálatában, a relációs következtetések elméletének kiépítésében stb.) volt nagyobb szerepük.

A negyvenes évek elején viszont szinte varázsütésre megváltozott mindez. Az általános nyelvészettől a természeti népek rokonsági rendszereinek elemzésén át az üzemszervezési problémák szociometriai feldolgozásáig, a társadalomtudományok rendkívül sokféle kutatási területén váratlanul rendkívül hasznos heurisztikus szempontok adódtak a matematikai-logikai eljárások alkalmazásából, s ami még sokkal lényegesebb: kiderült, hogy a matematikai logika teljesen elvont képletrendszereinek valami nagyonis kézzelfogható anyagi megvalósulásuk van, mégpedig éppen a legkorszerűbb technika területén, az elektromos áramkörök, jelfogó-rendszerek és különösen az önműködő elektronikus berendezések világában. Olyan „kiagyalt” matematikai-logikai fogalmak, mint a „minden tartalmi összefüggéstől mentes” konjunkció és diszjunkció, meglepetésszerűen az áramkörök jólismert soros és párhuzamos kapcsolásában öltöttek testet, a sokat gúnyolt matematikai-logikai implikáció (a „ha..., akkor...” viszonylat teljesen formális, minden „okszerűséget” nélkülöző értelmezése) egészen konkrét és nélkülözhetetlen jelfogó-állásokban materializálódott, az évezredek „Creticus”-paradoxonról (egy krétai azt állítja, hogy a krétaiak mindig hazudnak...) ki lehetett mutatni, hogy a villanycsengő nyelvének ide-oda rezgése áramkörileg ezt reprodukálja. Röviden: bebizonyosodott, hogy egy automatikus telefonközpont vagy bármely bonyolultabb hálózatrendszer legmegfelelőbb és legkönnyebben kezelhető elvont leírását matematikai-logikai képletek nyújtják, sőt bizonyos bonyolultsági fokon felül efféle létesítmények nem is igen tervezhetők meg matematikai-logikai eljárások alkalmazása nélkül. Néhány év alatt az új, soha nem sejtett teljesítőképességű elektronikus automaták egész sorozata jött létre — a legbonyolultabb termelési folyamatokat öntevékenyen irányító, ellenőrző és szabályozó vezérlő-berendezések, a számítási és logikai feladatokat megoldó, nyelvi fordításokat készítő, rejtjelfejtő vagy akár sakkozó gépek sokféle, részben laboratóriumi, részben már mindennaposan alkalmazott változata. Megszületett a modern automatika tudománya, a kibernetika, amelynek egész, ma már hatalmasra felmagasodó épülete végső soron a matematikai logika talapzatán nyugszik.

A modern kibernetikus automaták bizonyos vonatkozásokban *alapvetően* különböznek minden eddigi automatától, sőt — mint később látni fogjuk — nemigen lehet a *gépi* működésnek olyan általános definícióját adni, amely felölelné a kibernetikus automaták *összes* lehetséges működésmódját és ne ölelne fel ugyanakkor olyan funkciókat is, amelyeket már az *életműködések*,

sőt az *értelmi tevékenységek* körébe szoktunk sorolni és közönségesen csak élőlényektől várhatunk el.

Automaták — többé-kevésbé önműködő gépezetek — természetesen már évszázadok, sőt évezredek óta ismeretesek. De ezekbe a klasszikus — azaz nem kibernetikus típusú — automatákba *minden működési fázisra* és *összes részleteiben* bele volt tervezve, bele volt szerkesztve *tennivalójuk*, egész „*programjuk*”, amelyet az ember számukra kigondolt, s amelyet azután az ilyen gépezeteknek a beépített sablon nyomán mechanikai kényszerűséggel végre kellett hajtaniuk. Ezzel szemben azok a *legfejlettebb típusú* automatikus vezérlőberendezések, amelyeket a kibernetika napjainkban megalkotott s amelyek lényegileg elektronikus számológépek (vagy logikai gépek, — ami itt egyre-megy, mert végső soron *ugyanazon szerkezet* kétféle felhasználásmódjáról van csak szó!) — nos, az efféle vezérlőberendezések tulajdonképpen már nem igényelnek mást az embertől, mint hogy bizonyos *alapelemeknek*, mondhatnók: *működési axiómáknak* megfelelő szerkezeti felépítést, ill. beállítást kapjanak, s ennek birtokában azután már igen tág határok között *maguk* képesek következetesen kidolgozni azokat a programokat, amelyek konkrét feladataik megoldásához, az alájuk rendelt gépek változó feltételek közti megfelelő irányításához, ellenőrzéséhez, szabályozásához, sőt *saját* hibáiknak kiküszöböléséhez szükségesek.

A matematikai logika kibernetikus automatákban való „megtestesülésének” eredményeként végülis egy egészen új kutatási ág született meg, amelyet Neumann János — századunk egyik nagy matematikai lángelméje, aki először foglalta rendszerbe az idevágó problémákat — az *automaták logikai elméletének* nevezett el. (Nevezetes művére, amely éppen ezt a címet viseli, a későbbiekben részletesen kitérünk.)

Az automaták logikai elméletének keretében az „automata” már nemcsak és nem is elsősorban valamiféle önműködő gépet jelent, hanem lényegileg *tetszőleges* anyagi rendszert, amely bizonyos reagálásmódokkal rendelkezik és bizonyos határok között egyensúlyra törekszik, azaz önszabályozó jellegű. Ezeknek az ismérveknek *minimális* keretekben tulajdonképpen bármely mechanizmus, sőt tehetetlenségének hatásait tekintve egyszerűen minden fizikai test is megfelel. De most nem ezen ismérvek minimális, hanem *maximális* keretek közt való érvényesüléséről, pontosabban az *önszabályozó rendszerek legtökéletesebb formáiról* kívánunk beszélni, s ilyen értelemben az automaták logikai elméletének kutatási körébe tartozó „tetszőleges anyagi rendszerek” nemcsak gépek, hanem *élőlények*, sőt *gondolkozó lények* is lehetnek. Hiszen az objektív módszerű biológiai és pszichológiai vizsgálódások körében az *életműködések*, sőt az *értelmi tevékenységeket* is elég tág határok között *reagálásmódoikként*, az élő szervezet és a környezet közötti egyensúly fenntartására irányuló, *önszabályozó jellegű alkalmazkodásokként* szokták jellemezni, mint ahogy Pavlov is így jellemzi őket azokban a szavaiban, amelyeket tanulmá-

nyunk mottójává tettünk, vagy „A fiziológus válasza a pszichológusoknak” című híres értekezésében, ahol a következőket írja: „Az ember ... mint minden rendszer a természetben, elkerülhetetlen és az egész természetre egysegesen érvényes törvények hatása alatt áll, azonban olyan rendszer, amely — mai tudományos felfogásunk szerint — egyedül áll a legmagasabb fokú önszabályozó képesség szempontjából. Az emberi kéz művei közül eléggé ismerünk különféle módon önmagukat szabályozó gépeket. E szempontból az ember — mint rendszer — tanulmányozásának módja ugyanaz, mint bármilyen más rendszer tanulmányozása.”²

Hogy az életműködéseknek vagy éppenséggel az értelmi tevékenységeknek egy önszabályozó rendszer megnyilvánulásaiként való tanulmányozása — tehát mai értelemben: az automaták logikai elmélete alapján való tanulmányozása — nem *meríti ki* lényegüket, ez nem kétséges. A kérdés csak az, hogy mennyivel visz közelebb bizonyos biológiai és pszichológiai funkciók megértéséhez, s ebben a tekintetben az eddigi eredmények alapján nincs okunk pesszimizmusra.

Az „értelmesség” — ha ezen nem a *tudatosságot*, hanem az *élőlény fennmaradása szempontjából célszerű* (vagy mint az embernél mondanók: *okos*) *viselkedés* kialakítását értjük — korántsem csak az ember sajátja. Ilyen tágabb szóhasználatban értelmes az is, ahogy a téli hideget elviselni nem tudó vándormadár „okos ösztöneitől hajtva” dél felé repül; értelmes az is, ahogy a sperma a lúgosabb kémhatású nyálkahártya-területek felé igyekszik és így eljut a petéhez; értelmes az is, ahogy — Pavlov szavával élve — a növény a fény felé mozog, mert táplálkozáshoz (fotoszintézishez) napfényre van szüksége. Végso soron az élő az életteltől éppen azzal szoktuk megkülönböztetni, hogy nem „gépiesen”, hanem alkalmazkodóképesen, plasztikusan, célszerűen — nos, egyszóval *értelmesen* reagál. Ez az értelmesség az, ami — megintcsak Pavlov korábban idézett szavával élve — „a kiegyensúlyozások hosszú sorában” valósul meg, és „a legegyszerűbb szervezettől a legbonyolultabbig” az élet jellemzője.

Ilyen körülmények között eléggé meglepő az, hogy kibernetikus — azaz matematikai-logikai alapon felépített — önszabályozó szerkezetek (pl. bizonyosfajta elektromos hálózatok) megfelelő feltételek mellett éppen ilyen *alkalmazkodóképes, plasztikus, célszerű, önfenntartó*, egyszóval értelmes reakciók kialakítására, sőt speciálisan pavlovi definíció szerinti „kiegyensúlyozás-sorozatokra” lehetnek képesek, mégpedig *olyan* mértékben, hogy különben csak emberi gondolkodással megoldható feladatokat tudunk áthárítani rájuk. E szerkezetek egyben a megfelelő kutatások keretében jól felhasználható *funkcionális modelleket* szolgáltatnak arra, hogy az élő szervezet, és pedig első sorban maga az idegrendszer miként képes eleget tenni ezeknek az „értelmes”

² Pavlov i. m. 324. o.

alkalmazkodási és kiegyensúlyozási folyamatoknak. Sőt a kibernetikus eszközökkel folyó *neurofiziológiai* kutatások ma már odáig vezettek, hogy az idegrendszer bizonyos — igaz, egyelőre még eléggé alacsonyrendű — működésmódjait reprodukáló modellek megtervezésében és felépítésében nyert tapasztalatokból, valamint a lényegesen magasabbrendű idegrendszeri működésmódok megvalósításához szükséges, de egyelőre mesterségesen még elő nem állítható modellrendszerek anyagi és szerkezeti *feltételeinek* matematikai, ill. matematikai-logikai elemzéséből vissza lehet következtetni arra, hogy vajon az emberi és állati idegrendszer miféle morfológiai és fiziológiai adottságok révén tudja megvalósítani a megfelelő működésmódokat. Röviden: az elvont matematikai-logikai és a konkrét kibernetikus modellek viselkedésének vizsgálata bizonyos határok között már nem a gépies, hanem az *élő vagy értelmes reagálás törvényeire* enged következtetni. Ez sokkal csodálatosabb, mint az a tény, hogy ma tűrhető szakmai fordításokat végző, vagy sakkozni tudó (sőt a lejátszott sakkjátszmák alapján saját sakkozó képességüket fejlesztő és végül tervezőjükénél jobban játszó) kibernetikus automatákat lehet szerkeszteni. Pavlovot persze nem csodálkoztatná el, hogy a matematikai-logikai és kibernetikus elemzés bizonyos mértékig hozzáférhetővé teszi számunkra az életműködések és értelmi tevékenységek törvényszerűségeit. Hiszen ő kezdetől fogva azt várta, hogy „eljön majd az idő . . . amikor a matematikai analízis a természettudományos analízisre támaszkodva fenséges formuláival átfogja mindezeket a kiegyensúlyozási folyamatokat”. Az ilyen *átfogástól* természetesen még igen-igen messze vagyunk. Viszont már az eddigi részleges és közelítő felismeréseknek is fontos tudományelméleti következményei vannak.

Úgy véljük ugyanis, hogy a fejlődés mai pontján egy tisztos múltú, mintegy háromszáz éves fogalom, a *mechanizmus* fogalmának felülvizsgálata válik szükségessé azokban a tudományokban — elsősorban a biológiában és a pszichológiában —, amelyek ezt a fogalmat a klasszikus mechanika fogalomköréből a maguk területére átvitték. S ezzel kapcsolatosan magátólértődően elsőrendűen szükségessé válik a mechanizmus fogalmának *filozófiai* felülvizsgálata is.

Mechanizmuson eddig olyasmit értettünk, aminek szerkezeti adottságai lehetővé teszik azt, hogy viselkedését (reagálásmódját) eleve meghatározottnak tekintsük. A mechanizmus tehát az volt, ami „gépiesen” reagál. De mit jelentsen ez a gépiesség-fogalom ma, amikor már vannak gépeink (élettelen anyagból alkotott szerkezeteink), amelyek egyrészt *nem determináltak abban az értelemben, hogy csak azt „tudnák”, amit beléjük terveztek és beléjük szerkesztettek*, mert a szó szoros értelmében *tanulni* is képesek, amennyiben előző sikeres vagy sikertelen eljárásaik nyomán öntevékenyen módosítani tudják kezdeti programjukat (ez fantasztikusan hangzik, de a későbbiekben közelebb is látni fogjuk!), továbbá „beépített” alapelveikből sokkal messzebbmenő és sokkal újszerűbb következményeket tudnak levonni, mint tervezőjük és szer-

kesztőjük, másrészt *nem determináltak abban az értelemben sem, hogy kezdeti adottságaik ismeretében minden jövőbeli reakálásuk kiszámítható volna*, mert berendezhetők arra, hogy bizonyos *valószínűségi* eloszlásoknak megfelelően és nem eleve meghatározott módon viselkedjenek programjuk végrehajtása során, sőt ennek a „rulettező” elvnek éppen az életműködések sajátos alkalmazkodóképességének kibernetikus modellezésében jut fontos szerep, amint ezt lesz alkalmunk részletesebben is kifejteni.

Egyszóval valóban „értelmes” vagy — ha úgy tetszik — „gondolkodó” gépekről van szó, bár az elnevezésen semmi sem múlik, s ha az értelmesség vagy a gondolkodás *definíciójába* bele vesszük azt, hogy *csakis élőlények tulajdonsága lehet*, akkor biztosítva vagyunk az ellen, hogy gépekre bármikor alkalmaznunk kelljen ezt a fogalmat. Valamiféleképpen azonban mégiscsak jellemzőnünk kell majd például azokat a Szovjetunióban jelenleg laboratóriumi kísérleti állapotban levő gépeket, amelyek nemhogy *szakfordításokat* kielégítő eredménnyel tudnak elvégezni,³ hanem egészen jól használhatók tudományos cikkek *dokumentációs kivonatolására* is.⁴ S ha valaki tagadja, hogy a szakfor-

³ Egy szakfordítógép mai teljesítőképességéről képet ad a londoni egyetem Birkbeck College-ának francia matematikai szövegek angol nyelvű visszaadására programozott APEXC típusú elektronikus számológépének következő fordítása:

Az eredeti francia szöveg :

Nous démontrons dans ce chapitre le théorème fondamental de M. Poincaré, après avoir étudié les intégrales d'un système d'équations différentielles, considérées comme fonction des valeurs initiales. Cette étude a déjà été faite, dans le cas où les seconds membres sont des fonctions analytiques. Nous la reprenons dans le cas général, au moyen des approximations successives de M. Piccard.

Az angol gépi fordítás :

We demonstrate in this chapter the fundamental theorem of M. Poincaré, after having studied the integrals of a system of differential equations, considered as functions of initial values. This study has already been made, in the case where the second members are analytical functions. We adopt it in the general case, by means of the method of successive approximations of M. Piccard.

A gép Goursat „Cours d'analyse mathématique”-ja III. kötetének első fejezetét fordította angolra, és a minden emberi beavatkozás vagy utólagos szövegátírtás nélkül készült fordítás — mint látjuk — nemcsak kifogástalanul érthető, hanem inkább jobb, mint amit egy közepes angol tudású francia készítené. A második mondat kissé esetlen, egy hivatásos angol matematikus itt-ott más fordulatot választott volna, de azért tulajdonképpen megdöbbentő a gép teljesítménye. (A fenti fordítást az UNESCO kiadásában megjelenő „Bulletin International des Sciences Sociales”-ja 1958. évi X. kötetének 61—62. oldaláról vettük át.)

⁴ A világon mintegy 13 000 olyan tudományos folyóirat jelenik meg, amely új kutatási eredményeket közöl. A tudományos cikkekről automatikus matematikus kivonatot készítő dokumentációs berendezések kikísérletezése ezért nagy erővel folyik, bár megoldásuk még csak laboratóriumi jellegű. Egyik működési alapelvük a következő: A gép „memória-egységébe” állandóan be van jegyezve az illető nyelv leggyakoribb 1000—1500 szava, amely éppen gyakoriságánál fogva *nem* jellemző a kivonatolandó cikkek tematikájára. A gép óriási sebességgel végigfut a kivonatolandó cikk egész szövegén és „megjegyezi” magának azokat a mondatokat, amelyekben sok a memóriájában elő nem forduló, tehát ritkább, speciálisabb szó. Ezek után összeveti az *ilyen* mondatokat és megállapítja, hogy a ritkább, speciálisabb szók közül melyek azok, amelyek *több* mondatban és *több* *magukkal* aránylag gyakran visszatérnek. Az *ilyen* szavakat és szókombinációkat tartalmazó mondatokat azután a gép a cikk címével és bibliográfiai adataival együtt kifényképezi egy kartonlapra. Nyilvánvaló, hogy ha egy cikk a Nagy Péter korabeli Moszkva környéki jobbágyság ellen folytatott dézsmabehajtási eljárásokat tárgyalja, akkor a „Nagy Péter”, „Moszkva”, „jobbágyság”, „dézsma”, „behajtás” stb. szavakat halmazatosan tartalmazó mondatok — köztük alighanem a cikk tematikusan leg-

dítás vagy a dokumentációs kivonatolás akkor is gondolkozási teljesítmény, ha nem ember, hanem automata végzi, annyit mégis csak el fog ismerni, hogy a *gondolkozás nélküli* automatáknak efféle teljesítményekre való képessége legalábbis *elgondolkoztató*. . . (A „gondolkozógép” kifejezéssel szemben itt-ott tanúsított nagyonis szenvedélyes ellenállást látva az ember még azon is elgondolkozhat, hogy ha el tudtuk viselni a majmokkal való oldalági rokonságunk kimutatását, akkor vajon miért kellene annyira szégyellnünk azt, hogy bizonyos egészen magasrendű gépekkel is távoli rokonságba kerültünk.)

Hogy a mechanizmus fogalmának újszerű, a matematikai-logikai kutatás és a kibernetikai modellszerkesztés további lehetőségeit is figyelembevevő megfogalmazása esetén hol van az a teljesítményhatár, aminél az életműködések, az értelmi tevékenységek *elvileg* túllépik az élettelen anyagi rendszerek által való reprodukálhatóság szintjét — ez épp az a probléma, amivel e tanulmányunkban foglalkozni kívánunk, anélkül hogy tudásunk mai állása mellett bármiféle *végleges* választ remélhetnénk, mivel még azt sem tudhatjuk, hogy ez a határ egyáltalán rögzíthető-e, hiszen nemcsak az ember gépszerkesztő tudása, hanem *magu az ember és az egész élővilág is fejlődik*. Persze könnyű akár most is odavetni, hogy Shakespeare-drámákat írni vagy Rembrandt-képeket festeni soha semmiféle automata nem lesz képes, de ez semmit se mond. mert erre az emberek óriási többsége is egyszer s mindenkorra képtelen. De vajon hol van az ember értelmi teljesítményeinek az az *alsó* határszéle, amely már okvetlenül meghaladja a gépi teljesítőképességet? Norbert Wiener, a kibernetika egyik *megalapítója*, nem is egészen másfél évtized előtt megtagadta, hogy részt vegyen egy fordítógép megszerkesztésére vállalkozó munkaközösségben, mert ezt *teljesíthetetlen* feladatnak vélte — ez az anekdotikusan hangzó tény *hiteles*, és óvatosságra inthet bárkit is!

Tanulmányunk most közlésre kerülő első részében a klasszikus típusú ember- és állatutánzó automaták történeti fejlődésével s e fejlődés mozgatóerőivel, a mechanizmus és az automata fogalmának korszerű értelmezésével, valamint az életműködések és értelmi tevékenységek modellezhetőségének bizonyos elvi kérdéseivel foglalkozunk. Tanulmányunk folytatólagos második részében az életműködések és az értelmi tevékenységeket modellszerűen reprodukáló konkrét kibernetikus rendszerek mai teljesítőképességét s a vizsgálódásaink egészéből adódó filozófiai következtetéseket fogjuk tárgyalni.

1. Mítosz és valóság az automatika történetében

Az emberiség technikai gondolkodásában már igen korán felmerült az az elképzelés, hogy önműködő gépi szerkezetek bizonyos határok között élő-

jellemzőbb mondatai — nagy valószínűséggel rákerülnek a kartonra, amely így általában elegendő ahhoz, hogy a dokumentációt kézhez vevő szakember meg tudja ítélni, szükséges-e számára az eredeti cikk elolvasása. „Peches esetek” előfordulhatnak, — de nemcsak a *gépi* kivonatolásnál, amely egyébként még több más kiegészítő és ellenőrző elvet is alkalmaz.

lények, sőt értelmes lények teljesítményeire lehetnek képesek, ill. azokat utánózhadják viselkedésükben. Ennek az elgondolásnak első nyomai mélyen visszakövethetők a mítoszkeletkezés és a mágikus technika őstörténeti korszakába, amely egyrészt az első legkezdetlegesebb *tényleges* gépi szerkezetek (vízikerék, csőrlős emelőgép, taposómalom stb.) feltalálásának ideje volt, másrészt azonban olyan fejlett *képzeletbeli* találmányokkal is szolgált, mint a Homéros előtti görögség mitikus ezermesterének, Daidalosnak mozgó szobrai, a szóból értő, azazhogy bűvszóra maguktól feltáruló kapuk, vagy — valamivel később — az ég kristálygömbjeit muzsikálva forgató világszerkezetek.

Az emberi és állati teljesítményekre képes gépek eszméje valóban elég közelfekvő a „homo faber”, a fabrikáló ember számára, hiszen a gépszerkesztés *racionális* célja kezdettől fogva az, hogy élettelen anyagból alkotott szerkezetek segítségével könnyebbé, eredményesebbé, tökéletesebbé vagy esetleg éppen gépi teljesítménnyel helyettesíthetővé tegyen bizonyos *emberi ügyességgel*, ill. *emberi és (házi) állati erőfeszítéssel* végzett, jobbára *termelő* jellegű tevékenységeket.⁵ Gorkij egyhelyütt igen érdekesen utal a mitológiában megnyilvánuló „szimbolikus, hipotétikus, de már *technológikus* gondolkodás előrelátására”.⁶ Marx viszont igen részletesen idézi a mitikus automatákra vonatkozó klasszikus irodalmi dokumentumokat, szembeállítja e *megálmodott* gépezetekkel későbbi osztálytársadalmi *megvalósulásukat*, s így mutat rá arra, hogy mivé lett az osztálytársadalomban „a munkanap megrövidítésének leghatalmasabb eszköze”.⁷

Kevésbé könnyű megmagyarázni, hogy nemcsak egyes emberi és állati termelőfunkciók ellátására alkalmas munka- és erőgépek, hanem mindjárt egészen magasrendű *életműködések* és *értelmi tevékenységeket* utánózni tudó, sőt *ember- vagy állatmódra viselkedő automaták* elképzelése már olyan korán felmerülhetett, amikor nemhogy önműködő szerkezetek, hanem még egészen egyszerű munkaműveletek gépesítésére szolgáló mechanizmusok megszerkesztése is rendkívüli nehézségekbe ütközött, a nagyobbarányú vagy éppen *séggel* automatizált géphasználatnak pedig még a szükséglete sem merült fel. S érdekes, hogy ezek a mitikus vagy mágikus elképzelésekben szereplő ember alakú (antropomorf) és állat alakú (theriomorf) automaták többnyire nem is *hasznos* célokra „készültek,” nem *hasznos* tevékenységeiben utánózták az embert vagy az állatot, hanem képzeletbeli szerkezetük inkább csak olyas-

⁵ Ennek a közvetlenül gazdasági érdekű racionális gépszerkesztésnek megvan a maga külön mitológiai tükröződése. Gondoljunk csak a Kalevala kovácsának, Ilmarinnek univerzális termelőautomatájára, a Szampóra, amely minden emberi beavatkozás nélkül korlátlan bőségben állítja elő a legváltozatosabb értékes anyagokat. Vagy gondoljunk a székely népi képzeletnek a Szampóval rokon csodamalmára: „Kinek első köve /Béla-gyöngyöt (fehér gyöngyöt) járjon /A második köve/ Sustákat (négygarasosokat) hullasson /A harmadik pedig/ Szép suhogó selymet...” („Görög Ilona”).

⁶ Makszim Gorkij, Irodalmi tanulmányok. Szikra, Budapest 1953. 404. o.

⁷ Marx Károly, A tőke. I. kötet. Szikra, Budapest 1948. 440. o.

mire tette képessé őket, hogy vitézek módjára vívjanak, szép lányok módjára táncot lejtsenek, vagy madarak módjára röpködjének és énekeljenek.

Az ember- és állatutánzó automaták megalkotásának lehetőségeiről kialakult elképzelések jellegzetes módon mindig messze meghaladták az illető kor technikai színvonalát — utópisztikus (vagy talán helyesebben mágikus) technikai viszonyokat tételeztek fel. Homéros nem arról álmodott, hogy idővel esetleg sikerül egy valamire való gépalapácsot szerkeszteni, amelyet vízi-kerék hajtana, és amely így megkönnyítené a kovácsok nehéz munkáját; ez lett volna a homérosi kor technológiájával elvben megvalósítható automatizálás, de ennek szükséglete az akkori társadalmi és gazdasági viszonyok mellett persze nem merült fel. Viszont a kovácsműhelyek *utópisztikus* automatizálásának elképzelésében Homéros nemcsak a háromezer év előtti, hanem még a mai technikai lehetőségek színvonalán is messze felül tudott emelkedni. Hiszen szerinte a szépfürtű Thetis azt látja Héphaistosnak csillagos és örök ércházában, hogy a sánta istenkovácsnak nemcsak húsz önműködően szabályozott „sokféle fuvalmú” gépi fujtatója van, nemcsak távvezérléses — maguktól „gyűlésbe guruló” — gépjárművek készülnek műhelyében, hanem ezenfelül még emberformájú szolgáló-automaták is segédkeznek neki: „Drága aranyból vannak ezek és akárcsak az élők... szólni tudnak és őket munkára az égilakók tanították.”⁸

Héphaistos kibernetikai csodáit Homéroson kívül más élő ember nem látta. Hanem úgy fél évezreddel később már valóban bámulatos teljesítőképességű önműködő szerkezeteket alkotott meg a görög technika: a tarentumi Archytas repdeső pneumatikus gépgalambját, a phaleroni Démétrios araszoló gépesigáját, Ptolemaios Philadelphos élethű „android”-ját, azaz robotemberét stb. Az alexandriai Hérón a „Peri automatopoietikész”-ben, az automatakészítés első kézikönyvében már tucatjával ismerteti a zenélő, bortöltető, pénzbedobás ellenében szenteltvizet kiszolgáltató és más — egytől-egyig *antropomorf* teljesítményekre berendezett, de mindennemű hasznos termelőmunkára *alkalmatlan* — automaták konkrét szerkezeti megoldásait.⁹

Gondoljuk meg, hogy az efféle, már nem elképzelt, hanem kézzelfoghatóan megvalósított ember- és állatutánzó automaták előállítása mennyire meghaladta az akkori társadalom átlagos technikai *felkészültségét* és általános technikai *ellátottságát*. Hiszen amikor több mint másfélezer évvel a „Peri automatopoietikész” megírása után Leonardo da Vinci egy önműködő oroszlánt szerkesztett, amely odalépdelt XII. Lajos trónusához és felnyitotta liliomot rejtegető mellét, akkor még sem Milanóban, sem sehol másutt a világon nem

⁸ Homéros, Iliász, XVIII. 418—420. (Devecseri Gábor fordítása.)

⁹ A középkor is bővelkedik efféle tisztán játékos jellegű, semmiféle komoly munkavégzésre nem alkalmas automatákban: Albertus Magnus androidja ajtót nyitott és üdvözölte a belépőket, Regiomontanus műlegyet készített és szárnyával csapkodó, fejét mozgató sast. S ha az efféle ókori és középkori automaták egykorú leírásai olykor eltúlozzák a gépek teljesítményeit, ez csak a mitológikus tradíció töretlen erejét igazolja.

merült fel komolyabb mértékben a legegyszerűbb és legmonotonabb mindennapos munkafolyamatok automatizálásának szükséglete. Sőt újabb két és fél évszázadnak kellett eltelnie, amíg Cartwright a szövőszék vetélőjének ide-oda dobálását gépesítette, holott ennek *műszaki* feltételei már akár Hérón idejében is adva lettek volna.

Az emberi munkaerőt megtakarító találmányok késői létrejöttének és lassú elterjedésének okai túlságosan közismertek ahhoz, hogy itt részletesen taglaljuk őket. Nyilvánvaló, hogy az „ingyenes” rabszolga- és jobbágymunka az emberiség történetének hosszú szakaszán át gátolta az általános műszaki színvonal emelkedését. Annál feltűnőbb azonban, hogy a termeléssel semmiféle közvetlen kapcsolatban álló, hanem túlnyomóan fényűzési és szórakoztató jellegű automaták fejlődését mennyire nem akadályozta ez, s a legendás Daidalostól kezdve Archytason, Aristotelésen, Archimédesen, Albertus Magnuson, Leonardo da Vincin, Descartes-on, Vaucansonon és Kempelen Farkason át egészen napjainkig minden korban a legkiválóbb természettudományos és műszaki elmék egész sorát izgatta az önműködően tipegő, röpdőső, gágogó, szappanbuborékokat fújó, lantot pengető, netán csevegő, dalolgotó vagy sakkozó, de — ismétljük — soha semmiféle hasznos munkát végezni nem tudó automaták megalkotásának kérdése.

Az az óriási és a kor technikai normáját mindig messze meghaladó erőfeszítés, amelyet nagyszerű kutató- és mérnöktehetségek évezredekken át következetesen az efféle „haszontalan” antropomorf és theriomorf automaták kieszelésére fordítottak, aligha magyarázható meg csupán a fejedelmi udvarok vagy általában az uralkodó osztályok fényűzési és szórakozási szükségleteivel. Ebben a *fantasztikus* fáradozásban félreérthetetlenül az élő természet és az emberi elme titkainak megismerésére irányuló nagyonis reális vágy nyilvánul meg igen tevékeny, gyakorlatias és kísérletező alakban!

Tudományos szándék és tervszerűség tekintetében Archytas galambja, Leonardónak az orléans-i lilomot műtógató oroszlánja, vagy Vaucansonnak tizenkét dalt játszó automata-fuvolása, amelyet még Goethe is megcsodált, nem hasonlítható azokhoz az elektronikus modellekhez — „műegerekhez”, „műteknőshöz”, „feltételes reflex-automatákhoz”, „környezetváltozásokhoz alkalmazkodó”, „tanuló”, „feladatmegoldó” stb. mechanizmusokhoz —, amelyekkel a mai kibernetikai kutatás az emberi és állati szervezet biológiai, neurofiziológiai és pszichológiai teljesítményeit reprodukálni és bizonyos határok között szabatos matematikai-logikai, ill. matematikai-fizikai vizsgálat tárgyává tenni igyekszik. Ámde vitathatatlan, hogy az efféle „játékos” antropomorf és theriomorf automatizálás már a múltban is öntudatlanul *megismerési* célok szolgálatában állott: az életműködés és az elmeműködés leutánczásával annak titkait is birtokba óhajtotta venni.

Egyébként az antropomorf és theriomorf automaták készítésének hajdani titkos vagy éppen mágikus tudománya történeti szemmel nézve sok tekin-

tetben úgy viszonylik a mai automatikához, mint az alkímia a kémiához: a természet titkaira leselkedő megismerési vágy s a természetten tevékeny kísérletezéssel és utánzással úrrá lenni akaró hatalomvágy itt is, ott is egészen hasonló úton vezet át a mítoszból a valóságba.

2. A modell mint megismerési eszköz

Az ember- és állatutánzó gépi szerkezetek — akár történeti, többé-kevésbé játékos alakjukban, akár a tudományos kutatás konkrét céljait szolgáló modern, kibernetikus megvalósulásukban — mindig csak az eredeti élőlény bizonyos sajátosságait vagy tevékenységeit utánozzák le. Egy gépgalamb szárnyait csattogtathatja, repülhet, búzaszemeket csipegethet fel a földről, turbékoló hangokat hallathat, esetleg tollruhát is viselhet, de általában nincs arra berendezve, hogy az élő galambok vérkeringését vagy emésztését utánozza. Elképzelhető persze olyan automata is, amely a szív működését vagy a belek perisztaltikáját és kemizmusát igyekszik leutánozni, de ennek megszerkesztésénél többnyire le fognak mondani arról, hogy külsőleg galambalakot adjanak neki, repülni tudjon és turbékoljon. Az élő eredetinek gépi modellje — akár játékos, akár kutatási célból készült — azért *modell*, mert a *modellkészítés reális vagy fantasztikus céljának megfelelően kiválasztott kvalitások és funkciók reprodukálására szolgál*, nem pedig eredetijének *egészben és minden tekintetben* való lemásolására vagy megismétlésére. Ez mindentíle modellre áll: egy épületmodell (makett) alakját és méretarányait tekintve megegyezik eredetijével, de nagyságát, anyagát, kivitelét tekintve eltér tőle. A „mindenben hű” másolatot vagy replikát (amennyiben egyáltalán elkészíthető) *nem* nevezzük modellnek, s ha valóban *mindenben* hű, akkor természetesen semmivel sem könnyebben áttekinthető vagy elemezhető, mint eredetije. Képzeljük el például, hogy akár holt anyagokból, akár bizonyos kezdetleges élő anyagi alkatelemekből kiindulva sikerülne szintetikus úton mesterséges embert, homunculust létrehozni, amely az ember *minden* kvalitásával és funkciójával rendelkezne. Ezt a homunculust nyilvánvalóan nem tekinthetnők az ember *modellszerű* reprodukciójának, hanem mint ember *mását* — reprodukált *példányát* — kellene felfognunk. Ez korántsem csak verbális különbség! Mert a homunculus előállítása egészen másfajta — részben persze sokkal értékesebb — felvilágosításokkal szolgálna az emberi szervezet felépítéséről, mint amilyeneket egyes életműködéseknek vagy az életműködések *kiválasztott kombinációinak* funkcionális modelleken való tanulmányozásától elvárhatunk, de magán a kész homunculuson mint „mindenben” hű emberpéldányon, nyilván semmivel sem volna könnyebb az életműködések tanulmányozni, mint bármely közönséges emberen. A modellkészítés és a szintézis két *különböző*, bár egymást sokban kiegészítő eljárás a komplex szerkezetek vagy szervezetek megismerésében.

A modell tulajdonképpen mindig egy *absztrakció* megvalósulása: első sorban *azt* reprodukálja eredetijéből, amit a modell megszerkesztője a *modellezési cél megvalósítása szempontjából* lényegesnek tart, például éppen vizsgálat tárgyává óhajt tenni. Ez az *eredetinek*, a *mintának* lényeges vagy kevésbé lényeges, esetleg egészen mellékes részletfunkciója vagy strukturális adottsága lehet. Viszont egy tudományos megismerés céljából készített modell értéke természetesen már nagymértékben függni fog attól, hogy eredetijének, mintájának mennyire lényeges részletfunkcióját, ill. strukturális adottságát képezi le; ugyanez áll a technikai kísérletezés célját szolgáló modellekre. Egy épületmodell (makett) esetében a külső alak és a méretarányok visszaadása szokott lényeges lenni, hogy a térhatásokat vagy megvilágítási affektusokat tanulmányozhassák; egy pályaudvar-modell esetében azoknak a sínhálózati, váltóműködése, jelzőberendezési összefüggéseknek a reprodukálása lényeges, amelyek a közlekedés célszerű irányításával szerepet játszanak — és így tovább.

A modell első naív megjelenési formáit talán a *játékszerek* körében találhatjuk. A játékok jórésze, amit gyerekek kezébe adunk, vagy amit ők maguk készítenek, valaminek a *modellszerű* megvalósítását jelenti. A legkezdetlegesebb rongybábútól a hússzínű és hústapintású műanyagból készült, minden tagjában élethűen mozgatható, lefektetéskor szemét lehunyó, papátmamát mondó hajashabáig, a spárgával huzogatható ládikától a sineken futó, távirányításos miniatűr villanyvonatig a gyermekjátékok hosszú-hosszú sora csupa többé-kevésbé bonyolult felépítésű modell. Sőt a gyerekeknek tudvalevőleg megvan az a képességük, hogy a legminimálisabb minőségű vagy funkcióbeli hasonlóságok alapján modellekként fogjanak fel olyan tárgyakat, amelyek nem is modellezési célból készültek: lovagolni tudnak a lábuk közé szorított sétatoton, néhány összetolt székből vonatmodellt állítanak elő stb. (Az effajta modell a gyermeki képzeletben természetesen azonossá válhatik eredetijével. A vesszőparipa „igazi” lóvá, a széksor „igazi” vonattá alakulhat át, s ekkor meg is szűnik modell lenni, mert a képzelet az eredetinek *minden* minőségével és funkciójával felruházza. Ennek a gyermeklélektani folyamatnak az elemzése azonban kívül esik mostani vizsgálódásaink körén.)

Ami mármost a modellt mint a *tudományos* megismerés eszközét illeti, itt a modellhasználat célszerűségének kérdése már valóban áttekinthetetlenül szétágazóvá válik, ha a modell fogalmát *teljes* általánosságban, mint valamely eredeti objektum lényegesnek tartott minőségait és funkcióit reprodukáló kísérleti tárgyat fogjuk fel. Ilyen egészen tág értelemben ugyanis a kísérleti természettudomány majdnem teljes egészében modellek vizsgálatával foglalkozik. Hiszen *minden* kísérlet, amely *izolálja* tárgyát az esetleges és lényegtelen behatásoktól, *rögzíti* a kísérlet feltételeit, *kiküszöböli* bizonyos természetes, de nem a vizsgált összefüggésbe tartozó tényezők hatását, s az experimentációs technika más effajta fogásait alkalmazza, másszóval *minden* közösleges fizikai, kémiai, biológiai, fiziológiai vagy akár pszichológiai kísérlet voltaképpen

a természetes tárgyaknak, jelenségeknek, folyamatoknak a szó legáltalánosabb értelmében *modellszerű* megvalósulásait tanulmányozza. S ha ehhez még hozzávesszük, hogy a modern tudományos kutatás milyen nagymértékben hasznosít anyagilag meg sem valósított, hanem pusztán gondolatilag megalkotott modelleket (mint például a huszas évek atomfizikája a Bohr—Rutherford-féle atommodellt), s hogy a mai tudományos elméletalkotásban milyen nagy szerepet játszottak az anyagi rendszereknek már valóban csak legelvontabb kvalitásait és funkcióit reprodukáló *matematikai* modellek (mint például a kvantummechanika bizonyos képletrendszerei), akkor arra jutunk, hogy *a tudományos célú modellezés kérdésének teljes általánosságban való tárgyalása lényegileg a tudományos absztrakció kérdésének átfogó tárgyalásával esnék egybe*. S ez nem is meglepő, hiszen a modell — mint mondtuk — mindig egy absztrakció megvalósulása. (Gondolati modellek esetében ez a megvalósulás persze képzeleti jellegű is lehet; matematikai modellek esetében különleges jellegű szimbolikus összefüggések válnak a valóságos összefüggések modelljeivé.)

Mivel itt nem törekszünk az összes elképzelhető tudományos modellezési eljárások ilyen általános ismeretelméleti tárgyalására, saját vizsgálódásaink szempontjából célszerű lesz, ha a modell fogalmát lényegesen szűkebbre fogjuk. Tekintve, hogy meghatározott életműködéseknek és értelmi tevékenységeknek, ill. élő és értelmes lények bizonyosfajta teljesítményeinek reprodukálására szánt *gépi* modellekkel óhajtunk foglalkozni, tehát a továbbiakban gépi modellen (vagy — ahol nem félreérthető — röviden: modellen) mindig olyan *élettelen* anyagból előállított, ill. elvben előállítható rendszert fogunk érteni, amely működésének modellezési célokra felhasznált, vagyis bizonyos életfolyamatok és életteljesítmények reprodukálására szolgáló fázisaiban semmiféle emberi vagy állati szervezet közreműködését nem igényli s *ilyen értelemben* gépies (ill. önműködő).

Nem ilyen szoros értelemben vett *gépi* modellnek, hanem azért a szó általánosabb értelmében mégiscsak modellszerűnek volna tekinthető például egy izolált békaszív, amelyen farmakológusok gyógyszereknek a szív működésre való hatását tanulmányozzák. Ez magátólértetődően szívmodellként (ti. a szív működés számtalan szervezeti feltételétől elszigetelve, tárgyiasult absztrakcióban) reprodukálja a vizsgálat tárgyává tett életműködéseket. Ámde ez semmiképpen sem *gépi* modell, hiszen *élő* anyagból van, nem is szólva arról, hogy a vele folytatott kísérlet egész tartama alatt gondoskodnunk kell életbentartásáról, ami az állati szervezet (ti. a szív egykori gazdjaként szerepelt *ép* béka) folytonos közreműködésének értelmes emberi közreműködéssel való folytatólagos helyettesítését jelenti.

Ezzel szemben a mi szoros meghatározásunk értelmében is valóban *gépi* modellt szolgáltat — ugyan nem a szív egyelőre utánozhatatlanul bonyolult farmakológiai reakcióira, de a nem kevésbé fontos keringésfenntartó (hidrodinamikus) működésére — a kétkamrás sebészeti „műszív”, amely bizonyos

szívműtétek ideje alatt a nagy és kis vérkörbe beiktatva már jelenlegi, többé-kevésbé kísérleti állapotában is meglehetősen sikerrel ellátja a szívnek ezt a keringés fenntartó funkcióját. Igaz, szerkezeti megoldását tekintve ez a műszív szivattyúberendezéssel és nem rugalmas összehúzódásokkal működik, mint az igazi szív, nem vegetatív idegi ingerek, hanem elektromos szabályozószervek irányítják működését. Ámde hiszen senkisé is állította, hogy ez a műszív az egész szívtevékenységet modellezi és hogy magának a szívnek egészben vett szervmodellje. E modell megalkotásánál a modellezés céljának megfelelően *absztrakciót* alkalmaztak: elvonatkoztattak az élő szívnek, ill. fiziológiai működésének számtalan kvalitásától és funkciójától s kizárólag a hidrodinamikus szívtevékenység gépi reprodukálására törekedtek. Ezt a modellezési feladatot máris gyakorlatilag kielégítő sikerrel oldották meg. S ha a gépi modell a vérkeringés hidrodinamikus fenntartásában *pontosan* azt a teljesítményt tudja majd nyújtani, mint a valóságos szív, vagyis olyan rugalmasan tud majd alkalmazkodni a szervezet szükségleteihez, hogy egyetlen szervnek sem lesz módjában „megkülönböztetni”, vajon élő szív vagy műszív továbbítja hozzá a vért, akkor a műszív az élő szív ezen funkciójának tökéletes modelljét fogja szolgáltatni, még ha minden más tekintetben kvalitatívan és funkcionálisan különbözni is fog a szívtől.

Magától értetődik, hogy a hidrodinamikus szívtevékenység tökéletes modelljének megalkotása sem jelenti majd a szív működésnek mint kvalitatív és funkcionális *egésznek* a modellszerű reprodukálását, de ez nem is modellezési cél. A modellezés *elvéleg* absztrahál, mindenkor csak *részleges* (bizonyos kvalitásokra és funkciókra korlátozódó) reprodukcióval igyekszik elérni elméleti vagy gyakorlati célját. De aki például kétségbevonná, hogy a vérkeringés biológiai törvényszerűségeinek ilyen „absztrakt és részleges” hidrodinamikai modelleken való tanulmányozása hozzájárulhatna a vérkeringés „igazi természetének” megismeréséhez, annak csak utána kellene néznie az utóbbi egy-két évtized kardiológiai irodalmában, hogy meggyőződjen róla, milyen jelentős szerepet játszott a szív keringésfenntartó tevékenységére vonatkozó korszerű tudományos ismereteink kialakításában az ilyen modellekkel való kísérletezés.

Tökéletesbítsük most gondolatban a hidrodinamikus szívtevékenységnek ezt a modelljét. Tegyük fel, hogy a jövőben sikerül olyan sebészeti műszívet gyártani, amely a szervezet oxigénellátási igényeinek megfelelően önműködően változtatja működési ütemét, vagyis nagyobb igénybevétel esetén gyorsabban, kisebb igénybevétel esetén lassabban ver. Ha erre azt a megoldást választják, hogy a műszív jobb kamrája elé egy „pitvart” iktatnak be, amelyben egy automatikus műszer állandóan méri a testből visszaáramló vér oxigén-, ill. széndioxidtartalmát, s elektromos jelzéseivel gyorsabb, ill. lassúbb ütem beállítására készíti a műszív szabályozószerveit, akkor ez a tökéletesített műszív már nemcsak a *hidrodinamikus* szívtevékenység, hanem

bizonyos fontos *regulatív* szívfunkció modelljéül is szolgálna. S ha az a műszer, amely ebben a tökéletesített műszívben a vér oxigén-, ill. széndioxidtartalmát méri, a kémiai reakcióknak elektromos impulzusokká való átalakításánál *ugyanazokat* a fizikai és kémiai reakciókat használná fel, mint amelyek az igazi szív sinuscsomójának biofizikájában és biokémiájában szerepelnek, akkor ez a *funkcionális* modell további tökéletesbítését jelentené.¹⁰

Természetesen nem volna elvi akadály a modell *kvalitatív*, például *strukturális* irányú fejlesztésének sem, amely már a szívtevékenység bizonyos szerkezeti alapjait is reprodukálni igyekeznék. Elképzelhető, hogy a műszív ne szivattyúval és szelepekkel, hanem rugalmas kamrákkal és hártvás billentyűrendszerrel működjk. Sőt, ha sikerül valami rostos műanyagot kidolgozni, amely elektromos, ill. kémiai hatásokra megfelelően szabályozható rugalmas összehúzódásokkal reagál, akkor a funkcionális és kvalitatív (strukturális) modellezés szempontjainak egyesítésével olyasmi alakítható ki, ami már többé-kevésbé joggal nevezhető *szermodell*nek. (Persze egy ilyen magasrendű szervmodell is csak *modell* volna, nem pedig a szó szoros értelmében vett mesterséges szív, szintetikus szív, mert ennek megalkotása már egészen más, homunculus-előállítási munka volna, hiszen nemcsak az élő szív bizonyos funkcionális és strukturális sajátosságait kellene reprodukálnia, hanem — előállításmódjától eltekintve — *mindenben* hasonlónak kellene lennie a természetes szervhez, ugyanúgy kellene reagálnia külső neurális, hormonális stb. hatásokra, ugyanolyan anyagi összetételűnek kellene lennie — és így tovább. A *modell* problémájához ennek már nem sok köze van, de érdemes utalni rá, mert a modellszerű és a szintetikus reprodukálás két *elvileg különböző* kérdése a „filozófiai” vitákban sajnos gyakran összekeveredik.)

Miben rejlik mármost a gépi modellek szerkesztésének tulajdonképpeni *megismerési haszna* az életműködések vizsgálatában?

Maradjunk meg még egy kis időre a sebészeti műszív példájánál. Ezt ugyan nem annyira megismerési, mint inkább gyakorlati célból alkották meg — nem modellkísérletek elvégzésére, hanem a hidrodinamikus szívtevékenység műtétek alatti pótlására készítették. Ámde — mint mondtuk — e funkcionális modell megalkotása mégis jelentékenyen előbbrevitte a szív keringésfenntartó tevékenységére vonatkozó tudományos ismereteinket. Miért? Nos, a „műszív” megalkotásánál kezdetben természetesen azokból a keringésdinamikai ismeretekből indultak ki, amelyek már akkor is rendelkezésre állottak, s ezeknek megfelelő hidrodinamikus adottságokkal (szivattyúteltjesítménnyel, ütemszabályozással, be- és kiáramlási sebességekkel stb.) tervezték meg az első apparatúrát. Ez az apparatúra azonban nem vált be mint

¹⁰ Egyéb — pl. a verőtérfogatot szabályozó — modellkiegészítések is elképzelhetők. De már a szív *külső* idegei regulációjának (pl. a vagus-hatásnak) a modellen való reprodukálása nemcsak egy szívfunkció, hanem az egész szervezet bizonyos, kardioregulatív tevékenységének funkcionális modellezését jelentené. De az itt tárgyalt összefüggésben közömbös az, hogy mennyire bővíthető e modellezés köre.

modell, mert noha sok próbálkozás után teljesen eleget tudott tenni az akkori keringésdinamikai ismeretek alapján megállapított követelményeknek, mégsem pótolta megfelelően a szív keringésfenntartó tevékenységét. Meg kellett tehát keresni azokat a keringésdinamikai tényezőket, amelyek akadályozták azt, hogy a modell kellően ellássa feladatát, illetve amelyeket nem „terveztek bele”, mert megalkotáskor még nem voltak ismereteseek. A modell működésének fogyatékosságai viszont következtetni engedtek arra, hogy milyen irányban keresendőek ezek az ismeretlen tényezők, s amikor a kutatók felfedezték (vagy felfedezni vélték) őket, akkor mindig megfelelően módosították vagy kiegészítették az apparatúrát. S amikor az végre *bevált*, vagyis jól működő, a szív keringésfenntartó tevékenységét bizonyos közelítéssel helyesen reprodukáló modellé vált, akkor egyben ez utólagos bizonyítékkul szolgált arra, hogy helyes irányban keresték s valóban meg is találták a hidrodinamikusszív-tevékenység korábban nem ismert tényezőit. (Mindez persze a sebészeti műszív-kísérletek történetének paradigmatis leegyszerűsítése, de a mi szempontunkból nincs többre szükség.)

Így tehát valóban előbbreviszi a megismerést, ha akár csak egy részletteljesítmény erejéig is sikerül modellszerűen reprodukálni valamely életműködés már ismert (vagy ismertnek vélt) mechanizmusát. Gondoljunk itt például arra, hogy mit jelentett a sejtlégzésre vonatkozó ismereteink fejlődésében, amikor Warburgnak sikerült kimutatnia, hogy elölt sejtek és sejtmaradványok (pl. élesztőgombatörmelekek és nedvek) is lélegzenek, majd megalkotta híres „szénmodelljét”, azaz bebizonyította, hogy igen finom elosztású és vasnyomokat tartalmazó szén (ún. vérszén) oxidálni tudja a vele összerázott aminosavakat, s narkotikus anyagok ugyanúgy bénítják, ciánhidrogén pedig ugyanúgy „elöli” ezt a modell-légzést, mint az igazit.

Még jelentősebb azonban a tudományos megismerés szempontjából, ha a modell nemcsak azt teljesíti, amire tervezték, hanem *többet* teljesít ennél. Ha például Warburgnak csak olyan modellt sikerült volna találnia a sejtlégzésre, amely aminosavakkal (a fehérjék alkotóelemeivel) való összerázás esetén a biológiai oxidációt bizonyos határok között reprodukálni tudja, akkor már ez is némi hozzájárulást jelentett volna a sejtlégzés mechanizmusának feltáráshoz. Mivel azonban modellje *többet* teljesített, mint amire „tervezve volt”, mert például narkotikumoknak és ciánhidrogénnek a sejtlégzésre gyakorolt hatását is reprodukálta, tehát ez a modell nemcsak a sejtlégzés bizonyos hipotézisét *igazolta*, hanem *új felismerésre* is vezetett, amennyiben magyarázatot szolgáltatott olyasmire, amit Warburg közvetlenül nem is kutatott, ti. a narkotikumok és a ciánhidrogén egyfajta farmakológiai hatásmechanizmusára.¹¹ Később látni fogjuk, hogy nemcsak életműködések, hanem

¹¹ Az ide vonatkozó szakkérdésekben tájékozott olvasó bizonyára elnézi nekünk, ha e példa itteni tárgyalásakor nem térünk ki azokra az újabb szempontokra, amelyek a sejtlégzésre vonatkozó ismereteink mai, sokkal magasabb fokán már problematikusá teszik a

értelmi tevékenységek modellezésénél is adódnak effajta kellemes meglepetések, sőt a mai kibernetikai kutatás bizonyos ágaiban a modell „betervezetlen” teljesítményeinek kísérleti felkutatása kifejezett módszertani jelentőségre tett szert. Mindenesetre még lesz alkalmunk a modellezés több más heurisztikusan rendkívül hasznos alkalmazására is kitérnünk.

A gépi modellek sajátos jelentőségét az élettani és lélektani megismerésben egyébként még az is tanúsítja, hogy azok a múltbeli nagy gondolkozók, akik materialista (közelebbről: mechanikus materialista) módon igyekeztek az élő szervezet és az elme működésének magyarázatát megadni, leginkább éppen saját koruk géptechnikájából és automatikájából vették ehhez a mintát.¹² McCarthy és Shannon igen helyesen utalnak arra, hogy „... az ilyen problémákra vonatkozó spekulációk, amelyek sok évszázadra követhetők vissza, rendszerint az illető korszakban használatos gépek jellegzetességeit tükrözik vissza. Descartes a »De homine«-ban az alacsonyabbrendű állatokat és számos funkciójuk tekintetében az embereket is automatákként fogja fel. Klepszidrákból (vízórákból), szökőkutakból és a XVII. században közhasználatban lévő más gépi szerkezetekből leszármaztatott analógiák alapján úgy képzelte el, hogy az idegek apró mechanikai mozgások révén közvetítenek jelzéseket. Századunk elején, amikor bevezették az automatatelefont, az idegrendszert gyakran nagy telefonközponthoz hasonlították, amelyben önműködő kapcsolóberendezés irányítja az érző- és mozgatóingerek pályafutását. Jelenleg az agyvelőt nagy elektronikus számológépekhez szokták hasonlítani.”¹³

Manapság, amikor nagyonis jól ismereteseink a régi típusú mechanisztikus szemlélet fogyatékosságai és hibái, sokan talán túlzottan lebecsülik azt az útmutatást, amit fizikai modellek viselkedési törvényszerűségeinek tanulmányozása az életműködések, sőt a felsőbbrendű idegtevékenységek vizsgálatában nyújthat. A fiziológiai és neurofiziológiai funkciók korábbi mechanisztikus magyarázatainak ugyanis csak bizonyos korlátoltságai származtak onnan, hogy valóságos vagy elgondolt fizikai modellek szerkezeti és működési sajátosságait közvetlenül azonosították az élő szervezetek különféle adottságaival. A bajok nagyrésze inkább abból adódott, hogy ilyen célra használt fizikai modelljeik nem voltak — s a természettudományok akkori állása mellett nem is lehettek — *megfelelőek*.

Warburg-féle szénmodell „hűségét”. (Hogy modellje mennyire részleges — pl. épp a zsírokat és szénhidrátokat nem oxidálja —, azt Warburg persze kezdettől fogva tudta.) A megismerés haladásával végül is minden modell „történetivé”, azaz viszonylagosan egyre tökéletlenebbé válik. De a modellezés tudományos célja épp az, hogy előmozdítsa a megismerés olyan irányú fejlődését, amely *túlhaladottá* teszi a mindenkor éppen megalkotott modellt.

¹² Vö. T. H. Huxley, On the Hypothesis That Animals Are Automata and Its History. London 1874.

¹³ John McCarthy és Claude Shannon, Automata Studies. -- Preface. Annals of Mathematics Studies, 34. sz., Princeton University Press, Princeton 1956. V. o.

Egészen durván szólva a fő hiba az volt, hogy ezek a modellek *mechanikaiak*, közelebbről: a *klasszikus mechanika értelmében vett mechanizmusok* voltak, s ebből a szempontból teljesen mindegy, hogy műszaki megoldásukban a XVII. század rugós rudazatos és csigakerekes gépezeteit, vagy a mi századunk első évtizedeinek elektrotechnikai berendezéseit vették-e mintául.

Ma már tudjuk — és pedig éppen az utolsó egy-két évtized kibernetikai kutatásai révén tudjuk —, hogy fizikai modelleknek, mégpedig ténylegesen megépíthető *makrofizikai* modelljeinknek korántsem kell minden tekintetben „gépies” tulajdonságokkal rendelkezniök, azaz a klasszikus mechanika értelmében vett determináltsággal működniök. Bizonyos sajátos felépítésű fizikai (értsd: nem élő anyagból alkotott) modellek a kellő kibernetikai megoldások felhasználása esetén számos *olyan* tulajdonsággal, többek között olyan alkalmazkodó-, önregeneráló- és önreprodukáló-képességgel és olyan „célszerű” vagy „értelmes” reagálásmódokkal rendelkezhetnek, mint amelyeneket eddig *kizárólag* élőlényeknek tulajdonítottunk.

Mielőtt azonban bővebben foglalkozhatnánk e sajátos kibernetikus mechanizmusok teljesítményeivel, eléggé behatóan elemeznünk kell a mechanizmus közkeletű *általános* fogalmát, valamint a „mechanikus” és az „automatikus” működés fogalmi viszonyát.

3. Mechanizmus és automatizmus

Mechanizmuson legközösésebben tetszőleges gépet szoktunk érteni. Gépen pedig legközösésebben olyan anyagi rendszert értünk, amelyet *ember* szerkeszt meg bizonyos *munkavégzés* céljára. A legegyszerűbb efféle anyagi rendszereket a köznyelv mint szerszámokat vagy eszközöket különbözteti meg az „igazi” gépektől, ami azonban az itt tárgyalandó összefüggésben lényegtelen. Mindenesetre ilyen értelemben gép (és egyben mechanizmus) egy vízerék, egy esztergapad vagy egy óramű, de nem gép (és nem is mechanizmus) egy épület, amely ugyan szintén ember szerkesztette anyagi rendszer, de nem végez munkát, mert fizikai értelemben a munka *mozgásos* (dinamikus) erő kifejtést feltételez, hiszen a munka fizikai definíciója szerint az *elmozdulás* irányában kifejtett erő és a *megtett út* szorzata.

Egy anyagi rendszert bizonyos munkavégzés céljára megszerkeszteni, röviden: *gépet* szerkeszteni annyit jelent, mint bizonyos anyagi elemeket (alkatrészeket) úgy elrendezni, hogy ezen rendszer bizonyos részeire gyakorolt *terszerűen megállapított irányú és nagyságú erőhatások következtében a rendszer bizonyos más részei ugyancsak terszerűen megállapított irányú és nagyságú erőhatásokat fejtsenek ki*, magyarul: bizonyos gépalkatrészek bizonyosfajta elmozgatására („meghajítására”, „kezelésére”) bizonyos más gépalkatrészek a gép céljának megfelelő elmozdulásokat („műveletet”) végezzenek. Nyilvánvaló, hogy

egy anyagi rendszer bármiféle dinamikus erőhatásra *valamiféle* elmozdulással vagy egyéb fizikai effektussal fog reagálni; a gépszerkesztés lényege azonban *tervszerűen megállapított* dinamikus erőhatásokhoz (ti. a gép bizonyos alkatrészeinek előírászerű meghajtásához és kezeléséhez) megintcsak *tervszerűen megállapított* — a kitűzött munka szempontjából célszerű — mozgási, vagy egyéb fizikai jellegű effektusokat rendel hozzá. Egy esztergapadot megszerkeszteni alapjában véve annyit jelent, mint bizonyos célszerűen megválasztott anyagi elemeket úgy elrendezni, hogy az ebből adódó rendszer egy bizonyos szíjtárcsának bizonyos irányban és bizonyos erővel történő „meghajtására”, valamint többféle fogantyúnak ugyancsak bizonyos irányban és bizonyos erővel történő „kezelésére” megmunkálja a befogott munkadarabot, azaz a kitűzött munka szempontjából célszerűen körbeforgassa a befogószerkezetet, hozzászorítsa a munkadarabhoz a kést és ily módon forgácsokat válasszon le róla. Ha a *tervszerűen megállapított* irányú és nagyságú erőhatásoktól *eltérő* erőhatások érik a gépet — például belerugnak az esztergapadba vagy kalapáccsal rávágunk —, akkor reagálását nem a betervezett és a munkacélhoz igazodó specifikus szerkezeti összefüggések, hanem aminden fizikai testre egyaránt jellemző általános mechanikai törvényszerűségek szabják meg. Esetben a gép nem a maga sajátos gépi mivoltában, hanem minősítetlen anyagi rendszerként reagál.

A „gép” megjelölést egyébként közönségesen olyan — a fenti definíciónak mindenben megfelelő — anyagi rendszerekre szoktuk fenntartani, amelyek valamely részükben *látható* mozgást végeznek. Szigorúan elvont tudományos szempontból ennek nincs jelentősége, mert a villanytűzhely, amely elektromos erőhatásra termikus munkát végez, elvben éppoly gép, mint akármilyen mozdony, amely termikus energiát mechanikai energiává alakít át. De köznapifogalom-, ill. szóhasználatunk szempontjából mégis eléggé jellemző az, hogy a mozdony gépnek számít, viszont a villanytűzhely vagy éppenséggel a vele azonos megítélés alá eső takaréktűzhely nem számít annak.

Nem vagyunk azonban ilyen szűkkeblűek, amikor gép helyett *mechanizmusról* beszélünk. Ez a szó érdekes jelentésváltozáson ment keresztül. Első, legközönségesebb értelemben mechanizmus — mint mondtuk — bármely gép. Valamivel szorosabb szóhasználatban azonban inkább egy gép „belső szerkezetét” szoktuk mechanizmusnak nevezni, s ilyen értelemben például egy óra mechanizmusán csak belső fogaskerék-, rugó-, billegő- stb. szerkezetét értjük, viszont az óra házát, számlapját, mutatóit, felhúzóját már nem okvetlenül számítjuk hozzá tulajdonképpeni mechanizmusához, vagyis ahhoz, ami ténylegesen „működik” benne — amitől ketyeg és alkalmassá válik arra, hogy az időt jelezze. (Ez megintcsak nem tudományos, hanem köznapias, laikus megkülönböztetés, de tagadhatatlanul elég széles körben érvényesül.) További csekély jelentésváltozással a mechanizmus már nem is a gép kézzelfogható belső szerkezetét jelenti a maga anyagi megvalósulásában,

hanem az alkatrészek fizikai tulajdonságainak és fizikai elrendezésének (szerkezeti összefüggéseinek) azt az *elvont* rendszerét, amely a gép működésmódját meghatározza. Ha például azt mondjuk, hogy valaki ismeri az aszinkronmotorok mechanizmusát vagy éppenséggel kutatásokat végez erre vonatkozólag, akkor rendszerint nem arra gondolunk, hogy az illető a vasból és vörösréz-ből készült ténylegesen működő aszinkronmotorok belsejét ismeri, ill. kutatja, hanem az „aszinkronmotorok mechanizmusa” fogalmához már csak bizonyos geometriai, elektromágneses stb. tulajdonságokkal rendelkező *absztrakt* elemek valamilyen *absztrakt* elrendezését (összefüggérendszerét) társítjuk, amely a konkrétan létező aszinkronmotorok működési törvényszerűségeit fejezi ki. Ha megkérdezzük egy elektromérnököt, hogy mi az aszinkronmotor mechanizmusa, akkor az a motor *kapcsolási vázlatát* rajzolja le számunkra, s ez a kapcsolási vázlat megegyezésszerű szimbólumokkal jelöli a gép működéséhez szükséges geometriai, elektromágneses stb. tulajdonságokkal rendelkező alkatrészeket és azoknak a gép működéséhez szükséges összefüggését.

A mechanizmusnak ez az elvont fogalma, amelynek tudománytörténeti kialakulását igen érdekes volna részletesebben nyomunkövetni, lehetővé tette a „mechanizmus” szó használati körének messzemenő kiterjesztését. Mechanizmus ilyen értelemben ugyanis már semmi mást nem jelent, mint bizonyos meghatározott tulajdonságú alapelemek bizonyos meghatározott összefüggéseinek rendszerét, amely bizonyosfajta „behatásokra” *törvényszerűen* bizonyosfajta „kihatásokkal” reagál. Röviden: *mechanizmus egy szabatosan körülírt működési elvet megtestesítő és ezen elvnek megfelelő működései tekintetében teljesen determinált rendszer.*

Ilyen értelemben azután mechanizmusnak nevezhető már minden olyan ember alkotta vagy nem ember alkotta (például az élő természet által létrehozott), munkavégzésre berendezett vagy bármi egyéb célt szolgáló (például egy élőlény biológiai fennmaradásának szolgálatában álló) rendszer, amely a klasszikus mechanika által tárgyalt anyagi rendszerekhez hasonlóan teljesen determinált, azaz alkatelemeinek és elrendezésüknek a szóban forgó működés szempontjából releváns jellemzőit (például klasszikus mechanikai rendszerek esetében tömegüket, pillanatnyi mozgásállapotukat és térbeli helyzetüket) ismerve elvben *egyszer s mindenkorra* meg tudjuk határozni, hogy bizonyosfajta (a klasszikus mechanikában mindenkor mechanikai, ill. dinamikus jellegű) behatásokra milyen állapotba fog jutni.

S a mechanizmus *ilyen* értelmezésének keretében már nyugodtan beszélhetünk — és beszélünk is — *tetszőleges* természeti folyamatok „mechanizmusáról”: kémiai reakciók mechanizmusáról, amikben semmiféle emberalkotta gépezetnek nincs szerepe, neurofiziológiai reflexmechanizmusokról, amik élő, sőt magasrendűen szervezett anyagi rendszerekhez vannak kötve. Most már a „mechanizmus” csak annyit jelent, hogy bizonyosfajta „behatások” (akciók) bizonyosfajta „kihatásai” (reakciói) tekintetében ugyanolyan szigorúan és

egyértelműen determinált rendszerről van szó, mint amilyeneket a klasszikus mechanika is tárgyal.¹⁴

Idáig rendben is volna a dolog. Végeredményben semmi akadályja nincs annak, hogy a „mechanizmus” kifejezést, amelyen eredetileg a klasszikus mechanika teljesen elvont jellegű vizsgálati tárgyait értették, később kiterjesztett értelemben más tudományoknak mindazon vizsgálati tárgyaira is alkalmazzuk, amelyek egy nevezetes tulajdonságukban — ti. teljes determináltságukban — hasonlítanak a klasszikus mechanika mechanizmusaira.

Zűrzavar csak akkor támad, ha kiderül, hogy vannak gépek, azaz munkavégzésre képes, emberalkotta anyagi rendszerek, amelyek működésükben *nem* mechanisztikusan determináltak, azaz nem olyan értelemben teljesen determináltak, mint a klasszikus mechanika által vizsgált mechanizmusok, hanem az élőlényekhez, ill. értelmes lényekhez hasonlóan alkalmazkodó, önregeneráló, önreprodukáló, önfenntartásuk szempontjából célszerű, értelmes stb. viselkedést tanúsíthatnak és még csak az sem áll, hogy reakcióik — akár csupán elvileg is — okvetlenül megjósolhatók, kiszámíthatók.

Mert ha valóban vannak ilyen gépek (és mint a bevezetésben említettük s a későbbiekben közelebbről is látni fogjuk: ma már valóban vannak!), akkor *vagy* módosítanunk kell a mechanizmus hagyományos fogalmát, hogy az ilyen nem mechanisztikusan determinált gépekre is kiterjedjen, *vagy* azt kell mondanunk, hogy nemcsak élőlények és értelmes lények, hanem bizonyosfajta gépek sem minősíthetők mechanizmusoknak. (Teljesen függetlenül attól, hogy egyes kibernetikus automaták milyen mértékben modelleznek életműködéseket vagy értelem tevékenységeket, az egyszerűen *vitathatatlan*, hogy berendezhetők — sőt bizonyos célok érdekében be szokták rendezni őket — *elvileg* is csak valószínűségekkal meghatározható és semmiképpen sem eleve kiszámítható reagálásokra. Ez már önmagában is elegendő ahhoz, hogy ne feleljenek meg a klasszikus értelemben vett mechanizmus definíciós követelményeinek!)

Röviden: olyasfajta helyzettel állunk szemben, mint amikor az oszthatatlanként *definiált*, sőt az oszthatatlanságról *elnevezett* atomok egyik-másikáról a radioaktivitás felfedezésekor kiderült, hogy nem oszthatatlan, bár egyébként olyan tulajdonságokkal rendelkezik, mint az addig ismert (vagy tulajdonságaikban ismertnek vélt) atomok. Akkoriban a tudomány a következő választás előtt állott: *vagy* módosítja az atom fogalmát, hogy ez a nyilvánvalóan osztható (elbomló) rádiumatomokat is felölelje, *vagy* azt kell mondanía, hogy

¹⁴ A „mechanizmus” szónak ez a legtágabb értelemben való használata meglepően régi, ti. éppen a klasszikus mechanika nagy századából származik. A „The Shorter Oxford Dictionary of English Language” (Clarendon Press, London 1952. I. kötet, 1225. o. — „Mechanism” címszó) tanúsága szerint már 1662-ben beszélnek mechanizmusról, mint „a részek szerkezeti összefüggéséről egy gépben vagy bármi másban, ami géphez hasonló”, 1677-ben pedig felmerül a hatásmechanizmus általános fogalma. Nem sokkal később David Hartley, Hume kortársa, könyvet ír „Az emberi cselekvések mechanizmusa vagy szükségszerűsége” (The Mechanism or Necessity of Human Actions) címmel, s itt a mechanizmus fogalma már valóban *azonosul* a teljes determináltság (szükségszerűség) elvont fogalmával.

a rádium vegyileg elemi részei minden más anyag elemi részeitől eltérően *nem* atomok. A választás — mint tudjuk — úgy esett, hogy a tudomány megtartotta az atom fogalmát, csak elhagyta az atom jegyei közül az oszt-hatatlanságot, s tovább használta az „atom” szót is, csak nem törődött többé azzal, hogy ez eredetileg „osztthatatlan”-t jelentett.

Ma az a helyzet, hogy ha továbbra is mechanizmusnak akarjuk nevezni minden emberalkotta munkavégző anyagi rendszer, azaz minden gép belső szerkezetét vagy elvont működési elvét — s nyilvánvalóan ez a célszerű szóhasználat! —, akkor le kell mondanunk, hogy a klasszikus mechanikai vagy azzal analóg értelemben vett teljes determináltságot a mechanizmusok szükség-szerű és elengedhetetlen velejárójának tekintsük. Nem minden mechanizmus „mechanisztikus” vagy „gépies” — még a valóságos, kézzelfogható gépek körében sem, amint erre a továbbiakban sajátos kibernetikai példákat fogunk látni.

De ha ez így van, akkor mit nevezzünk mechanizmusnak a biológia s különösen a neurofiziológia és a pszichológia keretében, ahol eddig éppen a kvázi-mechanisztikusan determinált hatásösszefüggések esetében beszéltünk mechanizmusról (pl. reflexmechanizmusról)?

Nos, ki fog derülni, hogy a megváltozott helyzetben sem kell lemondani a mechanizmus fogalmának élet- és embertudományi alkalmazásairól, csak tudomásul kell venni, hogy a mechanizmusoknak *másfajta* — nem „teljes” vagy „mechanisztikus”, hanem tendenciaszerű, típusos, valószínűségi — determináltsága is lehetséges, s hogy az így determinált mechanizmusok köre bizonyos bonyolult gépi működéseket s mindenesetre bizonyos egyszerűbb élet- és elméműködéseket *egyaránt* felölel. Hogy hol van az ilyen mechanizmusok teljesítőképességének felső korlátja, azaz miféle értelmi vagy életteltjesítmények azok, amelyek már az ilyen tendenciaszerű, típusos, valószínűségi meghatározottságú mechanizmussal sem magyarázhatók és így *elvileg* sem reprodukálhatók, ill. modellezhetők élettelen fizikai modellek segítségével — ez meglehetősen nyílt kérdés, amellyel bővebben kell majd foglalkoznunk. Elhamarkodott állásfoglalásoktól mindenkit megóvhat az a már bevezetésünkben említett tény, hogy ugyan minden fáradság nélkül tucattjával fel lehet sorolni az olyan *magasrendű* értelmi és életteltjesítményeket, amelyeknek gépi előállítása minden jelenlegi elképzelésünket abszurdan messzire meghaladja, de rendkívül nehéz az *egyszerű* értelmi és életfunkcióknak azt az alsó szintjét meghatározni, amely „már éppen meghaladja” a kibernetikus megvalósítás elvi lehetőségeit. Minden eddigi kísérlet egy ilyen gépi modellezéssel *elvileg* sem reprodukálható *minimális* értelmi vagy életfunkció konkrét meghatározására azon bukott meg, hogy pár év múltán sikerült éppen azt az állítólág nem reprodukálható minimumot egy elméletileg vagy gyakorlatilag megszerkesztett automata-moddelllel mégiscsak reprodukálni. Ez történt Driesch esetében, aki kijelentette, hogy el tud ugyan képzelni egy gépet, amely németül beszél, sőt beszélget, de nem tud olyan gépet elképzelni, amely tanulásra, azaz eleve

adott szerkezeti sajátásaiból le nem vezethető új reagálásmódok elsajátítására volna képes saját működési tapasztalatai alapján, s még kevésbé tud olyan gépet elképzelni, amely elvileg is kiszámíthatatlan időpontokban, de nem véletlenül és nem működési hibából, téves válaszokat ad, míg különben mindig helyesen reagál, egyszóval: „időnként hazudik”. Nos, a működési tapasztalataik tanulságait hasznosítani tudó, sőt ezek alapján saját teljesítő-képességüket fejleszteni tudó tanuló automatáknak ma már szinte külön kis irodalmuk van a kibernetikában, a Driesch-féle követelményeknek teljesen megfelelő „hazudógépet” pedig Rashevsky pár évvel e követelmények megfogalmazása után ténylegesen meg tudta tervezni.¹⁵ Más kérdés az, hogy Driesch megfogalmazása már eleve nem kielégítő a hazugság fogalmának közhasznú értelmezése szempontjából, de mentségére szóljon, hogy nem könnyű megfogalmazni, mit is kellene egy gépnek teljesítenie ahhoz, hogy hazugságnak fogadjuk el teljesítményét. (Ha viszont ezt nem lehet megfogalmazni, akkor az a Driesch-féle állítás, hogy „hazudógép nem szerkeszthető meg” éppolyan értelmetlen, mintha azt mondanók, hogy „páratlan számok nem tartalmazhatnak kénsavat”).

Szólanunk kell még a gépi működés és a gépi önműködés, vagy — más-ként megfogalmazva — a „közönséges” és az „automatikus” mechanizmusok szokásos megkülönböztetéséről.

Itt abból kell kiindulni, hogy gépi működés és gépi önműködés között *elvonatan* — a gépnek az emberhez való viszonyától elvonatkoztatva — semmi-féle különbség nincs. Egy automata elvben ugyanazon fizikai törvények alapján működik, mint bármely „közönséges” gép.

Annak, hogy egy gép működését automatikusnak nevezzük, általában-véve két (együttesen vagy bizonyos mellékkörülmények esetén külön-külön is elégséges) feltétele van:

1. automatikusnak szoktuk nevezni egy gép működését, ha olyan funkciókat is maga lát el, amelyekhez a technika korábbi állása mellett emberi (esetleg állati) közreműködésre volt szükség;

2. automatikusnak szoktuk nevezni egy gép működését, ha nincs közvetlen áttekintésünk működésének determinációjáról, vagyis ha nem értjük, hogyan funkcionálhat az adott módon emberi (vagy állati) közreműködés nélkül.

Ha viszont bizonyos idő után megszoktuk, hogy a szóban forgó funkciót gép is ellátja, illetve közvetlen áttekintést szerzünk a gép működésmódjáról és megértjük hogyan látja el feladatát, akkor már nem beszélünk automatáról.

Ezt az első hallásra talán kissé meglepően hangzó tételt célszerű lesz néhány példával illusztrálni.

¹⁵ Vö. Ludwig von Bertalanffy, *Das Gefüge des Lebens*. Teubner, Leipzig—Berlin 1937. 152. és köv. o.: N. v. Rashevsky, *Learning as a Property of Physical Systems*. *Journal of Genetic Psychology*, 1931, 5: *Mathematical Biophysics and Psychology*. *Psychometrika*, 1936. 1.

A rövid idő alatt lepergő és így újra meg újra emberkézzel működésbe helyezendő (felfordítandó) homokórához képest a súlyfelhúzásra napokig járó ingaóra „automata” volt. Ma már azonban senkisé is nevezi az ebédlóórát automatának, hiszen megszokta, hogy az óra egyszeri felhúzásra hosszú ideig „magától jár”, ezenfelül pedig teljesen közismert az a működési elv (mechanizmus), amely az egyszeri emberi beavatkozás, ti. a felhúzás következtében napokig egyenletes mozgásban tartja az óra mutatóit. Az ember *tudja*, milyen összefüggés áll fenn az óra felhúzása és napokig tartó mozgása között és ennek az összefüggésnek a tudatában persze már nem úgy nézi az órát, mintha az *tényleg* önmagától (önműködően) járna.

Ezzel szemben ma is hajlamos lesz az ember automatának nevezni azt az órát, amely egyszeri felhúzásra nem az *időt* mutatja napokon át, hanem — mondjuk — este nyolckor bekapcsolja és reggel hatkor kikapcsolja az olcsóbb tarifájú éjszakai áramra beállított háztartási forróvíztárolót (villany-boylert). Ez ma is automatának számít, mert a háztartások mai technikai szintjén még nem szoktuk meg, hogy az elektromos áram be- és kikapcsolását ember helyett gép is végezheti, és mert a háztartásokban elterjedt technikai szemlélet mellett ugyan áttekinthető összefüggés áll fenn az órasúly felhúzása és az ingaóra mutatóinak összefüggése között, de az elektromos kontaktusoknak óraszerkezetek által való mozgatása már túlesik e technikai szemlélet hatókörén. Egészen hasonló a helyzet a mai, ún. automatakaróráknál, vagyis azoknál az aránylag újkeletű karórákonstrukcióknál, amelyeket az embernek már fel sem kell húznia, mert karjának természetes napközbeni mozgása következtében az órába beépített kis lendkerek szerkezet folytonosan felhúzza tartja a rugót. Ha ezek az automata-karórák idővel jobban elterjednek, és megszokjuk a gondolatot, hogy az órák felhúzása nem emberek dolga, akkor a lendkerek szerkezetű automata-karórákat éppoly kevésbé fogjuk automatának tekinteni, mint a vízimalmokat, amelyeket a patak természetes sodrában elhelyezett lapátkerék hajt, ahelyett hogy emberi vagy állati erővel történne az őrlési munka.

Külföldön nagyon elterjedtek, de nálunk is egyre szaporodnak az elárusító-automaták. Az egyik budapesti áruház előtt például egy cigarettaeladó automata áll, amely három egyforintos bedobására egy doboz cigarettát ejt ki. Ezt méltán nevezzük automatának, amíg meg nem szokjuk, hogy az ilyen primitív árukiegészítési műveleteket emberek helyett éppúgy végezhetnek gépek is, s mindenesetre automatának nevezheti ezt a szerkezetet egy technikailag teljesen tájékozatlan ember, aki csodákban nem hisz és tudja, hogy géppel van dolga, de semmiféle elképzelése nincs arról, hogy miféle összefüggés állhat fenn három egyforintos bedobása és egy cigarettadoboz kiesése között. Viszont a karbantartó szerelő számára, aki felnyitja az automata szekrényét, hogy megolajozza annak a kis kétkarú mérlegnek a szerkezetét, amelynek egyik karja a három egyforintos súlyára lenyomódik, míg másik karja ugyan-

akkor felemelkedik és szabaddá teszi a természetes súlya révén leeső cigaretta-doboz útját — a *szereelő* számára, aki ismeri a mechanizmus minden csínját-bínját, itt éppoly kevésbé van „automatizmusról” szó, mint ahogy a technikailag legtájékozatlanabb ember sem vélné azt, hogy egy kétkarú emelő egyik vége „önműködően” emelkedik fel, ha a másik végét lenyomják. Hiszen ez a kétkarú emelő közismert törvényszerű működésmódja — teljesen determinált működési elve, klasszikus mechanizmusa!

De ha nincs is *elvont*, minden emberi (történelmi, társadalmi, valamint egyéni tudatbeli) feltételtől független fizikai különbség a „közönséges” és az automatikus működésű gépek között, nagyönis beszélhetünk *konkrét*, sőt gyakorlati szempontból *döntő* különbségekről a technikai fejlődés különböző szintjein. A helyzet ugyanis az, hogy ha legfőbb tárgyi ismérvük alapján automatáknak tekintjük az olyan gépeket, amelyek az eddigi emberi (vagy állati) közreműködést igénylő funkciókat is mechanizmusuk segítségével látják el, akkor minden technikai korszakban s a technikai elmélet és gyakorlat minden szintjére vonatkoztatva más és más az, ami automatának minősíthető.

Ez tagadhatatlanul így van. A XIX. század végéig minden közúti járművet állatok vontattak. Ilyen körülmények között eléggé magátólértetődő, hogy az automobil — az első géperezű közúti jármű — az „önmozgó”, ti. éppen az „automobil” nevet nyerte, holott természetesen éppen olyan kevésbé mozog „önmagától”, mint egy négylovas hintó. A technika akkori objektív fejlődési szintjéhez képest azonban ez mégis önműködő szerkezet volt, hiszen gépi szerkezet látott el benne olyan funkciót, ami a műszaki elmélet és a technológia korábbi fejlődési szintjén gépileg megvalósíthatatlan volt és ezért élőlényekre (kocsihúzó állatokra) hárult. Az automataként való megítélés szubjektív tényezője — a működési elv áttekinthetetlen vagy ismeretlen volta — ehhez az objektív tényezőhöz képest másodlagos jelentőségű. Persze ma, amikor minden iskolásgyerek ismeri a benzinmotorok szerkezetét, egy tízéves kisfiúnak se jutna eszébe, hogy önmozgónak vagy automatának nevezze az autót, hiszen hogy négy ló vagy tíz lőerezű motor húzza-e a kocsit, az *most* már mindegy — vezetni, kormányozni pedig így is, úgy is kell. . .

S itt érkezünk el az automatika modern, mai fogalmához, amely a *kibernetikus automatizálásban* testesül meg.

Az utolsó százötven évben a technikai haladás odáig vezetett, hogy — mint mondtunk — a termelésben szerepet játszó legtöbb emberi és állati erőfeszítést, valamint a legtöbb emberi közügyességet gépek működtetésével tudjuk — és megfelelő gazdasági feltételek mellett szoktuk is — helyettesíteni. Az erő- és munkagépek a mindennapi életnek úgyszólván minden területére bevonultak — megszokott, jólismert „háziállatokká” váltak.¹⁶

Aminek még a technika mai állása mellett sem magátólértetődő a gépe-

¹⁶ „... Velünk /nevelkedett a gép./ Kezes állat. No, szóljatok rá! / Mi tudjuk a nevét.” (József Attila: „A város peremén”).

sítése, az leginkább az erő- és munkagépek működésének irányítása, ellenőrzése és szabályozása, vagyis — már bevezetett szóval — *vezérlése*. Ez az a feladat a gépek világában, amit még ma is többé-kevésbé általánosan az *ember* kénytelen ellátni. A gépek „kezelése”, működésüknek irányítása, ellenőrzése és szabályozása olyan műveleteket igényel, amelyeknek automatikus ellátására eddig nem álltak (sok tekintetben ma sem állnak) rendelkezésre megfelelő, az emberi érzékelés, mérlegelés és akaratmegnyilvánulás bizonyos funkcióit átvenni tudó mechanizmusok.

Ennek megfelelően tehát ma, a műszaki tudás és a technológia mai szintjén az automatizálás központi problémája éppen az önműködő vezérlőszervezetek előállítása — lényegileg az emberi *idegrendszer* egyes, a gépek kezelésében szerepet játszó érzékelő, mérlegelő és akaratnyilvánító funkcióinak (tehát bizonyos afferens, centrális és efferens funkcióknak) automatikus gépiteljesítményekkel való helyettesítése. Ennek úgyszólván szimbólikus kifejezése a „gombnyomásra való működés” követelménye.

Egy korszerű automatától ma már többé-kevésbé azt várjuk, hogy ténylegesen gombnyomásra működjék, vagyis működése közben már *semmiféle* értelmes emberi irányítást, ellenőrzést vagy szabályozást ne igényeljen. Persze húsz-harminc év előtt is alkottak már például olyan automataesztergákat, amelyeken az ember előre beállíthatta az összes fő- és mellékmozgásokat s azután már csak ellenőriznie kellett a gép működését, néha a szükséghez képest utána kellett szabályoznia, de a „többi” a gép önműködően végezte. Csakhogy az összes fő- és mellékmozgások előre való beállítása — hogy mást ne mondjunk — már nem „gombnyomás”. Egy mai automatikusan *vezérelt* eszterga — teljesen korszerű megvalósulásában — maga olvassa le a tervrajzról a kívánt megmunkálási alakot és a méreteket, maga áll be a legcélszerűbb orsóforgásszámra, maga választja ki a különféle hossz- és harántelőtolási sebességeket, sőt még az akcidentális megmunkálási hibákat is önműködően érzékeli és küszöböli ki. Ehhez egész sor antropomorf mechanizmusra van szükség: fotocellára, ami „látja”, sőt „végignézi” a tervrajz kontúrvonalait, elektronikus számolóberendezésre, ami „kiszámítja” az adott esetben legcélszerűbb forgásszámokat és előtolási sebességeket, sőt adott esetben „dönteni” is tud több lehetőség között, ellenőrző berendezésre, amely „letapintja” a megmunkálás alatt álló darabot és a szükséges kiigazításokat is „meghatározza” — és így tovább. Mindez már nem az esztergályos kézügyességét, hanem *idegrendszerének* némely funkcióját van hivatva helyettesíteni — és pedig esetenkénti külön „beállítás” nélkül, gombnyomásra, pontosabban a működésbeléptetés mindig azonos és az elérberakott tervrajz mindig változó ingerére mindenkor adekvát alkalmazkodással reagálva, bizonyos egészen általános (úgyszólván axiomatikusan adott) szerkezeti adottságai alapján, amelyek alkalmankénti konkrét munkaprogramjának kialakítását már *nem* tartalmazzák.

A valóban magasrendű automatikus vezérlések megvalósítására egészen

újszerű, a gépszerkesztésben eddig soha nem szerepelt elveket kellett (és kell még ma is folyamatosan) kidolgozni. Ezeknek egyik — és bennünket itt témánknál fogva közelebbről érdeklő — része különös módon visszajára fordítja a technikai fejlődés egyik alapvető, mondhatnók évezredek óta következetesen érvényesült tendenciáját. Nevezetesen: míg az erő- és munkagépek, köztük az összes klasszikus mechanikai automaták (Jacquard-szövőgép, automatikus körkötőgép, szelfaktor, gyűrűsfonógép stb.) kifejlesztése és tökéletesbítése az emberi és állati munkavégzés mintájától való fokozatos *eltávolodást* igényelte, addig az automatikus vezérlések fejlesztése és tökéletesbítése során bizonyos elég tág szektorokban a jelek szerint mindinkább kénytelenek vagyunk az emberi és állati szervezet, különösen pedig az emberi és állati idegrendszer „technikai megoldásait” és „működési elveit” *leutánozni*, azaz *modellszerű megközelítésekkel reprodukálni*. Ez a legfőbb oka annak, hogy a mai kibernetikai kutatás annyira összefonódik a kísérleti biofizikával s még inkább a kísérleti neurofiziológiával, sőt bizonyos esetekben a kibernetikai tervezőmunkának egyenest pszichológiai tényállások megfigyeléséből kell *kiindulnia*. Két kiváló szovjet szakember — Sz. L. Szoboljev akadémikus és A. A. Ljapunov professzor — erről nemrégiben a következő megállapítást tette: „Ha például az acéolvasztás automatikus vezérléséről van szó, le kell írni néhány gyakorlott olvasztár tapasztalatait, műveleteit, le kell írni e munkások reagálását a folyamat egyes mutatóira, tanulmányozni kell ezeket, majd mindezekből algoritmikus kifejezést kell alkotnunk, hogy azt betervezhessük a gépbe. Csak ha mindezeket az adatokat részleteikben tanulmányozzuk, válik lehetségessé, hogy felismerjük és szem előtt tartsuk azokat az elemi tényezőket és logikai feltételeket, amelyek a keresett algoritmust alkotják.”¹⁷

A különféle — akár gépvezérlési elvek kidolgozásához mintát szolgáltató, akár önmagukban véve tudományos érdeklődésre számot tartó — biológiai és neurofiziológiai funkciók modellszerkezetekkel való reprodukálása hovatovább a kibernetikai kutatás egyik legterjedelmesebb szakterületévé válik. Hogy ez a kibernetikus modellezés a maga részéről mennyire viszi előbbre az *általános* biológiai, neurofiziológiai és pszichológiai kutatást — ez olyan kérdés, amellyel külön is kell még foglalkoznunk. A szovjet pszichológusok jó része — úgy látjuk — optimizmussal nézi ezt a fejlődést. D. A. Osanyin például ezt írja: „Igazán nem kell különösebben hangsúlyozni, hogy az automaták által végzett műveletek nem lehetnek az emberi cselekedetek és műveletek egyszerű másai — ez teljesen nyilvánvaló. De a jelenkori tudománynak mégis sikerült feltárnia az ember és a bonyolult automatikus szerkezetek műveleteinek sok közös vonását. Gondoljunk csak az elektronikus számológépekre! A (gépi vagy emberi) szervezet mindkét esetben egy vezérlőszerkezetből és egy kivi-

¹⁷ Sz. I. Szoboljev és A. A. Ljapunov, Kibernetika i jesztyesztvoznanyije (Matyeri-ali k Vseszojuznomu szovescsenyiju po filozsofszkim voproszám jesztyesztvoznanyija). Moszkva 1957.

telező (ill. a külvilággal tevékeny kapcsolatban álló) rendszerből áll s ezek közt kétoldalú kapcsolat áll fenn: az egyik irányba az információk áradata halad, a másikba pedig az irányító szerv intézkedései stb. Ismeretes, milyen termékenyen hatott az, hogy a kibernetika tanulmány tárgyává tette ezeket a közös momentumokat...¹⁸

Annyi mindenesetre bizonyos, hogy a magasabbrendű kibernetikus automatizálási feladatok megoldása jelenleg valóban az élő szervezet és főleg a központi idegrendszer működésmódjának modellszerű tanulmányozását követeli meg, s nem véletlen, ha éppen a legkiválóbb matematikai-logikusok és kibernetikusok egész sora szentelte (és szenteli magát) ennek a feladatnak.¹⁹

Állítsuk még egyszer röviden szembe az erő- és a munkagépek, valamint klasszikus automatizálásuk fejlődésében megnyilvánult *múltbeli* tendenciát azzal a *jelenlegi* tendenciával, amely a kibernetikus automatizálást jellemzi:

Egy múlt század elejei gépszerkezet könyököcs-csuklós, toló- és emelő-rudas, billegős konstrukciója még sokban az emberi izommozgások mechanikáját utánozta, de egy modern sebességváltóban vagy tetszőleges más korszerű mechanikai megoldású gépi egységben már úgyszólván semmiféle antropomorf elem nincs. Egy múlt század végi gépkalapács még többé-kevésbé az emberi kovácsok módjára dolgozott, de egy mai forgácsolásmentes gépi megmunkálás olyan technikai megoldásokkal történik, amelyekre nem az emberi kézügyes-

¹⁸ D. A. Osanyin : O pszihologiceszkom izucsenyii proizvodstvennih operacij. Voproszi filozsofii, 1959. 1. szám, 66. o.

¹⁹ Talán nem célszerűtlen, ha felemlítjük az idevágó, tehát főleg az életműködések és az értelmi tevékenységek kibernetikai modellkérdéseivel foglalkozó irodalom néhány igen fontos munkáját, amelyekre a későbbiekben itteni számozásuk szerint fogunk hivatkozni:

1. Neumann János (John von Neumann): „The Computer and the Brain”, Yale University Press, New Haven 1958.
2. U. a.: „The General and Logical Theory of Automata”, John Wiley & Sons, New York 1951.
3. U. a.: „Probabilistic Logics and the Synthesis of Reliable Machines from Unreliable Components”, Annals of Mathematics Studies, 34. szám, Princeton University Press, Princeton, 1956. 43—98. o.
4. Claude E. Shannon : „Computers and Automata”, Proceedings of the I. R. E. 1953. 1234—1241. o.
5. U. a.: „Programming a Computer for Playing Chess”, Philosophical Magazine, 1950. 256—275. o.
6. A. M. Turing : „Computing Machinery and Intelligence”, Mind, 1950. 433—460. o.
7. M. V. Wilkes : „Can Machines Think?” Proceedings of the I. R. E., 1953. 1230—1234. o.
8. A. G. Oettinger : „Programming a Digital Computer to Learn”, Philosophical Magazine, 1952. 1243—1263. o.
9. Walter Pitts—Warren S. McCulloch : „A Logical Calculus of the Ideas Immanent in Nervous Activity”, Bulletin of Mathematical Biophysics, 1943. 115—133. o.
10. U. a.: „How We Know Universals — The Perception of Auditory and Visual Forms”, uo. 1947. 127—147. o.
11. W. Ross Ashby : „Design for a Brain”, Chapman & Hall, London 1954.
12. A. M. Utlley : „The Classification of Signals in the Nervous System”, E. E. G, Clin. Neurophysiol., 1954. 479—494. o.
13. Norbert Wiener: „The Human Use of Human Beings”, 2. kiadás, Doubleday, Garden City, 1954.
14. M. E. Stevens: „A Machine Model of Recall”, UNESCO. 1959.

ség szolgáltatta a mintát. A szövés-fonás technikájának fejlődésében a fonalakat sodró és fel-alá bújtató emberi kézművelettől való eltávolodás évszázadokkal, ill. bizonyos tekintetben már évezredekkel ezelőtt kezdődött és ma is még egyre tart.

Ezzel szemben például egy mai legkorszerűbb, kibernetikusan automatizált repülőgép-kormányberendezés minden érzékelő, stabilitási és irányfelteteleket megállapító, parancsadó stb. mechanizmusában, legfőképpen pedig önszabályozó és önkiegyensúlyozó összfunckiójában az emberpilóta értelmi reagálásmódjainak és reflexmechanizmusainak hasonlíthatatlanul modellszerűbb megközelítésére törekszik, mint akár csak egy tíz-tizenöt év előtti „robotpilóta” vagy éppenséggel egy klasszikus típusú pörgettyűs „fél-automata”.

Figyelemre méltó ebben az összefüggésben Neumann Jánosnak az a megállapítása, hogy mivel egyre több „megbízhatatlan” (azaz a hatalmas működési sebesség mellett aránylag gyorsan meghibásodó) elemből — néha több száz-ezer alkatrészből — kell felépítenünk az egészen magasrendű kibernetikus automatáinkat, például a ma is már másodpercenként tízezer vagy akár még sokkal nagyobb számú művelet elvégzésére képes elektronikus számológépeinket, feladatmegoldó, fordító- és vezérlőautomatáinkat, tehát ezek megbízható működésének biztosítása végett alighanem fokozott mértékben rá kell térnünk azoknak a valószínűségi törvények által determinált hálózatszerkesztési és működési elveknek az alkalmazására, amelyeket az élő természet alkalmaz az ember központi idegrendszerének 10^{10} (10 milliárd), egyenként ugyancsak könnyen meghibásodó és kis teljesítményű idegsejtből való felépítésénél. Ezekről az emberi agyvelő rendkívüli funkcionális megbízhatóságát biztosító *természetes* „kibernetikai elvekről” — mint éppen tanulmányunk következő pontjaiban látni fogjuk — már eddig is sikerült bizonyos sejtésekhez eljutni, amelyeknek elméleti és kísérleti alátámasztása most folyik, de már jelenlegi állapotukban is igen relevánsnak látszanak, s eléggé valószínűsítik, hogy a fejlődés legalább is *részben* a Neumann által megjelölt irányban fog haladni. (Az egész kérdéshez lásd: Neumann [2] és [3].)

Úgy tűnik tehát, mintha a jelenlegi kibernetikai kutatásban az automatika fejlődése magasabb szinten *visszakanyarodnék* azokhoz az antropomorf és theriomorf automatákhoz, amelyek — mint tudjuk — ugyanennek a fejlődésnek félig-meddig mitológikus, ill. mágikus kiindulópontját jelentették. Egy mai szerző egyenest arról panaszkodik, hogy a sokféle életműködést és értelmi tevékenységet gépi funckiókkal modellszerűen megvalósító kibernetikus automatizálás hovatovább lehetetlenné teszi a gépek mibenlétének meghatározását: „Immár nem könnyebb a gép lényegét definiálni, mint az élőlényét. Vajon nem azzal a 'mesterséges zoológiával' van-e már dolgunk, amelyről egykor a mechanika tudományának egyik nagy képviselője beszélt?”²⁰

²⁰ G. Th. Gilbaud: „La cybernétique”, Presses Universitaires de France, Párizs 1957. 13. o.

Nos, bármiként is van ez, annyi bizonyos, hogy a kibernetikai kutatás eredményei szükségessé és egyben lehetségessé is tették *a gépről és a gépiességről alkotott hagyományos képzeteknek, sőt általában a mechanizmus fogalmi meghatározásának felülvizsgálatát*. Hogy ez a felülvizsgálat milyen eredményre vezet az „értelmes” vagy „gondolkozó” automaták konkrét teljesítményeinek materialista alapon való elemzésénél és felmérésénél, erre fogunk a legközelebbiekben rátérni. Nem arról van szó, hogy a mechanikus materializmusnak valamiféle „kibernetikus materializmus” alakjában való felújításával pusztán kvantitatívnak állítsuk be azt a *minőségi* változást, ami az *élet* és a *tudat* fellépésével az anyagi fejlődésben beállott, hanem éppen ellenkezőleg: feladatunk az lesz, hogy e minőségi változás szabatosabb megfogalmazását próbáljuk elérni az anyagi fejlődés azon rendkívül konkrét dialektikájának figyelembevételével, amely a kibernetikai elveknek, ill. a matematikai logika által felfedezett elvont összefüggéseknek technikai realizálódásában tárul szemünk elé.*

* A tanulmány II. részének folytatólagos közlésére a továbbiakban kerül sor.